



T e c h n o l o g i e s d e l a C o n n a i s s a n c e :
u s a g e e t s e n s d e l ' u s a g e

C h a p i t r e 0

M e s d i x a v e n t u r e s t e c h n o l o g i q u e s

Ce chapitre 0, j'en ai eu l'idée bien après qu'ait été achevée la rédaction du quatrième et dernier chapitre de l'ouvrage. La patiente réflexion sur ces machines à penser modifiant nos manières de penser s'est singulièrement nourrie d'une relecture d'expériences vécues au contact des technologies aussi bien d'informatisation que d'automatisation. Parvenu au terme de l'ouvrage, j'ai mieux mesuré les effets de mes quarante années d'expérience, les effets sur ma réflexion de tout ce dont j'ai été au moins le témoin et parfois l'un des acteurs ; quarante ans au contact de technologies qui ont transformé hier nos manières de communiquer et de nous organiser et qui transforment aujourd'hui nos manières pas seulement de penser, mais aussi d'agir sur le réel et de le transformer.

Ces expériences sont les miennes. Je l'ai vécues en parcourant une époque qui va de la fin des années 60 au début 2010 ; une période extraordinairement riche en innovations technologiques dans les mondes de l'informatique et de l'automatique. Ces expériences, il me plaît d'en rendre compte ici auprès de quiconque s'interroge sur l'usage et le sens de l'usage de technologies devenues, je le prétends, celle de la Connaissance.

Ce faisant, je donne à ceux-là un accès aux coulisses de ma réflexion, à la face cachée de mon travail, aux sources dont il s'est nourri : quarante années de découvertes et d'apprentissages, de confrontations et d'émerveillements, de craintes et de satisfactions, de résistances et d'adaptations. Quarante années parsemées de moments singuliers, émaillées de rencontres d'objets et de systèmes emblématiques de technologies émergentes. Quarante années de vécu de situations particulières le plus souvent modestes, mais parfois déterminantes ; des situations au cours desquelles j'ai été le témoin d'évolutions inéluctables ou d'événements exceptionnels ; des situations au cours desquelles j'ai observé des acteurs dans le déni pour certains ou « surfant sur une vague » pour d'autres. Ce sont quelques-uns de ces moments singuliers que je présente ici avec parfois, on le verra, la malice requise.

La première aventure technologique a lieu à la fin de l'année 1967, à moins d'un an de la remise de mon diplôme d'ingénieur électronicien de l'ESEO¹. Je me revois au sous-sol du bâtiment m'efforçant, avec deux ou trois autres de mes camarades de « promo », de garder la maîtrise d'un très gros calculateur ... analogique qui, on le comprend dans ce qui suit, avait aussi pour propriété d'être un trop efficace ... moyen de chauffage !



A quoi cela ressemblait-il ? Comme le montre la photographie, il s'agissait d'un ensemble d'une demi-douzaine de baies comportant chacune une dizaine de tiroirs. Aux extrémités de cet alignement se trouvaient les deux baies des alimentations et de commande de l'ensemble. Car c'est d'un calculateur analogique qu'il s'agit ; un calculateur constitué d'une soixantaine d'amplificateurs opérationnels ... à tubes ; des « amplis-op » qu'il fallait avoir mis sous tension suffisamment longtemps à l'avance pour qu'ainsi stabilisés puissent en être, un par un, annulée la dérive d'offset² avant d'espérer pouvoir les utiliser.

A quoi ce calculateur analogique donné à l'ESEO en 1967 avait-il servi ? C'était celui-là même utilisé par le CNES³ pour assurer, au début des années 60, le lancement des fusées *Diamant*, les vecteurs stratégiques dont la France travaillait à se doter. A cette époque-là, on ne disposait pas encore d'ordinateurs, c'est-à-dire de calculateurs numériques capables de piloter en temps réel des engins balistiques. Car, s'ils commençaient à exister, les ordinateurs n'avaient pas la puissance nécessaire ; d'autant que n'existaient pas encore les microprocesseurs.

Qu'est-ce donc qu'un calculateur analogique ? Il s'agit d'un outil de calcul électronique certes, mais pas numérique et à l'aide duquel on substitue, au comportement réel d'un phénomène physique difficile à étudier, celui analogue d'un ensemble d'amplificateurs opérationnels convenablement interconnectés qui simule électriquement le phénomène. Le résultat d'un calcul analogique se traduit donc presque toujours par la courbe d'une tension lue sur un oscilloscope à la sortie du calculateur. Ainsi parvient-on à l'aide d'amplis-op à modéliser un jeu quelconque d'équations différentielles sous la forme d'une même grandeur physique : une tension électrique variable dans le temps.

Telle est donc ma première expérience du recours à un système électronique capable, par simulation, de produire le résultat d'un calcul mathématique complexe.

¹ Ecole Supérieure d'Electronique de l'Ouest à Angers (49)

² Régler à zéro la tension de sortie de chaque ampli-op pour une tension nulle appliquée entre ses deux entrées.

³ Centre National d'Etudes Spatiales

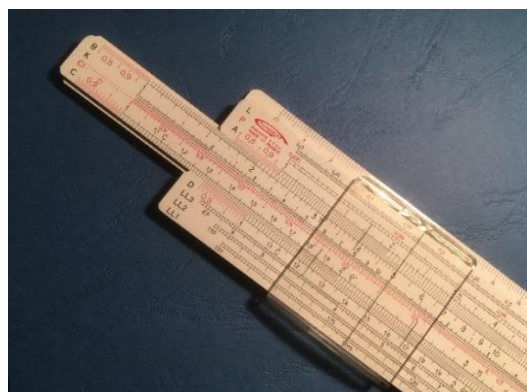
Pour modeste qu'elle soit, la seconde de mes aventures technologiques n'en est pas moins inintéressante. Elle survient au début de l'année 69, moins d'un an après ma sortie de l'ESEO. C'est moins une aventure qu'une fascination ; celle du jeune ingénieur électronicien en admiration devant un merveilleux exemple de mécanique de précision : « le moulin à poivre » découvert un beau matin entre les mains de son patron.



Il s'agissait, ainsi surnommée, d'une calculatrice Curta ; une calculatrice mécanique tenant dans le creux de la main ; sans doute la première calculatrice portable, comme on dit aujourd'hui. Conçue au début des années 50 par un ingénieur autrichien, Curt Herzstark, la Curta est effectivement un chef d'œuvre de mécanique de précision. Son principe repose sur le cylindre cannelé de Leibniz doté de dents ou cannelures longitudinales de longueur inégale parce que progressive. Elle fut produite au Liechtenstein jusqu'en 72 par l'entreprise Contina. Tels que les montre la photographie, elle comporte des curseurs utilisés pour rentrer les nombres et une petite manivelle dont le nombre de tour, dans un sens ou dans l'autre, produit le résultat des quatre opérations arithmétiques de base, voire d'opérations plus complexes comme l'extraction d'une racine carrée. Le résultat s'affiche sur le dessus de la calculatrice.

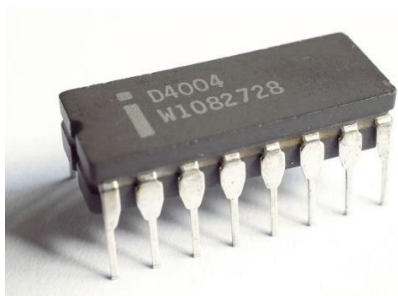
Pour s'être atténuée, cette fascination n'a pas pour autant disparue puisque j'éprouve encore le besoin d'en parler. Mais ce qui va singulièrement l'atténuer, c'est, pour la première fois, la commercialisation d'une calculatrice électronique, qui plus est, scientifique par Hewlett Packard en 72, la HP-35. Conçu à la fin des années 60 par Texas Instruments et largement diffusée par HP au début des années 70, la calculatrice électronique a brutalement relégué au rang d'objets de collection la Curta comme calculatrice de poche. Si peu encombrante, si légère, si rapide et facile à utiliser, elle affichait déjà un nombre de chiffres significatifs le plus souvent bien supérieur à ce dont on avait véritablement besoin. Mais elle présentait toutefois un léger inconvénient : il lui faut pour fonctionner une source d'énergie électrique, le plus souvent une pile-bouton et parfois un petit accumulateur rechargé par une minuscule cellule photovoltaïque. Elle a donc rendu très vite inutiles toutes les calculatrices mécaniques de bureau, mais pas seulement car la règle à calcul, la Graphoplex de mes chères études, elle aussi a trouvé sa place au fond d'un tiroir pour ne plus le quitter.

Car après les calculatrices mécaniques, ces calculatrices graphiques que sont les règles à calcul ont elles aussi disparu. Avec leurs graduations logarithmiques et leur curseur mobile, ce sont des abaquages qui relèvent, eux aussi, de l'ancien monde du calcul analogique ; un monde qui s'est réduit comme une peau de chagrin au fur et à mesure où des applications numériques disponibles sur tout smartphone en remplacent aujourd'hui tout ce qu'on y trouvait. Finies les analogies mécaniques ou graphiques avec les nombres et place à leur traitement direct après conversion en binaire.



C'est donc bien plus largement à la disparition de tout le calcul analogique auquel il m'a été donné d'assister au début de ma carrière ; sans que je sois, à cette époque-là, en mesure d'imaginer ce que cela signifiait : l'avènement pourtant prévisible du TOUT numérique.

Toujours à la même époque, trois ans après être sorti de l'ESEO, voilà que je reçois un courrier⁴ annonciateur de ma troisième aventure technologique. Ce courrier provient de l'association des anciens élèves de l'école m'invitant à y revenir suivre une formation sur l'architecture, le fonctionnement et la programmation des microprocesseurs. Car j'étais en effet de ceux qui, encore dans les labos de l'école, étaient passés à côté de ce qui allait être le point de départ d'une révolution technologique sans précédent dans l'histoire des sciences et des techniques : l'avènement du microprocesseur. Sans beaucoup hésiter, je réponds favorablement à cette sollicitation et me retrouve quelques mois plus tard devant cette toute petite chose qu'on appelle un microprocesseur relié à différents appareils de mesure sur la paillasse d'un labo.

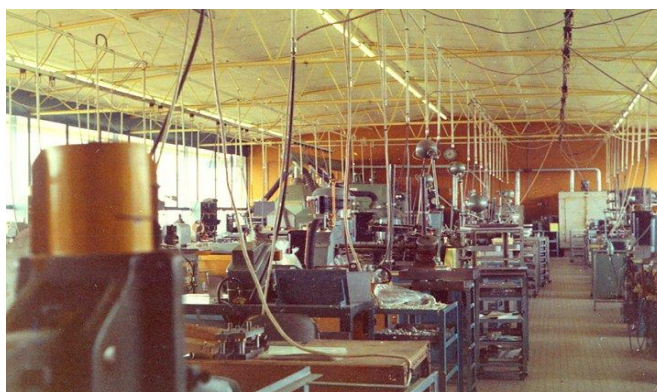


Sans en être certain, je pense que, vue l'époque, il s'agissait du 4004, le tout premier microprocesseur à avoir été dans ces années-là commercialisé par Intel. Il comportait déjà plus de 2000 transistors et était capable d'exécuter près de 100.000 opérations par seconde. On le comparait volontiers à l'ENIAC : l'un des tout premiers ordinateurs mis en œuvre en 1946 à l'université de Pennsylvanie ; une machine pesant une trentaine de tonnes et occupant au sol une surface de plus de 150 m².

En quoi était-ce une révolution technologique ? Tout simplement parce qu'on venait de réussir à intégrer sur les 10 mm² d'un unique circuit tous les composants électroniques requis pour réaliser un processeur complet capable d'exécuter le jeu d'instructions nécessaires au traitement des données de multiples programmes informatiques. C'est donc toute l'architecture d'un processeur qu'Intel réussissait à « nicher » dans ce circuit intégré : bien sûr une unité arithmétique et logique, mais aussi des multiplexeurs, de multiples registres, un bus de données, etc.

L'aventure technologique suivante, la quatrième, va intervenir au milieu des neuf premières années de ma vie professionnelle, au début des années 70. Durant cette période, j'assure un support technique aux fonctions Etudes & Méthodes, Fabrication & Gestion de production d'une usine de 350 personnes fabricant des composants électroniques professionnels. La photographie ci-dessous montre celui des quatre ateliers de fabrication que je voyais de mon bureau.

Il s'agit d'une usine encore neuve à l'époque, appartenant à un groupe industriel privé et volontairement construite en milieu rural pour y délocaliser des productions jusque-là assurées sur deux autres sites de la banlieue parisienne. Cette usine est placée sous la responsabilité de trois cadres : un directeur, un directeur de production et moi-même, directeur technique. Ma mission fait assez peu appel à mes compétences d'électronicien, mais à ma culture d'ingénieur pour en acquérir bien d'autres.



Il me faut en effet me former à la chimie et à la physique des matériaux, en mécanique et en automatique, ..., et aussi dans des domaines moins ou non techniques comme l'organisation et l'ergonomie des postes de travail, la formation et le développement des compétences. En fait, la diversité des technologies à maîtriser, des problèmes à résoudre, des situations à affronter fait qu'il me faut « savoir tout faire ». Et c'est au milieu de ces neuf années que va survenir, comme quatrième aventure technologique, ma première confrontation à l'informatique.

⁴ Papier, bien sûr !

Il s'agissait, dans cette unité de production industrielle, de passer du traitement manuel au traitement informatisé des données de fabrication. Il s'agissait donc d'automatiser à l'aide d'un ordinateur l'édition des nomenclatures des produits et des gammes de fabrication ; d'informatiser l'ordonnancement et le lancement des ordres de fabrication, d'informatiser la gestion des stocks et le déclenchement des approvisionnements ; bref, il s'agissait de passer d'une gestion de production faite à l'aide de fiches cartonnées à une gestion de production entièrement informatisée.

Cette informatisation concernait tous les sites industriels du groupe ; et l'usine où j'exerçais n'était qu'un de ceux-là où devaient être informatisées les fabrications des quatre ateliers du site. Bien sûr, cette vaste opération d'informatisation avait été préparée de longue date au siège parisien du groupe. Un cadre était du reste affecté à temps plein à cette mission.

Global, le schéma directeur concernait bien toutes les fabrications de l'usine. Mais pour autant, avec le recul et compte tenu de l'époque, j'ai aujourd'hui conscience que son ambition était somme toute assez limitée. Comme je l'ai dit précédemment, il s'agissait de remplacer des fiches cartonnées remplies à la main par des calculs effectués par un ordinateur sur des données, il est vrai, savamment formatées. Et de ce simple fait, il s'agissait d'informatiser la planification à court terme, au mieux à moyen terme des fabrications ; il s'agissait d'informatiser la gestion des stocks à partir de nomenclatures et de gammes dorénavant établies avec rigueur, ce qui n'était pas vraiment le cas jusque-là.

Telle fut donc, dans cette première confrontation à l'informatique appliquée à la gestion de production, ma quatrième aventure technologique. Elle va se prolonger à la fin des années 70 par la découverte d'une informatique départementale mise en œuvre pour gérer les activités en Ile-de-France d'un organisme de formation.

Effet à la fin des années 70, je quitte mon premier poste pour accompagner une évolution majeure du premier niveau de commandement des entreprises industrielles : les agents de maîtrise ne sont plus les meilleurs ouvriers issus du tas, mais de plus en plus des techniciens supérieurs qu'il s'agit de perfectionner à une fonction de commandement. Je rejoins un organisme à couverture nationale aujourd'hui disparu, le CEFI⁵, au sein duquel je vais concevoir et développer une offre de formation à la fonction-maîtrise. Et c'est là que je vais à nouveau être confronté à l'informatique appliquée, cette fois, à la gestion d'actions de formation grâce à un HP 3000.



Le CEFI Paris-Ile-de-France s'est doté d'un mini-ordinateur pour gérer son activité. A partir d'un budget prévisionnel préalablement mis en mémoire, puis de données rentrées en temps réel, la machine actualise le budget réalisé et la marge nette dégagée pour chacune des formations réalisées. Je revois, dans une petite pièce au fond des locaux parisiens, ce gros coffre flanqué de son dérouleur de bandes et de son imprimante à aiguilles. Et je me revois surveillant la sortie du listing m'indiquant si tel groupe en formation nous avait rapporté ou coûté de l'argent. Ce n'est déjà plus l'automatisation des calculs qui m'émerveillait, mais plus prosaïquement le moyen de mesurer la rentabilité ou non d'une action et d'avoir tout de suite les moyens de savoir pourquoi.

⁵ Centre d'Etudes et de Formation Industrielles, organisme paritaire de formation des ouvriers et agents des secteurs secondaire et tertiaire

Au printemps 80, je quitte le CEFI pour rejoindre son grand frère, le CESI⁶, où je vais vivre ma cinquième aventure technologique : la découverte des premiers micro-ordinateurs.

Le CESI est un acteur majeur en France de la promotion sociale : des techniciens et agents de maîtrise, forts de leurs cinq, dix ou quinze ans d'expérience professionnelle, interrompent leur carrière, se mettent en congé de leurs entreprises pour acquérir, en deux ans à temps plein, leur diplôme d'ingénieur. J'arrive donc au CESI Point F situé à Gif-sur-Yvette, sur plateau du Moulon au-dessus de la station du Guichet du RER. J'arrive dans ce lieu extraordinaire dont l'architecture a été dictée par la pédagogie mise en œuvre pour accompagner la mutation d'agent de maîtrise en ingénieurs de production.

Conçu par un groupe pluridisciplinaire de formateurs, de psychologues, de sociologues et bien sûr d'architectes, le Point F⁷ est une intégration de multiples volumes dédiés à des fonctionnalités préalablement bien identifiées : l'accueil, la rencontre, la documentation, l'information en plénière, la réflexion en petit groupes, le cours magistral, ... mais aussi la restauration et l'hébergement ; des volumes parfois à géométrie variable dont la répartition, mieux l'organisation dans l'espace sont une relecture du déroulement de la FI⁸ dans le temps.



Outre mon rôle de formateur, c'est donc au Point F, dans ce lieu mythique, que je vais vivre ma cinquième aventure technologique : la découverte en deux temps de ce qu'on appelle pas encore la micro-informatique. Sensible à son émergence, je pars à recherche de quelques micro-ordinateurs mis à la disposition des futurs ingénieurs et je découvre, bien protégé dans un modeste local qui lui est dédié, une sorte de petit téléviseur relié à un très gros clavier et flanqué d'un lecteur/enregistreur de cassettes audio grand public.



Ce curieux ensemble me fait tout de suite penser à un système audiovisuel. Mais il s'agit en fait d'un TRS-80, l'un des tout premiers ordinateurs dits « de poche » ; l'un des tout premiers micro-ordinateurs dont l'unité centrale se trouve dans le boîtier sous le clavier et dont le lecteur/enregistreur constitue la mémoire de masse. Comme le montre la photographie, il est alimenté par un transformateur/redresseur basse tension externe et son moniteur, spécifique du TRS-80, affiche en mode texte 32 colonnes sur 16 lignes de caractères monochromes verts sur fond noir.

Ce micro-ordinateur bénéficie de sa propre version du système d'exploitation CP/M antérieur au DOS et plus encore au MS-DOS de Microsoft. Il est équipée d'un processeur de chez Zilog, le Z80, cadencé à 1,77 MHz et dont les instructions sont interprétés en BASIC pour le grand bien des utilisateurs lors de l'élaboration de programmes dont les modestes résultats forçaient pourtant l'admiration.

⁶ Centre d'Etudes Supérieures Industrielles, organisme paritaire de formation des ingénieurs et cadres des secteurs secondaire et tertiaire

⁷ F sans doute comme formation, mais aussi comme ... folie.

⁸ La Formation d'Ingénieurs du CESI

Devant une telle pauvreté de moyens, je m'empare du sujet et milite pour l'acquisition d'un parc de micro-ordinateurs à mettre à la disposition des stagiaires pour qu'ils puissent en découvrir et en comprendre le fonctionnement, pour qu'ils puissent en découvrir les possibilités et s'initier à la programmation. J'obtiens l'accord de ma direction pour l'acquisition de 12 postes de travail. Les règles du moment imposant d'acheter français, le choix se porte très vite sur le Sil'z 3, un micro-ordinateur fabriqué à Lille par Léanord, une des très rares, sinon la seule, entreprises françaises sur ce marché émergent.

Comme le TRS 80, le Sil'Z III est doté du même processeur Z80 et fonctionne avec le même système d'exploitation CP/M. Sa mémoire vive est de 64 Ko (!) et son écran affiche 80 colonnes sur 24 lignes de caractères monochromes. Ainsi qu'en témoigne la photographie, il est doté, pour mémoires de masse, de deux lecteur/enregistreur de floppies disques de 5"1/4 de 250 Ko chacun qui faisaient l'admiration des utilisateurs. L'un servait à charger le programme utilisé, par exemple un traitement de texte, et l'autre servait à conserver les données produites, par exemple un CV ou le texte d'un mémoire d'étude.



Parvenu à ce point de ma cinquième aventure technologique, je crois utile de rappeler ici un point d'histoire que je n'ai découvert que bien plus tard. En effet, tels qu'ils apparaissent en ce tout début des années 80, les tout premiers micro-ordinateurs sont encore privés, mais pas pour longtemps, de deux innovations qui vont s'avérer absolument déterminantes : le multifenêtrage et la souris ; deux innovations qu'on attribue encore trop souvent à Apple qui, sur son Macintosh 128K, est certes le premier constructeur à les avoir offertes en janvier 1984 au grand public.

En fait, l'affaire remonte à 1963 où un certain Doug Engelbart, chercheur au Stanford Research Institute invente le concept de ce qu'on appellera plus tard une souris et en réalise le premier prototype. Près de 10 ans plus tard, en 72, deux ingénieurs de Xeros s'en inspirent et l'améliorent considérablement pour les besoins de leur entreprise. Pourquoi ?

Xeros n'est pas seulement l'entreprise à qui l'on doit l'invention du photocopieur de documents. Son cœur de métier est plus largement ce qu'on appellera plus tard la GED, la Gestion Electronique de Documents. Xeros a en effet compris que l'accès à des moyens informatiques donné à chacun ne peut qu'entraîner l'explosion du nombre de documents produits et donc à gérer. Comment faire, pas seulement pour stocker, mais surtout pour classer intelligemment des documents ? Mieux encore, comment faire pour consulter plusieurs documents à la fois sur un même écran comme on le fait depuis toujours en ouvrant simultanément plusieurs dossiers ou plusieurs livres sur le plan de travail de son bureau ?

Comme réponse à ces questions, Xeros crée, trois ans plus tard, en 1975, au sein du Palo Alto Research Center (le PARC), la station Xeros Alto, le premier ordinateur à fonctionner en mode multifenêtrage avec une souris. Xeros n'a pas seulement considérablement perfectionné la souris d'Engelbart pour pointer tout élément affiché à l'écran, mais a fait mieux : ses ingénieurs ont inventé une interface graphique et ses icônes permettant aux utilisateurs de ne pas se perdre dans leurs documents tout « en oubliant le système d'exploitation » de leur machine. Ainsi l'entreprise avait-elle dès 1972, avec sa station Xeros Alto, tout ce qu'il fallait pour offrir au grand public les fonctionnalités d'un micro-ordinateur. Mais trop

préoccupé par la gestion et pas assez par la production électronique de documents, Xeros passera à côté d'une opportunité qu'Apple saisira en rachetant les brevets et en proposant, plus de 10 ans après, son Macintosh 128K. Non, Apple n'a pas inventé la souris, pas plus que le multifenêtrage. Mais Apple a su bien mieux que d'autres en diffuser les concepts en mettant à la disposition de chacun leur matérialisation.

Ma prochaine aventure technologique a également lieu au CESI où je crée une nouvelle école d'ingénieurs en informatique industrielle. Toujours à partir de techniciens supérieurs expérimentés, il s'agit de former de futurs ingénieurs d'abord à la gestion de production, puis à l'informatisation de cette gestion et enfin à l'intégration de systèmes automatisés flexibles. C'est dans ce contexte que je vais vivre ma sixième aventure : la découverte des automates programmables.

Durant mes neuf ans au service de la production de composants électroniques, j'ai bien sûr été confronté à des systèmes automatisés ; j'ai souvent dépanné, modifié, transformé et plus rarement conçu la partie commande de machines automatisées spéciales, c'est-à-dire dédiées à la fabrication de produits particuliers. Pour autant, je ne peux revendiquer avoir l'expérience de machines flexibles utilisables par programmation à la fabrication de produits différents et donc réutilisables sur des produits nouveaux. Car à chaque fois à l'époque qu'il m'a été donné d'intervenir sur l'électronique de commande d'une machine automatisée, c'était toujours sur un système réalisé en logique câblée et pas encore en logique programmée. J'ai ainsi quitté le milieu de la production industrielle sans y avoir mis en œuvre ces automates programmables industriels⁹ à l'utilisation et à l'intégration desquels je venais, six ans plus tard, de décider de former les ingénieurs CESI en informatique industrielle. Ma sixième aventure technologique n'est pas que la simple découverte des systèmes automatisés, mais celle des systèmes flexibles, des automates, des machines-outils, des robots industriels, ... Bref, celle des XAO que je me plaisais à désigner par le sigle de NQAO, les N'importe Quoi Assisté par Ordinateur.

Et là encore, un peu comme précédemment, je ne résiste pas au plaisir de rappeler ici un autre point d'histoire que j'ai découvert à ce moment-là : en créant l'automate programmable industriel, les automaticiens des Crouzet, Télémécanique et autre Merlin Gérin « inventent à leur tour » le micro-ordinateur qu'ils ne jugent pas utile de doter en permanence d'un écran et d'un clavier. Car l'informatique n'a pas germé que dans la tête d'électroniciens férus de systèmes numériques. Elle s'enracine aussi dans une tout autre culture, celle des électromécaniciens.

En effet, le métier de ces derniers est à l'origine est d'établir ou d'interrompre le passage d'un courant électrique dans un conducteur. Ce qui peut paraître d'une extrême simplicité s'avérera très vite d'une rare complexité en raison de la diversité des situations dans lesquelles un courant doit être établi ou interrompu. Les électromécaniciens rivalisent donc d'ingéniosité pour permettre ou interdire le passage de courants aussi bien faibles que forts à l'aide d'une multitude d'interrupteurs ou de contacteurs. Très vite confrontés à la nécessité de commander à distance le passage d'un courant, les électromécaniciens inventent le relai électromécanique dont la bobine alimentée de loin en courant faible actionne un contact qui localement laisse ou non passer un courant fort. Pour avoir appris à auto-alimenter la bobine, ils inventent une mémoire : la bobine auto-alimentée « conserve le souvenir » de l'impulsion qui l'a activée. Puis combinant des interrupteurs ouverts ou fermés, en série et en parallèle, ils développent en logique câblée des systèmes de commande capables d'assurer les fonctionnalités de plus en plus complexes que demande le milieu industriel ; des fonctionnalités dont certaines nécessitent le recours à des programmeurs encore électromécaniques. Or voilà qu'à ce moment-là surviennent, chez les électroniciens, les semi-conducteurs.

Tout de suite, les électromécaniciens comprennent le profit qu'ils peuvent en tirer. Ils commencent par remplacer leurs relais électromécaniques par des relais statiques : aux électro-aimants de leurs contacteurs sont substitués des transistors

⁹ API : Automates Programmables Industrielles

ou des thyristors. Mais ils n'en restent pas là. Ils voient très vite le profit à tirer d'autres composants électroniques : les circuits intégrés logiques, les mémoires vives ou mortes et, le moment venu, les microprocesseurs autrement plus faciles à mettre en œuvre que des programmeurs électromécaniques. Ils ont donc dorénavant tout ce qui leur faut pour passer de la logique câblée à la logique programmée, pour proposer des systèmes de commande réutilisables lors de simples modifications ou de changements majeurs dans les processus industriels. Ils développent ainsi des automates programmables industriels, des systèmes qu'ils fournissent avec une petite console à utiliser au moment de rentrer les données et le programme à effectuer. Bref, les électromécaniciens d'hier viennent aujourd'hui, « dans leur coin », c'est-à-dire dans leur culture de courants à établir ou interrompre, de créer ce qui n'est rien d'autre qu'un ... micro-ordinateur dont la console ne sert d'écran et de clavier que momentanément.

Ma prochaine aventure, la septième, c'est à Evry, à la direction générale de Digital-France, que je vais la vivre. Je rejoins en effet au printemps 88 la filiale française du numéro 2¹⁰ mondial de l'informatique de l'époque¹¹ pour y diriger deux programmes de coopération avec le monde de l'éducation et de la recherche : coopération scientifique par transfert de technologies et production de solutions et coopération pédagogique par transfert d'expertises et production de compétences.

Car c'est là, devant la VT220 que l'on m'attribue, que je vais être non plus confronté à la découverte d'un outil informatique, mais soumis à son usage plein et entier. Digital est en effet une entreprise où la fonction de secrétariat n'existe quasiment pas : chacun dispose d'un terminal à écran cathodique et d'un clavier avec lesquels il accède, via le réseau aux multiples fonctionnalités d'All-in-1 : messagerie, traitement de texte, tableur, présentation, gestion de fichiers, etc. Ainsi ai-je appris, avec ma VT220, à me passer de l'assistance d'un secrétariat : je n'oublierai jamais les « difficultés » qu'il m'a fallu surmonter pour envoyer mes premiers messages ou utiliser pour la première fois un tableur.



Mais une fois encore, il me faut ici aussi rappeler un point d'histoire pour le moins emblématique : comment, en moins de cinq ans, le numéro 2 mondial de l'informatique a-t-il pu disparaître ?

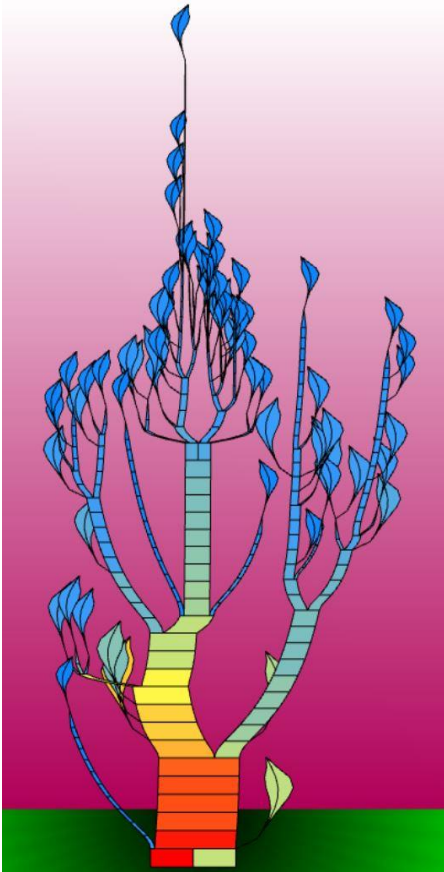
Fondée en 1957 par Ken Olsen, un ingénieur du MIT¹², Digital est trente ans plus tard un acteur majeur de l'informatique hautes performances dans le monde. Considérés avec le PDP 8 comme les premiers mini-ordinateurs, ses ordinateurs de la série PDP se sont imposés sur le marché. Puis, au début des années 90, avec son système d'exploitation VMS, avec son architecture en couches de réseaux DECnet et avec, le moment venu, son processeur Alpha, Digital disposera d'une offre particulièrement performante et d'une rare pertinence sur des marchés aussi différents que la conduite de processus industriel, l'armement, les applications scientifiques et, dans une moindre mesure, la banque-assurance. Dit par Ken Olsen lui-même, le slogan des années 90 était *One Man, one machine* : équipées du processeur Alpha resté le plus puissant durant plusieurs années, les stations de travail de Digital étaient à ce moment-là parmi les plus performantes du marché.

¹⁰ Derrière IBM, le numéro 1 mondial

¹¹ Digital Equipment Corporation (DEC)

¹² Massachusetts Institute of Technology

Sauf qu'en 1996, Microsoft lança Windows NT, la version professionnelle parce que multiprocesseurs et multi-utilisateurs de son système d'exploitation Windows. La survenue de cette offre chez Microsoft annonçait la fin de Digital pour une raison très simple : les micro-ordinateurs d'IBM avec l'architecture 32 bits du 80386 d'Intel, les IBM-PC comme on disait à l'époque, allaient pouvoir se substituer aux luxueuses stations de travail avec l'architecture RISC de leurs systèmes d'exploitation ; celles de Digital, de Sun, d'HP et même d'IBM allaient être, chez les utilisateurs professionnels, inexorablement remplacées à bien moindre coût par des PC, des ordinateurs personnels dorénavant accessibles au grand public. Ce que Ken Olsen ne put accepter au point de refuser que son entreprise produise des PC, des ordinateurs au rabais, disait-il. Et ce blocage de Kenny était tel que l'engineering de Digital dût, dans l'urgence et contre la volonté du patron, actualiser et démocratiser le Rainbow 100, le seul PC que l'entreprise ait tenté d produire ; un PC « doré sur tranche », capable de fonctionner sous VAX/VMS, sous CP/M en 8 ou 16 bits et sous MS-DOS en 16 bits bien sûr. Mais c'était trop tard et Digital allait en moins de cinq ans disparaître ; ce que j'ai compris et anticipé au début de l'année 92 pour avoir fait faire une cartographie des compétences techniques détenus par un millier d'ingénieurs-logiciels de la filiale française de Digital. Mais c'est là l'objet de ma huitième, et non des moindres, aventure technologique. Plus exactement, c'est la leçon que j'ai pu, avec mes complices de l'époque, tirer de cette cartographie qui fut ... une sacrée aventure.



Ça se passe au printemps 92 à l'hôtel Matignon où est hébergée l'Université de France créée par le philosophe Michel Serres aux côtés de Pierre Lévy, un autre philosophe, et de Michel Authier, un mathématicien. Leur mission : rendre possible le partage des compétences entre les membres d'une même communauté et, en tout premier lieu, développer un système permettant d'en cartographier le capital cognitif, c'est-à-dire l'ensemble de compétences détenues par la totalité de ses membres. Sont ainsi conçus mathématiquement et traités informatiquement les « arbres de connaissances »¹³ où trouve leur place chacune des compétences détenues par au moins un des membres de la communauté : dans le tronc, les compétences les plus partagées ; le long d'une branche, les compétences requises pour une action particulière, la conduite d'un projet ou le pilotage d'un processus ; sous forme de feuilles, les compétences les moins partagées mais néanmoins détenues par au moins un individu. Mis à jour par l'entrée de toute nouvelle compétence acquise ou la sortie d'une compétence qui ne serait plus validée, l'arbre se reconfigure continuellement ; il peut, par effet de seuil, se doter d'une nouvelle branche ou en dédoubler une ancienne. Parce que sa structure dépend de l'usage qui en est fait, l'arbre se présente comme un authentique système d'informations dynamique sur lequel tout membre de la communauté peut voir à tout instant la place qu'y occupe son CV.

Or, pour avoir monté le partenariat nécessaire, l'un des tout premiers arbres à avoir poussé est, je le rappelle, celui des compétences techniques détenus par un millier d'ingénieurs-logiciels de la filiale française de Digital. Souvenons-nous ici que Digital disposait de son propre système d'exploitation, son système propriétaire VMS. Et, pour l'anecdote, il faut aussi se souvenir que David Neil Cutler, un ancien de Digital et l'un des pères de VMS, dirigea, dès 1988 chez Microsoft,

¹³ Développés ensuite par la société Trivium dirigée par Michel Authier

le projet Windows NT ; un projet qu'il baptisa WNT, les trois lettres suivant dans l'alphabet les lettres V, M et S et abréviation de Windows New Technology ou Windows NT.

Mais revenons à l'Arbre des compétences des ingénieurs logiciels de Digital France et aux deux constats qui y ont été faits et très vite soumis aux dirigeants de la filiale française parce que lourds de sens sur l'avenir de la compagnie. Ces deux constats portaient sur les compétences détenues par les ingénieurs maîtrisant, pour le premier, le système propriétaire VMS de Digital et maîtrisant, pour le second, le nouveau système d'exploitation Windows NT de Microsoft. Largement majoritaires dans la communauté des ingénieurs logiciels de Digital France, les experts de VMS ne recouvraient à eux tous, avec les compétences qu'ils déterraient, qu'un peu moins de la moitié de l'arbre ; et bien sûr, leurs compétences se répartissaient singulièrement sur la branche maitresse des compétences associées à la maîtrise du système propriétaire VMS. Quant aux experts de Windows NT, ils étaient à peine plus de dix (!) au sein du millier d'ingénieurs logiciels de Digital France. Or ces dix-là, avec les compétences qu'ils déterraient, ils recouvraient à eux seuls ... la presque totalité de l'arbre.

La preuve était faite que l'avenir de Digital n'était plus dans son système d'exploitation propriétaire, mais dans l'adoption d'une stratégie d'ouverture de sa technologie : ceux qui comptaient à cette époque-là étaient, parmi ses experts, ceux dont la culture dépassait largement celle ayant fait la réussite de la compagnie ; une richesse indéniable qui avait permis à Digital d'inventer le concept d'une machine pour un homme ; c'est-à-dire le concept de station de travail sans accepter, le moment venu, d'y voir le précurseur de l'ordinateur personnel, le Personal Computer ou PC. Une richesse dont Digital a été paradoxalement victime pour ne pas avoir su s'en défaire et adopter le modèle du moment déjà repéré par certains comme celui de l'avenir. Mais je ne suis pas au bout de mes aventures avec Digital bien que je l'aie quittée dès 95 pour rejoindre un peu plus tard France Telecom.

Ma neuvième aventure technologique se passe au début de l'an 2000. Bien que je n'y sois plus, ça se passe encore au sein de Digital rachetée deux ans plus tôt par Compaq qui fusionnera deux ans plus tard avec Hewlett Packard. Un ancien collègue et ami m'appelle et m'invite à le rejoindre : il a quelque chose d'exceptionnel à me montrer. Sans attendre bien longtemps, je le rejoins dans les locaux de mon ancienne entreprise et il m'installe devant une luxueuse *Work Station* et son confortable écran cathodique de 24". Je vais y vivre ma première expérience d'un moteur de recherche : AltaVista dont vient d'être lancée la version française. Il s'agit en effet du premier moteur de recherche créé cinq ans auparavant, en 1995, par deux ingénieurs de DEC : Louis Monier qui en a conçu le robot et Michael Burrows qui en a créé l'indexeur.

Encouragé par mon ancien collègue, je ne résiste pas à la tentation narcissique et je saisis mon nom d'usage. A peine quelques instants plus tard, je vois apparaître à l'écran mes publications, y compris les plus anciennes dont j'en avais oublié certaines. Quelques requêtes plus loin, je suis émerveillé par tout ce qu'un tel système met à ma disposition. Et très vite, je comprends que je ne navigue pas dans un espace cartographié du savoir, mais que me sont soumises les pages de documents où ont été détectés les mots de ma requête. Ça n'est donc pas le contenu d'une immense encyclopédie à la fois universelle et parfaitement organisée qui est ainsi mis à ma disposition ; mais une gigantesque médiathèque dont le fonds n'a pas besoin d'être rangé pour que j'y trouve ce que je recherche : il suffit qu'y soient repérés et accessibles les documents contenant l'information à mes yeux pertinente ; il suffit, et ça n'est pas rien, que soient actifs les hyperliens¹⁴ le long desquels pourra cheminer de page en page ma recherche jusqu'aux occurrences attendues. Et tandis qu'AltaVista, la « vue haute » de Digital, faisait mon admiration, déjà se faisait sentir la concurrence de ... Google.

¹⁴ Un hyperlien ou lien hypertexte relie tout ou partie d'une page Web à une autre page Web. Exploitable manuellement par un clic de souris, les hyperliens sont automatiquement suivis par le robot d'un moteur de recherche.

Mais pour aller au bout de l'anecdote, je me souviens avoir demandé à mon ancien collègue de m'imprimer la page affichée à l'écran et, pour ce faire, lui avoir laissé la place pour qu'il puisse saisir la requête nécessaire. Alors que mon nom avait suffi pour afficher les pages Web à mes yeux pertinentes, une ligne et demi de code était encore nécessaire pour demander à une imprimante partagée de sortir cette même page. J'étais, en ce lieu et en cet instant, le témoin d'un choc entre deux cultures technologiques, entre deux mondes définitivement inconciliables, celui des systèmes ouverts et celui des systèmes propriétaires.

Vécu dans le giron de France Telecom, ma dixième et dernière aventure technologique est celle de mes débuts en téléphonie mobile. Je garde en effet un souvenir ému de mon premier téléphone mobile qui fut pour moi rien de moins que la réalisation d'un rêve d'enfant.

En effet, atteint par la tuberculose dans les tout premiers mois de ma vie, j'ai dû attendre ma huitième année pour faire mes premiers pas. Contraint à l'immobilité, je pris très tôt l'habitude de voyager dans ma tête. Ce lit ou ce divan sur lequel j'ai passé l'essentiel de mon enfance a souvent été ce véhicule imaginaire grâce auquel j'accostais sur l'île mystérieuse de Jules Vernes ou j'accompagnais Jean-Baptiste Charcot à bord du *Pourquoi-pas ?* de lors de quelque expédition en Antarctique.

Or à cette même époque, c'est-à-dire au début des années 50, on m'offrit un cadeau ô combien déterminant pour la suite : un poste à galène. Je conserve aujourd'hui encore le souvenir de son coffret de bois et de son casque d'écouteurs en bakélite noire. Connecté d'un côté à une longue antenne et de l'autre à une canalisation d'eau dans l'appartement, ce petit appareil me permettait d'entendre, parfois distinctement, ... les *Grandes Ondes*.

Il n'en fallut pas plus pour que mes voyages imaginaires s'agrémentent du besoin de communiquer avec autrui sans se voir, de communiquer à distance et mieux encore de communiquer tout en se déplaçant : un phantasme que déjà permettaient les émetteurs-récepteurs de l'époque et que permit, beaucoup plus tard, la téléphonie mobile. Sans doute est-ce dans cette période, en attendant que la chirurgie me permette de marcher, qu'est née ma vocation d'ingénieur électronicien. Sans doute est-ce aussi la raison pour laquelle, 15 ans plus tard, lors de ma deuxième année d'école d'ingénieurs, ma première réalisation expérimentale fut un émetteur miniature à modulation de fréquence ; un émetteur à faible portée dont je vérifiais le fonctionnement sur mon récepteur FM d'étudiant. Sans doute est-ce enfin la raison pour laquelle je n'attendis pas plus longtemps que l'année 96 pour acquérir mon premier téléphone portable ; un Nokia 1610, qui, avec son antenne encore proéminente, ressemblait singulièrement à un ... talkie-walkie.



En rejoignant France Telecom en ce milieu des années 90, ce besoin ou ce simple goût de la délocalisation dans le temps et l'espace de mes activités professionnelles continua de s'affirmer. C'est pourquoi, toujours chez Nokia, j'ai accueilli avec bonheur la sortie en 98 du Communicator 9110. En revoyant ce terminal avec son clapet ouvert, son écran principal et son clavier, je retrouve l'image que j'en avais quand je l'utilisais : celle non pas d'un micro mais d'un ... pico-ordinateur sur lequel, je prenais des notes, j'envoyais et recevais des courriels, je consultais des pages Web, etc.

Mais à quel prix ! Car, à l'époque, mon opérateur favori se gardait bien d'offrir à ses usagers devenus clients une utilisation illimitée, dans le temps ou en volume de données, des fonctionnalités qu'offrait cet objet. Aussi devais-je veiller à l'usage que je faisais de mon Communicator. Aussi devais-je veiller à ne me servir qu'à bon escient de ce terminal dont je peux dire aujourd'hui qu'il s'agissait d'un des tout premiers ... smartphones ; un *ordiphone* comme on dit au Québec et comme on persiste à ne pas dire en France.

Telles ont donc été mes aventures technologiques. Telles ont été ces expériences le plus souvent modestes et parfois annonciatrices d'un changement de paradigme. Tels ont été ces moments singuliers vécus en un peu plus de quarante années de carrière ; des moments, je l'ai dit au début de ce chapitre 0, qui ont nourri ma réflexion, qui en sont la face cachée, les coulisses auxquelles j'ai pris plaisir à donner accès.

Certains de ces moments ont été des signaux faibles à côté desquels j'aurais très bien pu passer. D'autres ont été de véritables alertes qui m'ont fait m'arrêter, prendre le temps de la réflexion, rechercher et écouter les acteurs-clés. Faibles ou forts, ces signaux ont tous contribué à ma quête de repères pour comprendre et de modèles pour expliquer. Tous ont contribué à ma recherche d'invariants dans une évolution qui a vu les technologies de l'information et de la communication devenir celles de la Connaissance. Tous ont contribué à ma compréhension, au-delà de l'usage, du sens de l'usage de ces technologies.

Technologies de la Connaissance : usage et sens de l'usage

Table des matières

Chapitre 1 – Chose, signes et êtres : une co-évolution

- Evolution des choses
 - Evolution des technologies
 - Du pari de la vitesse à celui de la simultanéité
 - Du TOUT algorithmique vers plus d'heuristique
 - Domaine du TOUT numérique
 - Propriétés du TOUT numérique
 - Intégration des technologies
 - Trois grands types de technologies
 - deux grands types d'applications
 - Répartition des ressources et personnalisation du poste individuel
 - Localisation de l'intelligence dans l'architecture des systèmes
 - Intégration des réseaux informatiques et de télécommunications
 - Convergence numérique: systèmes, formats et réseaux
 - Production industrielle : entre CIManufacturing et CIManagement
 - Activité marchande : entre stocks et flux
- Evolution des signes
 - Du point de vue unique aux points de vue multiples
 - Signes et canaux : approche matérielle par les signifiés physiques
 - Codes et classes : approche sémiotique par les signifiants logiques
 - Concepts et liens : approche sémantique par les signifiants cognitifs
 - Situations et contextes : approche pragmatique par les signifiants culturels
 - Du point de vue unique aux points de vue multiples
 - La restauration de la subjectivité
 - Trois niveaux de contenus
 - De la perception à l'interprétation
 - Essai de définition de la Connaissance
 - Données, informations, connaissances et ... valeurs

- Evolution des êtres
 - Situations d'interaction
 - Quatre types d'interaction
 - Typologie spatio-temporelle des interactions
 - Inventaire spatio-temporel des interactions
 - De l'usage du temps et de l'espace
 - Télé-activité
 - Trois types de situations de télé-activité
 - Typologie des situations de télé-activité
 - Infrastructure de la télé-activité
 - Problématique de la télé-activité
 - Structures collectives et stratégies individuelles
 - Hiérarchie opératoire ET soumission imposée
 - Organisation efficiente ET participation volontaire
 - Communauté compétente ET détermination personnelle
 - Effet cumulatif d'une même évolution
 - En d'autres termes
 - Entre innovations technologiques et implications anthropologiques
 - Innovations technologiques sur les systèmes
 - Innovations technologiques sur les usages
 - Implications anthropologiques sur les individus
 - Implications anthropologiques sur les organisations
- Conclusion : entre non-déterminisme technologique et saisie d'opportunités

Chapitre 2 – Cognition : le traitement des connaissances

- Cognition : son objet et ses acteurs
 - Objet de la cognition
 - Traitement du savoir
 - Entre ingénierie de la Connaissance et ingénierie de la formation
 - Deux processus de traitement du savoir
 - Acteurs de la cognition
 - Acteurs et domaines d'action
 - Un partage des rôles
 - Fournisseurs de contenus culturels
 - Fournisseurs de contenants technologiques
- Cognition : mise à disposition et accès aux connaissances
 - Mise à disposition des connaissances
 - Deux modes de représentation et d'organisation des connaissances
 - Un exemple de grapho-langage pour représenter et organiser du savoir
 - Application à la représentation d'une problématique complexe : la vente de prestations informatiques
 - Un exemple de structuration dynamique d'un espace de savoirs
 - Accès aux connaissances
 - Internet : des normes et des protocoles de transaction
 - Du « réseau » Internet aux réseaux Extranet et Intranet
 - Entre demande et offre d'informations
 - Navigation et requêtes
 - Agents intelligents
- Cognition : mise en réseau et exploitation des connaissances
 - Mise en réseau des connaissances
 - Opérateurs de réseaux
 - L'interface du Juste-à-temps de la Connaissance
 - De l'organisation apprenante à l'intelligence collaborative
 - Un modèle d'intelligence collaborative
 - Exploitation des connaissances
 - Utilisation des technologies dans la cognition et la formation
 - Des métiers aux compétences
 - Des connaissances aux compétences
 - Un exemple de représentation des compétences
 - Un exemple de cartographie dynamique des compétences
- Conclusion : du traitement du savoir aux interactions entre une machine et son utilisateur

Chapitre 3 – Utilisation des technologies de la Connaissance

- Situations et modes d'utilisation
 - Situations d'interaction
 - La notion d'action
 - Caractérisation des interactions
 - Application à la seule télé-présence (rappel)
 - Interactions multimodales
 - La notion de mode
 - Caractérisation des modes d'interaction
- Rôle et place de l'utilisateur
 - Le cadre théorique
 - Shannon à Pile ou Face
 - La génération du sens
 - Les fruits de la subjectivité
 - Un modèle conceptuel
 - L'utilisateur au centre
 - La machine au centre
 - Une architecture multimodale
- Pertinence du modèle
 - Quatre exemples d'application
 - Neurochirurgie assistée
 - Entraînement sur simulateur
 - A la découverte d'une œuvre
 - Vente à distance et assistée d'un mobilier de cuisine
 - Implémentation d'une architecture cognitive
 - Interface Homme-Machine (IHM)
 - Interface Machine-Formel (IMF)
- Conclusion : de l'usage vers le sens de l'usage des technologies

Chapitre 4 – De l’usage au sens de l’usage

- Données économiques
 - Intégration et extension de fonctionnalités
 - Une industrie d’intégrations
 - Un marché d’extensions
 - Des sociétés de réseaux
 - Délocalisation et dématérialisation d’activités
 - Délocalisation des activités
 - Mondialisation des services
 - Dématérialisation du commerce
- Données méthodologiques
 - Pertinence des technologies de la Connaissance
 - Trois motifs pour se doter d’une technologie
 - Trois temps pour s’approprier une technologie
 - Usage et sens de l’usage
 - Condition nécessaire à l’analyse de pertinence
 - Condition nécessaire à la décision de prescription
 - Prescription des technologies de la Connaissance
 - Démarche générale de développement
 - Méthode de développement par itération
 - Six facteurs critiques pour déployer des technologies
- Données technico-culturelles
 - Usage des technologies de la Connaissance : les applications
 - Domaines d’utilisation et typologies des applications des technologies
 - 1^{ère} typologie selon les deux statuts de tout poste individuel
 - 2^{ème} typologie selon quatre usages entre univers informationnel et monde physique
 - 3^{ème} typologie selon seulement trois usages : savoir, essayer et agir
 - Trois exemples de solutions restées à la recherche de leur problème
 - Et des problèmes pas toujours résolus sur les contenus
 - Sens de l’usage des technologies de la Connaissance : les implications
 - Montée du concept d’information
 - Des applications aux implications
 - Disposer de contenus pertinents
 - Produire des représentations évolutives
 - Développer des modèles prédictifs
 - Piloter des systèmes physiques
 - Synthèse : des machines qui modifient nos manières de savoir, d’essayer et d’agir
 - Une affaire qui vient de loin ... et qui ira loin
 - Données, informations, connaissances et ... valeurs

- Synthèse : des invariants dans une évolution
 - Et s'il fallait conclure
-