

Introduction

Après l'invention de l'ordinateur, il était clair que ses applications n'allaient pas simplement se limiter aux domaines militaires et scientifiques, mais bien au-delà. D'autres applications comme la gestion, la bureautique, la robotique allaient rapidement voir le jour.

L'ordinateur entre de plein pied dans le troisième millénaire. Pendant ses cinquante ans d'existence, il a complètement bouleversé nos habitudes. Il a été peut-être l'un des rares facteurs à avoir affecté aussi radicalement le monde depuis l'imprimerie. Il a soulagé beaucoup de personnes, tout en laissant planer des craintes pour d'autres. Son influence dans notre vie quotidienne est toujours un mystère. Il a ouvert beaucoup d'opportunités, mais a aussi menacé beaucoup d'emplois.

Il a permis des réalisations telle qu'amener l'homme sur la lune, mais a aussi menacé notre liberté et même certaines de nos valeurs. Si sa technologie de base est entrain d'être comprise, son impact dans le monde de demain est difficilement prévisible.

Jusqu'en 1945, date de la création du premier ordinateur, la vitesse de calcul de l'homme est restée constante pendant plusieurs millénaires. De 1945 à maintenant, grâce à ces machines, la vitesse a été multipliée plusieurs milliards de fois. La vitesse des ordinateurs actuels se mesure en nanoseconde. Cette rapidité peut être mieux perçue si on considère que la nanoseconde est à la seconde, ce que la seconde est à trente ans. Malgré cette rapidité qui traduit la puissance de calcul, certaines applications très complexes tournent toujours lentement dans ces machines. Pour certains problèmes dont les approches analytiques sont maîtrisées, leur traitement par ordinateur pose toujours d'énormes difficultés.

La maîtrise de l'information est un phénomène important dans notre société. Elle peut actuellement être considérée comme un besoin vital au même titre que l'eau et essentiel comme l'électricité. Les hommes d'affaire et les personnes morales ont déjà accepté le phénomène informatique, même si certains d'entre eux continuent toujours à hésiter. Quant à l'homme de la rue, l'ordinateur reste une entité invisible et mystérieuse.

Sous peu l'ordinateur dans sa version intégrée fera parti de notre environnement domestique comme le téléviseur et le téléphone et devra même à terme les remplacer. Un terminal interactif permettra à l'homme de passer une bonne partie de son temps à la maison, tout en étant en contact avec ses collègues de bureau. Les médecins auront la possibilité d'effectuer des consultations à distance, les juristes, les journalistes, les enseignants pourront accéder à des documents situés à des endroits très éloignés. La ménagère pourra faire ses achats à partir de listes de produits et de prix disponibles à l'écran, il pourra après ce téléachat payer avec sa carte électronique. L'incursion de l'ordinateur à la maison devra à terme modifier complètement la gestion de notre temps.

Il est prévu, pour les années à venir, plus de temps libres pour s'adonner aux loisirs, aux religions et à d'autres préoccupations qui sont souvent incompatibles avec le travail de bureau ou à l'usine. L'automatisation va réduire le temps de travail de beaucoup de catégories de métiers, surtout ceux orientés vers la créativité et la réflexion (les médecins, les avocats, les enseignants, les journalistes, les politiciens, etc.)

Dans le domaine de l'éducation, la combinaison de l'enseignement assistée par ordinateur à distance et l'informatique domestique permettra à certains de poursuivre des études à tous les niveaux, loin des salles de classes et des amphithéâtres. L'éducation extra muros deviendra une réalité. Ceux qui avaient déjà subit une éducation formelle pourront la parfaire à domicile, tandis que ceux qui n'avaient pas encore de spécialité auront la latitude d'apprendre tout ce qui leur viendra à l'esprit avec beaucoup d'aisance.

La société informatisée de demain ne sera pas sans conséquences sociales défavorables. Les plus grands défis devront être relevés dans des domaines aussi humanistiques que la médecine et l'éducation. Certains orthodoxes font tout pour que l'ordinateur ne vienne pas déranger le *statu quo* en terme d'éducation, arguant que cela aurait comme conséquence la dévalorisation de ces métiers et la destruction de leur humanisme intrinsèque. Mais la familiarité croissante avec les ordinateurs qui se manifeste chez les étudiants et les enseignants ne permet plus de douter de son introduction dans le milieu scolaire et universitaire.

Dans un autre registre, il a été remarqué que l'introduction de l'ordinateur dans la scène politique est moins dramatique que son impact dans l'économie. Mais les manifestations timides de l'ordinateur dans ce domaine devrait bientôt égaler celui du secteur économique et à terme le dépasser.

L'objet de ce livre est de retracer l'évolution de l'informatique de ses débuts à nos jours et d'anticiper sur les mutations, les développements et les controverses que la société de l'information pourrait engendrer.

L'histoire et l'évolution de l'informatique sont traitées au chapitre A suivit de l'informatique formelle et analytique au Chapitre B. Les composants matériels et logiciels de l'ordinateurs et la gestion des systèmes d'informations sont respectivement abordés au chapitre C et D. Les applications de l'informatiques et ses implications sociales sont traitées en E et F. Le livre se termine par une étude prospective sur la société de l'information.

Chapitre I. Histoire et évolution de l'informatique

Le but de la révolution industrielle était de suppléer l'homme sur les travaux physiques. Cette technologie était principalement orientée vers la transmission, la manipulation et le contrôle de la force. Une technologie parallèle qui a trait à la manipulation et la transmission de l'information est venue la seconder. Cette dernière a pour but de suppléer l'homme sur la monotonie de l'exercice mental.

L'histoire de l'informatique peut être divisée en trois parties principales : La période avant la seconde guerre mondiale qui correspond à l'invention des machines à calculer mécaniques et des premiers calculateurs électromécaniques; la période de la seconde guerre mondiale qui fut déterminante et même décisive à la fabrication des premiers ordinateurs; et la période après la guerre qui a vu l'informatique entrer dans l'industrie, les services, les écoles et les foyers.

A. La préhistoire informatique

Les débuts de l'informatique peuvent être situés depuis que l'homme a commencé à compter avec ses doigts, des bouts de bois et des cailloux. Beaucoup d'instruments à compter ont existé plusieurs milliers d'années avant J. C. L'art de compter a été progressif, il n'est pas apparu subitement. Des artisans, des inventeurs et des scientifiques ont mis les jalons nécessaires qui ont donné naissance aux premiers ordinateurs.

1. Les premiers instruments à compter et à calculer

Les machines mécaniques à calculer sont peut-être les premiers outils et les plus importantes découvertes conduisant au développement des ordinateurs.

L'homme a commencé à compter très tôt avec les doigts de la main et les orteils. A supposer que la mémoire de l'homme de l'époque soit aussi limitée que ceux d'aujourd'hui, il était naturel de remplacer au fil du temps, les doigts et les orteils par d'autres outils.

a. Les abaques

On peut dire que compter est aussi ancien que l'homme sur terre. On peut alors le remonter depuis la préhistoire. Les moyens de compter pouvaient être des nœuds, des traits gravés sur du bois ou des os. Mais le premier instrument aidant l'homme dans les tâches répétitives de comptage sont les tablettes, les bouliers et les abaqués. Déjà 3000 ans avant J. C., ces instruments étaient utilisés par les Chinois. Mille ans après, les abaqués étaient utilisés par les Babyloniens et en 460 avant J.C. les Egyptiens l'adoptèrent.

L'abaque à boule est une pièce en bois sur la quelle des cordes parallèles contiennent des perles qui peuvent glisser le long d'une tige. Selon une méthode de programmation que l'utilisateur doit mémoriser, toutes les opérations arithmétiques ordinaires pouvaient y être effectuées. L'abaque est toujours utilisé dans certains pays asiatiques.

b. Les machines à additionner

L'art de calculer remonte à des moments où les perles et les grains de mils étaient utilisés pour compter des biens. Cependant ce n'est qu'après l'invention des machines mécaniques qu'on peut considérer réellement le début du calcul.

Une machine à calculer mécanique est un outil qui a trois caractéristiques : un mécanisme servant de registre pour stocker les nombres ; un deuxième mécanisme pour additionner un nombre à celui stocké en registre et un troisième mécanisme d'addition ayant la possibilité de s'occuper des retenus. La connaissance de ces mécanismes a permis de concevoir les premières machines à calculer. Mais la fabrication de machine ressemblant à celle que nous connaissons actuellement devrait attendre l'invention du système décimale au 16^e siècle avec Johannes Napier¹ bien connu pour ses travaux sur les logarithmes.

(1) La Machine à additionner de Wilhelm Shickard.

Professeur d'astronomie, de mathématique et d'hébreu à l'université de Heidelberg, Wilhelm Shickard² de Tubingen réalisa en 1623 une machine à calculer suite à la requête de son ami l'astronome Johannes

¹ Johannes Napier

² Wilhelm Schikard de Tubigen

Kepler. La machine dont on a pas de trace aurait péri dans un incendie avant même que Kepler en prenne possession. Mais il a été retrouvé dans ses correspondances avec Kepler, les dessins et la fonctionnalité de cette machine qui a permis plus tard de faire la réplique.

DESSIN DE LA MACHINE DE SCHIKARD

(2) Blaise Pascal et sa pascaline

Blaise Pascal³ commença à développer en 1642 à l'âge de 19 ans une machine à additionner pour aider son père qui travaillait au service des impôts de Rouen. Il compléta son premier modèle et en construisit cinquante autres dans les dix années qui suivirent. Cette machine appelée Pascaline pouvait effectuer des additions et des soustractions, mais aussi convertir les monnaies complexes de l'époque. Il existe de nos jours des pascalines considérés comme objets de curiosité scientifique dans des musées. La paternité de la première machine à calculer a été attribuée pendant longtemps à Blaise Pascal. Ce n'est que plus tard que la découverte de Shickard antérieure à celle de Pascal de dix ans fut retrouvée.

DESSIN DE LA PASCALINE

(3) La machine mécanique de Leibniz

Trente ans plus tard, Gottfried Wilhelm Von Leibniz⁴ inclue dans l'invention de Pascal, la multiplication et la division indirecte. Ainsi pour multiplier quatorze par cinq (14×5), il fallait additionner le nombre quatorze cinq fois. Des problèmes d'ingénierie ont fait que la machine de Leibniz ne connut pas un grand succès. Cette machine conçue en 1670, ne put être fabriquée qu'en 1700. Cent ans après un autre allemand Otto Hahn développa l'invention de Leibniz.

DESSIN DE LA MACHINE DE LIBNIZ

Pendant les deux siècles qui suivirent les inventions de Pascal et de Liebnez, il y eut beaucoup de tentatives du genre. On peut citer entre autre, la machine de Morland, de Mahon, d'Otto Hahn et de Müller. Ce n'est cependant qu'au milieu du dix-neuvième siècle qu'une machine

³ Blaise Pascal

⁴ Liebnez

ayant un succès commercial fut construit. Il s'agit de l'arithmomètre de Xavier Thomas de Colmar.

(4) L'arithmomètre de Colmar

Au début du dix-neuvième siècle l'idée d'une machine à calculer mécanique commença à être banalisée. C'est ainsi qu'un financier français du nom de **Charles Xavier Thomas de Colmar**⁵ construisit en 1820 une machine à calculer capable de faire les quatre opérations de base. En 60 ans, mille cinq cent machines furent vendues. L'arithmomètre utilisa des touches à la place des manivelles pour introduire des chiffres et pour faire le décalage.

DESSIN DE LA MACHINE DE COLMAR

C'est dans le cadre de cette invention que nous pouvons noter la contribution de Léon Bollé qui fabriqua en 1889 une machine à multiplication directe, et du polonais Abraham Stern⁶ qui inventa en 1817 une machine pouvant effectuer l'extraction des racines carrées.

Beaucoup d'autres machines à calculer furent par la suite inventées, pas pour des besoins scientifiques, mais plutôt pour des besoins mercantiles, parmi elles, nous pouvons citer les suivantes :

(5) La machine à calculer "Archimède"

Le Glashuter machine à calculer dénommée Archimède a été adoptée par le marché à cause de sa taille et de son poids. Tandis que les autres machines à calculer étaient très lourdes, donc difficilement transportable, l'Archimède ne pesait que quelques livres et était très silencieuse.

DESSIN DE LA MACHINE D'ARCHIMEDE

(6) Le British Calculator ou Bricol

Le Bricol est une petite machine mécanique spécialisée dans le calcul des poids et mesures. Sa version simplifiée comprend trois anneaux concentriques dont chacun a une série de noeuds et de dents pour effectuer les opérations.

⁵ Xavier Thomas de Colmar

⁶ Abraham Stern

DESSIN DU BRICAL

(7) Le Brunsviga

En 1912, le Brunsviga célébrait ses vingt ans d'existence et l'achèvement de ses vingt milles pièces. Cette machine fut conçue par un ingénieur suédois travaillant en Russie, Willigot T. Odhner. Cette machine est universellement connue sous le nom de Brunsviga. Elle fut plus tard améliorée par Trinks dont la société Grimme Nataliss and Co a déposé plus de cent brevets du modèle, c'est ainsi que la machine est connue aujourd'hui sous le nom de machine à calculer Trinks-Brunsviga. Une originalité importante est la remise à zéro du compteur après calcul.

DESSIN DU BRUNSVIGA

La machine de Colt est une version améliorée du Brunsviga de Odhner.

DESSIN DE LA MACHINE DE COLT

(8) L'arithmomètre amélioré de Layton

La machine introduite par Layton en 1883 est presque identique à celle de Xavier Thomas de Colmar, mais beaucoup plus légère et augmentée de la remise à zéro.

DESSIN DE LA MACHINE DE LAYTON

(9) Le comptomètre de Felt

Le comptomètre inventé en 1887 par Dorr. E. Felt est considéré comme la machine à calculer la plus éprouvée de l'époque. Avant son apparition les machines étaient munies de levier. Le comptomètre est conçue pour effectuer rapidement les opérations arithmétiques. Le résultat est obtenu en pressant un bouton, ce qui augmente la vitesse par un facteur de six.

DESSIN DU COMPTOMETRE DE FELT

(10) Le Mercedes-Euklid de Hermann

Après avoir inventé l'arithmomètre *Gauss* bien apprécié par son utilisation simple, Herr Ch. Hermann de Friednau conçue une autre machine sur le principe de l'addition commercialisé sous le nom de

Mercedes-Euklid. Son invention a permis de combler beaucoup de lacunes comme les retenues incomplètes.

DESSIN DU MERCEDES

(11) Le Millionnaire de Steiger

La machine de Otto Steiger était principalement utilisée pour effectuer les quatre opérations arithmétiques de base à savoir la soustraction, l'addition, la multiplication et la division. Elle pouvait aussi faire des extractions de racine carrée et des calculs composés. Le Millionnaire était une machine à multiplication directe contrairement aux autres qui devaient procéder par addition successives.

DESSIN DU MILLIONNAIRE

(12) La machine à additionner de Burroughs

Cette machine américaine fut construite à Nottingham en Angleterre par la compagnie Burroughs Adding Machine, Limited. Après avoir effectué les calculs, la machine faisait le total des colonnes en bas de la feuille, évitant ainsi à l'utilisateur de reprendre le calcul des totaux. C'est pour cette raison que la machine de Burroughs fut utilisée par les banques et les assurances pendant très longtemps.

DESSIN DE LA MACHINE DE BURROUGHS

(13) La machine du Nautical Office

Cette machine comporte toutes les améliorations de la machine de Burroughs des années 1882-1891. Elle pouvait travailler en décimal, en heure ou en degré. La machine accomplissait parfaitement les tâches pour lesquelles elle avait été conçue comme le calcul des mouvements des planètes Venus et Mars.

DESSIN DU NAUTICAL OFFICE

(14) La machine à écrire et à calculer de Hammond

Cette machine avait la possibilité d'écrire en même temps avec deux langues différentes. En tournant un bouton, il était possible d'utiliser des styles et des polices de caractères différents. L'avantage de cette machine était sa facilité d'utilisation. Il n'était pas nécessaire pour l'utilisateur de cette machine de pouvoir dactylographier. Sa grande variété de polices et de symboles faisait d'elle un outil précieux pour les

scientifiques, car pouvant écrire l'ensemble de formules mathématiques. La machine pouvait aussi écrire en grec, Turc, Persan, Punjabi, Nagari, Arabe, Sanskrit et beaucoup langages orientaux.

Bien que très versatile, cette machine n'était pas aussi complexe comme on serait tenté de le croire. Elle comptait deux fois moins d'éléments que les machines de l'époque. Elle était aussi portable.

DESSIN DE LA MACHINE DE HAMMOND

(15) La machine à additionner de Barrett

La machine à additionner portable de Barrett comporte les améliorations les plus récentes en terme de calcul. Elle avait mille cent éléments de moins que les machines qui effectuaient les même fonctions.

DESSIN DE LA MACHINE DE BARRET

(16) La machine à écrire de Monarch Whal

Cette machine ordinaire à écrire avait en plus la possibilité de faire des tableaux de chiffres, qui placés dans des colonnes, pouvaient être additionnés et soustraits à volonté.

LA MACHINE DE WHAL

c. Les autres instruments de calcul et de mesure

A coté des machines à calculer, il y avait d'autres instruments de calcul et de mesure qu'il est nécessaire de mentionner à cause de leur apport en informatique analogique et digitale. Parmi celle-ci nous pouvons citer les suivantes.

(1) La règle à calculer

Cet instrument est formé de pièces de bois graduées coulissantes. Il ne pouvait effectuer à l'origine que des additions et des soustractions. Avec l'invention des logarithmes par John Napier⁷ (1550-1617), ces réglettes connurent un autre succès avec la multiplication, la division, les logarithmes et le calcul des puissances. Cette règle linéaire, ensuite circulaire, puis linéaire à nouveau est restée jusqu'en 1970 l'outil précieux des ingénieurs.

⁷ John Napier

DESSIN DE LA REGLE A CALCULER CIRCULAIRE

DESSIN DE LA REGLE A CALCULER LINEAIRE

(2) Les intégraphes

A coté des règles à calculer, il y a eu des instruments construits pour la résolution des intégrations et des équations différentielles d'un type particulier comme les équations linéaires à coefficient constant. Ces instruments sont appelés intégraphes. Un intégraphe peut être décrit comme un outils pouvant résoudre graphiquement une équation différentielle du type $f(x,y,dx/dy)=0$. Il y a plusieurs intégraphes dont ceux de Abdank Abakanowicz qui pendant très longtemps était la seule intégraphe à usage pratique.

DESSIN DE L'INTEGRAPHE

Les recherches du professeur Pascal de Naples ont prouvé l'existence d'intégraphes pouvant résoudre des systèmes d'équations plus complexes. Parmi celles-ci nous pouvons distinguer les intégraphes permettant de résoudre les équations différentielles linéaires de la forme $ay'+y=Q(x)$ ou a est une constante, les intégraphes pour les équations canoniques de Riccati et les intégraphes polaires.

(3) Les planimètres

Il y a beaucoup de phénomènes qui se passent dans le domaines des sciences comme la physique, la biologie où il est question parfois de déterminer des aires de courbe fermées obtenues par une série d'observations continues ou pris par intervalles réguliers. Il y a plusieurs type de planimètres dont les plus utilisés sont les planimètres circulaires et les planimètres à bras mieux connu sous le nom de planimètre d'Amsle.

DESSIN D'UN PLANIMETRE

(4) Les intégromètres

Les intégromètres appelés aussi planimètre à moment sont des instruments permettant de calculer en une seule opération les équations intégrales de la forme $\int y dx, \int y^2 dx, \int y^4 dx$. L'intérêt de ces instruments est de pouvoir déterminer mécaniquement des centres de gravité et des moments d'inertie. L'intégromètre de Oppikoffer peut à partir de deux

opérations, résoudre l'équation de la formule fy^2dx et celui d'Amsler l'équation de la forme fy^4dx .

DESSIN D'UN INTEGROMETRE

2. Les machines mécaniques automatiques

A coté des machines à calculer et des instruments de mesures, d'autres ont pu alléger le travail de l'homme en se dotant d'un certain automatisme.

a. Les automates

Les machines qui peuvent se mouvoir, parler, jouer ou mimer les gestes de l'homme ont toujours fasciné le public depuis de longues périodes et de tous les coins de la planète. De nos jours, il n'est pas surprenant encore de voir dans des kiosques quelques journaux qui décrivent des objets agissant comme des êtres humains. Les mécanismes utilisés pour produire ces effets sont des horloges, des systèmes mécaniques, électromécaniques et électroniques.

Les grecs ont décrit des automates gardiens conçus par Deadlus pour le roi Mynos qui pouvaient circuler sur toute l'île pour chasser les intrus. Déjà au premier et deuxième siècle avant J.C. Heron d'Alexandrie construisait des automates et dans son livre Epivitalia il décrivait certains qui mimaient des animaux domestiques.

En 1354 le célèbre horloge de Strasbourg fut construit. Le mécanisme comportait une pièce de métal en forme d'oiseau qui savait ouvrir son bec, mais aussi sortir sa langue pour crier, il pouvait ensuite étendre ses plumes et battre ses ailes. Une série d'horloges beaucoup plus complexes ont été par la suite construites.

Le terme automate apparut pour la première fois en 1625 et était associé à l'idée d'intelligence artificielle. Pendant la renaissance en Europe, les travaux d'Heron ont été redécouverts. Ses traités et son expérience ont inspiré les inventeurs et les fabricants d'automates.

L'âge d'or des automates peut être situé entre le dix-huitième et le dix-neuvième siècle. En 1779 Wolfgang Kempelen construisit un modèle qui reprenait les cordes vocales de l'homme, ce qui lui a valu le prix de l'Académie de Sciences de Saint-Petersbourg.

L'un des plus célèbres inventeurs d'automates était Vaucanson⁸. En 1736, il montra avec succès un automate simulant le mouvement des lèvres et des doigts avec une précision telle qu'il était possible de jouer avec une flûte un répertoire musical. Son automate le plus impressionnant fut cependant le canard exposé en 1738. Une version reconstruite fut montrée à la Scala de Milan en 1844 et a attiré beaucoup de visiteurs.

C'est la chose la plus admirable jamais vue. Une prouesse humaine jamais égalée. Chacune des plumes de l'aile est mobile... L'artiste touche une plume sur la partie supérieure du corps, et l'oiseau fait bouger sa tête, avançant un peu, bougea sa queue et lança un cri d'une façon tellement naturelle comme s'il s'apprêter à voler.

Vaucanson était aussi impliqué sur ce qui sera plus tard connu sous le nom de métier à tisser. L'idée originale de ces métiers remonte depuis les travaux de Basile Bouchon en 1725, mais n'a pu être popularisé qu'au début de dix-neuvième siècle avec le travaux de Joseph Marie Jacquard⁹.

A la fin du dix-neuvième siècle, les modèles mécaniques deviennent très archaïques malgré leur sophistication de plus en plus poussée.

Ces automates ont réellement influencé les machines à calculer automatiques et plus tard les ordinateurs.

b. Les métiers à tisser de Jacquard

C'est probablement Basile Bouchon qui le premier en 1725 utilisa les cartes perforées pour contrôler le tissage de motifs ornementaux en soie. L'idée a été raffinée par la suite par plusieurs personnes dont Jacques de Vaucanson. Mais la contribution la plus notoire est celle de Joseph Marie Jacquard (1752-1834).

Au début du dix-neuvième siècle cet entrepreneur tisserand français révolutionna cette technique en introduisant une machine automatisée par une série de cartes. Chaque carte possédant des trous peut changer la façon de tisser et la couleur des trames. Les pleins des cartes servaient de pousser les aiguilles, et les trous permettaient de laisser passer les

⁸ Jacque de Vaucanson

⁹ Joseph Marie Jacquard

aiguilles qui mettent en action un crochet qui devait tirer les fils. A une carte correspondait le filage d'une trame. Pour tisser la trame suivante, il fallait utiliser la carte suivante. Ainsi pour tisser plusieurs trames similaires, il fallait utiliser une seule carte plusieurs fois. Le tissage d'une pièce était commandé par une séquence de carte qui constituait un programme. La carte servait alors de communication entre l'homme et la machine.

Les métiers à tisser de Jacquard donnèrent naissance au développement de l'industrie textile et fraya le chemin à l'automatisation complète. Une démonstration de cet automatisme avait été faite à Napoléon I qui le breveta en 1804. Son inventeur gagna beaucoup de prix et de royalties, mais une opposition farouche des ouvriers du soie s'est fait sentir. Malgré tout, les métiers à tisser devaient être acceptés graduellement à travers le monde. En 1812, rien que pour la France, Plus de onze milles métiers à tisser de Jacquard pouvaient être dénombrés.

DESSIN DES METIERS A TISSER DE JACQUARD

c. Les Machines de Babbage

Charles Babbage¹⁰ (1791-1871). Brillant mathématicien, économiste, passionné de technologie et de philosophie, s'intéressa dès sa jeunesse aux automates, puis au métier à tisser de Jacquard. Il définit ce que pourrait être une machine capable d'effectuer n'importe quel calcul. En 1812 il s'intéressa à la réalisation de deux machines que sont l'engin différentiel et la machine analytique.

(1) La machine différentielle

Pendant que Xavier Thomas de Colmar travaillait sur son arithmomètre en France, de l'autre côté de la manche, à Cambridge en Angleterre, Charles Babbage était entrain de réfléchir sur des machines automatiques. Il réalisa en 1812 que pour élaborer des tables logarithmiques, il fallait effectuer plusieurs fois les mêmes calculs. Il en déduit qu'il était possible d'exécuter ces opérations répétitives automatiquement. C'est ainsi qu'il commença à concevoir la machine différentielle basée sur les approximations polynomiales de la forme

¹⁰ Charles Babbage

$a_0+a_1x+a_2x^2+ \dots a_{n-1}x^{n-1}+ a_nx^n$ selon la méthode des différences. La machine différentielle devait être capable de produire ces tables avec exactitude étant donnée que beaucoup de fonctions mathématiques peuvent avoir une approximation polynomiale.

En 1822 Il parvint à fabriquer un prototype de démonstration. Un an après, avec l'aide du gouvernement britannique il commença à fabriquer la machine différentielle en grandeur nature. Elle devait être à vapeur, totalement automatique, pouvant même imprimer les résultats des tables et commandée par un programme constitué d'instructions fixes.

DESSIN DE LA MACHINE DIFFERENTIELLE

Malgré la flexibilité et la fonctionnalité limitée de cette machine, elle était néanmoins une avancée certaine sur le plan conceptuel. Babbage continua ses travaux pendant dix ans, mais en 1833, il se lassa de continuer avec la machine différentielle lui préférant à l'idée de construction d'une machine digitale, universelle et totalement automatique: l'engin analytique.

(2) La machine analytique ou le moulin à chiffres

Tout en travaillant sur sa machine différentielle, Babbage pensa concevoir une machine plus universelle, la machine analytique. Pour réaliser cette machine, il lui fallait surmonter trois difficultés. L'engin analytique devait posséder un mécanisme qui pourrait lui permettre de résoudre les opérations arithmétiques. Il devrait aussi pouvoir faire exécuter par la machine plusieurs traitements séquentiels, mais les opérations variant d'une espèce à l'autre, il devait imaginer un dispositif permettant cet enchaînement. Enfin, il fallait indiquer après chaque traitement, le traitement suivant. Pour cela, il s'inspira du dialogue homme-machine utilisé sur les métiers à tisser de Jacquard.

DESSIN DE LA MACHINE ANALYTIQUE

(a) l'Architecture de la machine de Babbage.

La machine analytique selon le plan de Babbage devait avoir une architecture parallèle utilisant le système décimal et travaillant avec un nombre de 50 chiffres dont mille pouvait être stockés en mémoire. Dans le programme qui devait piloter cette machine à vapeur par des instructions, il était prévu des sauts conditionnels. Cette machine qui se

voulait totalement automatique ne devait nécessiter qu'un opérateur pour son fonctionnement. La particularité de la machine analytique de Babbage et ses fonctionnalités qui ont fortement influencé les ordinateurs modernes, nécessite qu'on décrive un peu son architecture.

Il est difficile d'imaginer une machine qui peut résoudre tous les algorithmes. Cependant comme le définit Babbage, toute machine qui est capable de résoudre un certain nombre d'algorithmes est appelée calculateur universel. L'architecture d'une telle machine doit avoir des unités d'entrée pour pouvoir lui communiquer l'algorithme à traiter. Cette unité d'entrée est constituée de cylindre comme ceux des jaquemarts. Pour stocker les résultats intermédiaires Babbage a utilisé un élément appelé *store* qui pourrait signifier mémoire. Le *control unit* que nous pouvons appeler unité de commande est l'organe qui permet de diriger l'exécution des traitements sans intervention humaine. Les opérations arithmétiques et logiques sont effectuées dans le *mill*¹¹ (moulin) construit à l'aide de cylindres à ergot empruntés chez les automates, ensuite il s'inspira du métier à tisser de Jacquard. Les cartes utilisées sont appelées carte combinatoire (*combinatorial card*) qui gouvernent l'appareil à répétition (*repeating apparatus*) du moulin. Des cartes appelées *index card* leur étaient associées pour déterminer le nombre de fois une carte combinatoire devrait être utilisée.

Babbage dit qu'avec sa machine analytique, il peut résoudre n'importe quel type de traitement en un moment, le choix du traitement dépend des conditions qu'on se fixe. Il indiquait aussi que grâce à la séquentialité la machine finie (*finite machine*) peut effectuer des calculs illimités.

(b) Le choix de Babbage sur le calcul numérique

En réalisant cette machine Babbage allait à contre courant de son époque qui a vu naître des machines analogiques. Les raisons qui ont poussé Babbage à choisir un dispositif digital sont dues au fait que l'analogie n'est pas très précise et universelle contrairement à une machine digitale. Cette théorie fut corroborée plus tard par Alan

La machine analytique de Charles Babbage est aussi appelée "moulin à chiffres". Même si Charles Babbage est considéré par certains comme le précurseur de l'informatique, sa machine ressemblait plus aux grands calculateurs qu'à l'ordinateur

Mathison Turing¹² qui disait que toute fonction calculable pourrait être traitée à l'aide d'une unique machine numérique. Il continua son argumentation en disant que les machines analogiques ne peuvent pas mémoriser beaucoup de renseignements.

L'intuition de Babbage était remarquable, mais sa machine trop ambitieuse pour son époque ne fonctionna jamais convenablement.

Sept ans après la mort de Babbage, une commission de la British Association fut nommée pour évaluer les recherches de Babbage et éventuellement de décider sur la possibilité de poursuivre son œuvre. Ils sont arrivés à la conclusion comme quoi il n'était pas possible d'estimer le coût de la machine analytique ni même sa durabilité et son utilité compte tenu de l'état actuel des travaux.

En 1906 son fils, le Major Général H. P. Babbage¹³ compléta l'unité de traitement de la machine (le mill) et une table de 25 multiples de pi avec 29 chiffres significatifs fut publiée comme le spécimen de son travail dans la revue mensuelle de la Royal Astronomical Society d'avril 1910.

L'histoire de la machine de Babbage ne serait pas complète sans parler de Auguste Ada¹⁴, La Comtesse de Lovelace, fille unique du célèbre poète Lord Byron. Ada était une personne d'une rare habileté mathématique. En 1840 quand Babbage partit en Italie pour faire une série conférences sur ses travaux, un jeune ingénieur du nom de L. F. Manabrea fit un recueil de ces conférences en français.

Il revenait à Ada de s'occuper de la traduction de ces proceedings du français à l'anglais. Avec la permission de Babbage, en plus de la traduction, elle compléta par ses propres commentaires de telle sorte que la version anglaise devint trois fois plus importante que l'original de Manabrea en français. C'était comme si Ada avait totalement réécrit le livre, preuve de la connaissance très profonde des travaux de Babbage.

Née en 1912 Turing est un brillant logicien fasciné par les problèmes de codage et de décodage. Cette compétence fera de lui le concepteur des machines utilisée pendant la seconde guerre mondiale pour déchiffrer les messages des allemands. Ces machines baptisées ENIGMA ont permis de rendre prévisible les attaques des allemands sur les bateaux américains et anglais.

¹³ H. P. Babbage

¹⁴ Auguste Adda

La comtesse de Lovelace est aussi considérée comme le premier programmeur avec son travail sur les nombres de Bernouilli.

Quand elle se rendit compte que la programmation pouvait donner aux gens l'idée d'une puissance mystérieuse de telles machines, elle leur dit ceci.

“La machine analytique ne peut rien prévoir. Elle ne peut faire que ce qu'on lui demande de faire. Elle n'a aucun pouvoir de décision, Son domaine est d'assister l'homme sur ce qu'il sait déjà faire...”

Les travaux de Babbage influencèrent beaucoup d'inventeurs parmi les quels Scheutz¹⁵ de Stockholm qui fabriqua une machine différentielle exposée en Angleterre en 1854. Cette machine fut par la suite acquise par l'observatoire de Dudley en Albany dans l'Etat de New York aux Etats-Unis. En 1909 Ludgate¹⁶ fabriqua un engin analytique. Torres y Quevedo¹⁷ démontra la faisabilité de la mise au point d'une machine analytique électromécanique en 1920. Couffignal¹⁸ Commença à construire une machine analytique binaire en France pendant les années 1930.

Il n'est cependant pas démontré que les efforts de fabrication d'ordinateurs pendant la deuxième guerre mondiale ont été influencés par les travaux de Babbage, même si on sait que ce dernier avait ébauché avec sa machine différentielle et sa machine analytique presque tous les problèmes que ces pionniers auraient à résoudre cent ans après.

3. Les machines électromécaniques

Après Babbage, il y eut un manque d'intérêt sur les calculateurs automatiques. Entre 1850 et 1900 la physique mathématique a beaucoup évoluée, de telle sorte que tous les phénomènes dynamiques pouvaient être caractérisés par des équations différentielles. Il était alors nécessaire de trouver les moyens de résoudre ces équations et même d'autres problèmes mathématiques du genre.

¹⁵ Scheutz

¹⁶ Ludgate

¹⁷ Torres y Quevedo

¹⁸ Louis Couffignal

En plus, du point de vue pratique, l'existence de la machine à vapeur a développé l'industrie, les transports et le commerce qui ont contribué au développement de l'ingénierie. La fabrication des chemins de fer, des navires, des routes, des ponts nécessitaient parfois des calculs de centre de gravité, les moments d'inertie, de centre de flottabilité, des distributions de contrainte, et des calculs de rendement qui pouvait être exprimés par des équations mathématiques.

La lenteur des machines mécaniques ne leur permettait plus de résoudre les problèmes de ce genre qui devenaient de plus en plus complexes.

a. La tabulatrice de Hermann Hollerith

La prochaine étape de développement arriva en 1880 pendant le recensement de la population des Etats Unis. Il a été déterminé que les données du recensement ne pouvaient être traitées que sept ans plus tard avec les méthodes d'alors. Une projection montra que le recensement de 1890 ne pourrait être traité en moins de dix ans. Il fallait alors trouver une solution. Un jeune ingénieur du nom de Hermann Hollerith¹⁹ (1860-1929) développa pour le NBC (National Bureau of Census) une tabulatrice utilisant les cartes perforées. Avec cette machine, les résultats du recensement s'obtinrent en moins de deux ans même si entre temps la population est passée de 50 à 62 millions d'habitants.

DESSIN DE LA TABULATRICE DE HOLLERITH

L'idée de Hermann Hollerith d'utiliser les cartes perforées est probablement inspirée des métiers à tisser de Joseph Jacquard. Cette méthode réduisait considérablement les erreurs de lecture. En plus les travaux différents pouvaient être exécutés par un lot de cartes perforées. Sitôt que ces métiers entraient dans le milieu des affaires, leur particularité est vite appréciée et cela conduisit au développement de la mécanographie par IBM, Remington Rand, Burroughs. Ces machines

Herman Hollerith est né à Buffalo, NY et 1860 et mort à Washington D.C, USA en 1929. Il est l'inventeur de la tabulatrice déposé sous U.S. Patents 395 781-395 783, ainsi que 50 autres brevets sur des techniques et des équipements. Il développa entre autre des applications sur la carte perforée dans le domaine du recensement de la population, des statistiques médicales et de santé publique ainsi que des programmes de comptabilité et de gestion de stock. La description du procédé sur le recensement fut acceptée par l'université de Columbia comme une thèse de Doctorat (Ph.D.. dissertation) en 1890.

utilisent des outils électromécaniques dans le quel le courant électrique produit une force mécanique, soit pour tourner des roues ou pour effectuer des opérations de calcul. Comparé au standard actuel, ces machines étaient très lentes. Elles pouvaient au plus traiter 250 cartes de 80 colonnes à la minute. Cinquante ans après leurs premières utilisations, les cartes perforées ont fait presque l'essentiel du travail de traitement informatique pour les milieux d'affaire et beaucoup de traitement scientifique.

Un différent qui opposa Hollerith au Census Bureau devrait mettre fin à leur collaboration. En 1896 Hollerith fonda la Tabulating Machine Company (TMC). Cette compagnie fusionna avec deux autres compagnies: la Computing Scale Company of America et la International Time Recording Co devenant ainsi la Computing and Tabulating Recording Co (CTR) dont la direction fut confiée à Thomas J. Watson²⁰ (1874-1956). Conscient de ce que seront les machines sur l'apport de la gestion, Watson changea la filiale CTR du Canada à Industrial Business Machine (IBM). Ensuite suivit la CTR des USA qui devient en 1924 (Industrial Business Machine) IBM.

James Powers²¹ qui succéda Hollerith dans ce projet devait lui aussi quitter plus tard le National Bureau of Census. Il modifia l'équipement original et va en compétition avec Hollerith pour fonder la Powers Tabulating Machine Co (PTM). C'est cette compagnie qui fusionna avec Remington Typewriter Co et confié à James Rand. Cette dernière compagnie devint en 1927 Remington Rand et fusionna avec Sperry Gyroscope pour donner la société Sperry Rand. En 1986 Sperry Rand et Burroughs fusionnèrent pour donner UNISYS.

b. Torres y Quevedo et ses essais sur l'automatique.

Leonardo Torres y Quevedo (1852-1936), un ingénieur espagnol montra avant la deuxième guerre mondiale qu'il était possible de construire une machine de Babbage en utilisant la technologie électromécanique. Il réalisa plusieurs parties de cette machine qu'il aurait achevée s'il obtint un financement adéquat.

²⁰ Watson

²¹ James Powers

Torres y Quevedo utilisait le premier le nom **d'automatique**, une science qui était en train de naître et lui donna la définition suivante: le but principal de l'automatique est que les automates soient capables de discernement; qu'ils puissent à chaque moment, en tenant compte des impressions qu'ils reçoivent, ou même de ceux qu'ils ont reçus auparavant, commander l'opération voulue. Il continue en disant qu'il faut que les automates imitent les êtres vivants en réglant leurs actes d'après leurs impressions, en adaptant leurs conduites aux circonstances.

(1) L'arithmophore de Don Leonardo Torres y Quevedo

Au début des années 1890, Leonardo Torres y Quevedo s'intéressa à la représentation mécanique des expressions algébriques et transcendentes. En 1893 il conçut une machine basée sur une série d'outils appelés arithmophore capable de traiter des expressions monômiales. Les polygones quant à eux peuvent être traités par des machines analogiques basées sur les méthodes des logarithmes additives de Gauss. Pour avoir une meilleure précision de calcul les contacts entre les différentes parties de la machine devaient être géométriques pour être indépendants du mécanisme. La machine était théoriquement capable d'estimer la racine réelle de n'importe quelle équation algébrique. Il montra aussi ce qu'il fallait pour une racine complexe et celle des fonctions transcendentes.

Un prototype capable de traiter des équations trinômiales de degré inférieur à 10 était construit en France sous sa supervision et exhibé en 1885 à une rencontre de l'Association Française pour l'Avancement de la Science. Les détails du fonctionnement de cette machine sont décrits sur les proceedings de l'Académie française des sciences.

La conception des premières machines à calculer de Torres y Quevedo est étroitement liée aux idées de Maurice d'Ocagne²² sur les monographies qu'il interpréta en terme mécanique avec beaucoup de talent et d'originalité. Sa conception s'inscrit dans le cadre de la définition cinématique de la machine qui commença avec André Marie Ampère²³.

²² Maurice d'Ocagne

²³ André Marie Ampère

Pour Quevedo, la question théorique est très importante. En 1901 il présenta un document à l'Académie des Sciences de Madrid où il parla de la question relative à la définition des machines algébriques. En 1914 à la même Académie il présenta un papier sur l'automatique.

Comme Babbage, Torres y Quevedo fut confronté au problème sur la description des pièces de machines complexes. En 1906 il proposa un système de notation et des symboles pour faciliter cette description. Dans ses récents travaux, Torres y Quevedo s'éloigna des modèles de nature géométrique au profit des outils électromécaniques.

En 1906 un groupe d'éminents scientifiques espagnols demanda un support officiel pour les recherches de Quevedo. C'est de cette initiative qu'est né l'Institut National d'Automatique. En 1910 il présenta un papier sur les calculs électromécaniques à la Société Nationale des Ingénieurs de Buenos Aires en Argentine. Dans ce papier il insista sur l'importance de considérer une machine automatique abstraite plutôt que son implantation. Ces idées furent plus tard reprises dans beaucoup de machines électromécaniques construites à Madrid entre 1910 et 1920. Un calculateur électromécanique fut exhibé à Paris en 1920. Cette machine fonctionna avec un nombre de trois à cinq chiffres. Les nombres étaient stockés dans des éléments électromécaniques et des instruments électriques se chargeait de la comparaison de ses nombres. Ce dernier était utilisé pour accélérer les divisions. Les entrées et les sorties étaient effectuées sur une ou plusieurs machines à taper se trouvant à quelque distance du calculateur.

En 1922 Quevedo termina un modèle de sa machine électromécanique de jeux d'échec qu'il présenta à Paris deux années plus tard. Un modèle plus élaboré fut construit avec l'aide de son fils Georges en 1920. L'intérêt que Quevedo portait sur les jeux d'échec et les machines à calculer ont été influencés par son désir de monter les possibilités qui existent dans le domaine de l'électromécanique et de l'automatique.

c. La Machine différentielle de Vannevar Bush

L'analyseur différentielle est une sorte d'ordinateur analogique. Il a été conçu pour la première fois en 1876 par Thompson Williams²⁴ (Lord Kelvin) pour résoudre les équations différentielles. Le premier succès de

²⁴ Thompson Williams

ces machines était un dispositif électromécanique construit par Vannevar Bush²⁵ et ses collègues du Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 1930.

La structure de base était constituée d'une large table horizontale. Des intégrateurs de disques et de roues étaient arrangés de sorte de la came pouvait être couplée de plusieurs façon. Chaque type de problème nécessitait beaucoup de temps pour les connections et les ajustement, mais une fois ses réglages faits, il était possible de résoudre le même problème en moins d'une heure. En 1945 plus d'une douzaine de ces machines Kelvin-Bush était en utilisation à travers le monde traitant d'un grand nombre d'applications. Plus tard apparurent des modèles incorporant un couplage électrique et contrôlé par une bande perforée digitale. Ces machines furent améliorées pour devenir des ordinateurs hybrides combinant le digital et l'analogique.

DESSIN DE LA MACHINE DE VANNEVAR BUSH

d. Le premier calculateur binaire

George Stibitz²⁶, un ingénieur de Bell Lab construit le premier calculateur binaire en s'inspirant des théories de George Boole²⁷ (1815-1864) connu aujourd'hui sous le nom d'algèbre de Boole. L'idée d'une machine binaire était originale, car jusqu'à présent on ne connaît que les machines décimales.

DESSIN DU PREMIER CALCULATEUR BINAIRE

En France Louis Couffignal²⁸ (1902-1926) avait décrit le procédé de la construction d'un calculateur binaire électromécanique à programme.

Toujours au Bell Laboratories, Sam Williams s'associa aux idées de Stibitz pour construire en 1939 le Complex Calculator appelé plus tard Bell Relays Computer Model 1 ou BTL Model 1. L'entrée des données dans ce calculateur se faisait par télétype. Bell construisit par la suite plusieurs modèles de ce BTL jusqu'à la série V. Ce qui fut révolutionnaire c'est le partage de cette machine par deux télétypes.

²⁵ Vannevar Bush

²⁶ Georges Stibitz

²⁷ Geoges Boole

²⁸ Louis Couffignal

En septembre 1940 à Darmouth college lors d'une réunion de la mathematical society, Stibitz parvint à connecter un télétype sur sa machine située à New York en utilisant les lignes téléphoniques. Ce fut la première utilisation du travail à distance appelé télétraitement ou télématique. Stibitz inventa à la même époque la virgule flottante qui consiste à donner une meilleure précision au calcul.

e. Howard Heiken et le Mark I

Vers la fin des années 30, les machines à cartes perforées étaient tellement bien approuvées qu'en 1944 Howard Hathaway Heiken²⁹ en collaboration avec les ingénieurs d'IBM se mit à construire une énorme machine à calculer automatique. Le Mark I ou le Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC) fut construit dans les laboratoires d'IBM à Endicott. La machine achevée en 1943 était une grande bécane avec soixante-douze accumulateurs décimaux capables de multiplier deux nombres de vingt-trois chiffres en six secondes. En plus il avait un programme spécial interne ou sous routine pour s'occuper des logarithmes et des fonctions trigonométriques. La machine était contrôlée par une séquence d'instructions sur un papier perforé.

Ce qui est cependant surprenant au vue des connaissances d'Heiken et sur le respect qu'il vouait aux travaux de Babbage, est que le Mark I ne disposait pas de sauts conditionnels. Après l'achèvement du Mark I, IBM et Heiken se séparèrent. Par la suite plusieurs machines furent construites à Harvard, le premier étant contrôlé par un lecteur de bandes perforées construit avec des relais électromagnétiques. IBM de son coté construisit beaucoup de machines avec des cartes enfichables contrôlées par des relais comme le Selective Sequence Electronic Calculator (SSEC).

Le Mark I bien que plus général et plus complexe que la tabulatrice de Hollerith et destiné au calcul scientifique, devient obsolète même avant sa finition.

DESSIN DU MARK I

DESSIN DU SSEC

²⁹ Howard Hathaway Heiken

B. Les développements de la seconde guerre mondiale la naissance de l'ordinateur

Toute nouvelle technologie est difficile à interpréter. On a souvent tendance à la définir par rapport à la technologie qu'elle remplace ou au problème qu'elle a résolu. C'est ainsi que la voiture fut décrite comme *la charrette sans cheval*, la radio quant à lui est *le sans fil*. De toutes ses technologies l'ordinateur a été la plus difficile à interpréter car elle est une machine fondamentalement différente. Pendant ces cinquante dernières années toutes les prévisions sur les ordinateurs se sont avérées inexactes.

Les ordinateurs étaient inventés pour calculer et pendant des années, les scientifiques les ont toujours considérés comme des calculateurs. Les pionniers de l'informatique comme Heiken, Atanassof³⁰, Presper Eckert³¹, Mauchly³², Neumann³³ et autres n'avaient perçu l'ordinateur que comme un outil destiné exclusivement à des tâches scientifiques et militaires. Ils n'avaient aucune idée de ce que l'ordinateur de nos jours allait devenir.

Sur le plan quantitatif, ces pionniers ont cru qu'un certain nombre de machines étaient nécessaires pour chaque pays. Douglas Hartree, physicien et grand mathématicien anglais, mais aussi un des tous premiers pionniers de l'informatique disait ceci " Nous avons un ordinateur à l'université de Cambridge, il y en a un à l'université de Manchester et un autre la National Physical Laboratory (NPL), je pense qu'un quatrième en Ecosse ferait l'affaire pour l'ensemble des Royaumes Unis". En 1947 Howard Hathaway Heiken, ingénieur et mathématicien américain, avait prévu que six ordinateurs étaient largement suffisants pour les besoins en calcul des de tous les Etats-Unis. Aujourd'hui avec plus de 100 millions d'ordinateurs installés dont les moins puissants sont 1000 fois plus performants que ceux des pionniers, ces prévisions sont pour le moins risibles.

L'industrie électronique occupe la troisième place mondiale de par son importance après l'industrie automobile et celui du pétrole. Une

³⁰ John Vincent Atanassof

³¹ Presper Eckert

³² William Mauchly

³³ Johannes Von Neumann

entreprise comme IBM pèse plus lourd que tous les pays d'Afrique réunis excepté le Nigeria, l'Egypte et l'Afrique du Sud.

Jusqu'à présent personne n'a pu prédire l'effondrement des coûts, la réduction de la taille du matériel informatique, et l'opportunité que cela pourrait engendrer.

Actuellement, il est possible d'avoir un ordinateur de loin plus puissant que l'ENIAC avec seulement quelques centaines de dollars.

Pendant la célébration des cinquante de l'ENIAC, un groupe de chercheurs et d'étudiant à l'université de Pennsylvanie ont intégré l'ensemble de ce dinosaure de 30 tonnes sur une puce de 8 mm² dont le poids ne faisait pas un dixième de gramme.

Peu de gens ont pu prédire la versatilité de l'ordinateur ou de prévoir l'importance de l'industrie du logiciel.

Bien que l'informatique ait amené une véritable révolution dans tous les milieux allant de la science, la technologie jusqu'à la gestion, leurs impacts historiques et culturels sont beaucoup plus grands.

L'ordinateur a commencé à être une machine exclusivement conçue pour manipuler des chiffres. Il a été inventé pour faire avec beaucoup plus de précision et de rapidité ce que l'homme pouvait faire lentement avec beaucoup d'imprécision. Certaines personnes comme Alan Mathison Turing³⁴, mathématicien anglais de renom, avait prévu que l'ordinateur n'était pas seulement destiné au traitement numérique, mais aussi au raisonnement logique. Turing disait que l'ordinateur peut être une machine usuelle pouvant manipuler des symboles représentant tout ce que nous voulons.

William Shank a consacré 28 ans de sa vie pour calculer Pi à 707 chiffres après la virgules. Au aujourd'hui il suffit avec le logiciel mathematica de taper `n(pi, 707)` pour avoir la réponse d'une façon presque instantanée. Cette rapidité et cette précision de l'ordinateur a permis de voir que Shank s'était trompé à la 528^{eme} place.

Ce qui par contre peut se faire facilement par l'homme n'est pas évident pour la machine. C'est le cas de marcher dans un salon meublé et

³⁴ Alan Mathison Turing

d'éviter les meubles, le fait de reconnaître un ami ou de reconnaître des écritures en script. Les ordinateurs sont les idiot-savants du vingtième siècle. Ce sont des instruments avec beaucoup d'habileté, mais très limités dans certains domaines. Nous avons souvent une attitude curieuse combinée de crainte et de méfiance vis à vis des ordinateurs, mais cela est entrain de changer.

La naissance des ordinateurs peut être retracée dans trois pays: L'Allemagne ou peut être le premier ordinateur aurait pu voir le jour, l'Angleterre ou le premier ordinateur du type de Von Neumann est construit, et les Etats-Unis ou toutes les recherches dans ce domaine ont été menées.

1. L'Allemagne et le Plankalkul de Konrad Zuse.

L'histoire des ordinateurs modernes a commencé en Allemagne avec les travaux de Konrad Zuse³⁵. Peut être, si ce n'était pas la seconde guerre mondiale, le premier ordinateur verrait le jour dans ce pays.

En 1936 Konrad Zuse, un ingénieur en génie civil était confronté à la résolution de calculs très complexes. N'ayant jamais entendu parler de Babbage et n'ayant eu aucune connaissance des machines analogiques et des cartes perforées, Zuse démarra à zéro. Le raisonnement de Zuse était le suivant : l'ordinateur doit être fabriqué d'éléments très simples comme ceux qui ont deux états stables.

Toutes les machines du temps de Zuse utilisaient le système décimal comme l'homme, mais pour Zuse ce qui était simple pour l'homme ne l'est pas forcément pour la machine. Il préféra le binaire à cause de sa simplicité. La deuxième décision de Zuse était de faire passer les signaux par des portes logiques plutôt que de les faire passer par roues à additionner.

Après avoir construit le Z1 et le Z2 qui n'ont pas été des réussites, Zuse construisit avec succès le Z3 en 1941 avec deux mille six cents relais électromécaniques. Cette machine est la première à fonctionner avec un programme ou des chutes de films étaient utilisés à l'occasion à cause du manque de matériel pendant la guerre. L'Unité arithmétique et logique pouvait additionner, soustraire, diviser, multiplier, extraire des

³⁵ Konrad Zuse

racines carrées et faisant la conversions binaire-décimale et vice versa. Quoique très rapide dans le standard des machines mécaniques, la machine de Zuse était néanmoins très lente parce qu'elle pouvait faire que trois additions par secondes et une multiplication en six seconde.

Helmut Schreyer, un des amis d'université de Zuse lui suggéra d'utiliser une technologie plus rapide, celle des tubes. Mais le Haut Commandement de l'Allemagne lui refusa la demande d'acquérir ce matériel qui n'était disponible qu'aux Etats-Unis.

Le fait qu'Hitler laissa passer cette opportunité était une façon de promouvoir le développement des technologies de l'électronique dans les pays alliés comme l'Angleterre.

DESSIN DU Z DE ZUSE

2. L'Angleterre: Le Bletchy Park et la NPL

Pendant la guerre les directives du Haut Commandement d'Hitler étaient envoyées par télégramme et les alliés qui interceptaient ces messages les renvoyaient à Bletchey Park pour décryptage. La sécurité du code était tellement importante que les allemands construisirent l'Enigma pour crypter le message, et plus tard le Lorenz pour la marine, beaucoup plus puissante pour le décryptage des signaux tactiques. Il ne fallait pas seulement décrypter un message, mais il fallait le faire rapidement avant que l'information ne soit dépassée.

A la fin de 1942, un mathématicien anglais du nom de Newman³⁶ arriva à Bletchey Park pour travailler dans le domaine du chiffre. Quelques temps après, il quitta le Park et s'installa à Dollis Hills en 1943 pour fabriquer une machine hybride avec relais et tube à vide. Comme Zuse, Newman remarqua que la machine serait plus rapide si elle avait été fabriquée uniquement avec des tubes à vide. Mais il y eut beaucoup de scepticisme pour cette approche.

Tommy Howard³⁷ fut de ceux qui étaient favorables à l'idée d'utilisation des tubes. En décembre 1943, il construit le Colossus qui fut presque la première machine digitale à utiliser les tubes à grande échelle.

³⁶ Newman

³⁷ Tommy Howard

DESSIN DU COLUSSUS

Comme elle n'a été construite que pour s'occuper du déchiffrement des messages, il n'était pas dès lors facile de le programmer et cela confirmait la thèse de Turing selon laquelle, l'ordinateur était plus une machine logique qu'une simple machine numérique.

Le troisième centre d'activité en Angleterre était le National Physical Laboratory (NPL) où les inspirations vinrent de Alan Turing. Turing ne resta pas longtemps à la NPL, mais en 1948 le Pilot ACE qu'il développa et qui fonctionna jusqu'en 1950 reflétait sa vision de l'ordinateur. Le ACE utilisait des mémoires ultrasoniques et pour le programmer, il était nécessaire de connaître la structure de la machine.

DESSIN DU PILOT ACE

Comme en Allemagne, aux États-Unis la tendance numérique était toujours poursuivie.

3. Les États-Unis d'Amérique

Après l'Allemagne et l'Angleterre, la prochaine étape de développement des calculateurs était les États-Unis avec l'armée et des universités prestigieuses comme celle de Pennsylvanie et de Princeton où d'éminents scientifiques et chercheurs travaillaient pour les efforts de guerre.

a. Le prototype de John Vincent Atanassof

L'ABC de John Vincent Atanassof et de Clifford Berry³⁸ est considéré comme le premier prototype du calculateur électronique. Il fut construit entre 1937 et 1938 au collège d'Iowa par John Vincent Atanassof assisté par Clifford Berry. Cette machine baptisée ABC (Atanassof-Berry Computer) pouvait résoudre trente équations linéaires simultanées. Bien que l'unité centrale fut testée avec succès, le projet fut abandonné en 1942 avant même que les organes d'entrée et de sortie ne furent achevés.

DESSIN DE L'ABC

b. Les travaux de la Moore College of Electrical Engineering de l'Université de Pennsylvanie sur l'ENIAC

³⁸ Clifford Berry

L'arrivée de la seconde guerre mondiale suscita un besoin important en calcul spécialement dans le domaine militaire. De nouvelles armes étaient fabriquées pour lesquelles, il fallait des tables de tir et d'autres données essentielles.

Le groupe le plus influent dont les recherches étaient orientées dans ce domaine était incontestablement l'équipe de la Moore College of Electrical Engineering avec John Pesper Eckert et William Mauchly.

En 1942 l'équipe de la Moore College en collaboration avec le capitaine Hermann Goldstine³⁹ représentant Aberdeen Proving Ground décida de construire un calculateur très rapide pour résoudre les problèmes de balistique dont l'armée avait besoin. La machine construite à cet effet fut baptisée ENIAC (Electronic Numerical Integrated And Computer). L'ENIAC contenait dix-huit milles tubes soit deux fois plus que tous les calculateurs qui avaient été construits avant lui. Il fallait une puissance de 150 kwatts pour alimenter ce géant qui occupait entièrement une salle de 167.3 mètres carrés.

DESSIN DE L'ENIAC

Comme organe d'entrée et de sortie, l'ENIAC avait un lecteur de cartes perforées. Pour le traitement, il avait un multiplieur, un diviseur, un extracteur de racine carrée et vingt additionneurs. L'ENIAC était composé de modules qu'il fallait assembler à chaque fois qu'on voulait exécuter un programme. Des tables de fonctions et des micro-interrupteurs frontaux devaient aussi être remises à zéro à chaque opération. Cette machine à câbler à chaque programme n'était manipulable que par des spécialistes. Elle était cependant très efficace avec le travail pour lequel elle était conçue. L'ENIAC était mille fois plus rapide que les calculateurs électromécaniques à relais. Il lui fallait deux cents microsecondes pour faire une addition et 2.8 ms pour faire une multiplication. Le mot machine était un nombre de dix chiffres dont il pouvait multiplier trois cents par seconde en cherchant la valeur de chaque produit sur une table de multiplication enregistrée en mémoire.

L'ENIAC commença à fonctionner en 1945, mais il ne put être inauguré qu'en février 1946. Cette machine considérée comme le premier ordinateur électronique à grande vitesse a été utilisée de 1945 à 1955.

³⁹ Herman Goldstine

L'ENIAC n'a pas trop contribué pendant la guerre, car avant même son inauguration la guerre était terminée, mais Il a permis de convaincre les militaires et le gouvernement fédéral sur l'utilisation de l'électronique pour le calcul. C'est cet engouement qui a continué après la guerre. L'ENIAC entre autres travaux sur la météorologie, et la mécanique des fluide, a aussi été utilisé par les scientifiques de Los Alamos qui furent envoyés à l'université de Pennsylvanie pour effectuer des calculs top secrets sur les chaînes de réaction thermonucléaire qui ont permis de créer la bombe à hydrogène.

En 1971 il y eut une controverse sur la paternité du concept de l'ENIAC. La réclamation stipulait que John Vincent Atanassof a mis au point un concept pareil pendant les années 1930 à Iowa State College. En 1973 la cour donna un verdict au constructeur qui représentait Atanassof.

Etant donné l'ampleur du projet ENIAC, sa construction a demandé un très grand courage de la part des décideurs et de la Naval Research qui a parrainé le projet.

c. Le concept de programme enregistré en mémoire.

La solution était alors de se pencher sur la recherche d'une machine automatique dans sens large du terme. Pendant la construction de l'ENIAC Goldstine eut la chance de rencontrer le grand mathématicien John Von Neumann et l'intéressa au projet. La grande difficulté de l'ENIAC était son incapacité de stocker beaucoup d'informations. Après plusieurs séances de travail avec les autorités de la Moore School, Von Neumann écrivit un document sur une machine qui était capable de stocker des programmes et des données en mémoire.

Le 30 juin 1945, le concept de programme enregistré en mémoire fut consigné dans un document intitulé "First Draft of a Report on the EDVAC⁴⁰". Faisant abstraction des détails de l'ingénierie, le rapport a

Dans la première page du First Draft on pouvait lire ceci:
First Draft of a report on the EDVAC by JOHN VON NEUMANN
Contract N° W-670-ORD-4926. Between the United States Army Ordnance
Departement and the University of Pensylvannia. Moore School of Electrical
engineering. University of Pensylvannia. June 30. 1945.

plutôt décrit l'ordinateur comme un système d'organisation logique et ses unités fonctionnelles. Ainsi, pour la première fois le cadre logique et théorique de la notion d'ordinateur et de programmation fut élaborée.

Bien que l'idée des programmes enregistrés en mémoire soit né à l'occasion de la construction de l'ENIAC, ce ne fut cependant pas les membres de Moore School qui ont eu à mettre en œuvre le premier ordinateur à programme enregistrés.

L'EDVAC devrait être une machine binaire sérielle beaucoup plus économique en composants que l'ENIAC qui était un ordinateur décimal ou chaque chiffre était représenté par une bascule flip-flop. C'est pour cette raison que l'EDVAC devrait avoir deux fois moins de composants et une mémoire cent fois plus importante. Ce sont ces discussions sur l'amélioration des Concepts de l'ENIAC avec les nouvelles mémoires qui ont conduit à la fabrication de l'EDVAC. Au lieu d'utiliser des bandes perforées ou d'interconnecter des modules pour introduire des informations, il était possible avec l'EDVAC de stocker les programmes en mémoire évitant ainsi les mises en marche qui pouvaient facilement durer deux à trois jours avec l'ENIAC.

DESSIN DE L'EDVAC

L'EDVAC hériterait donc de la puissance de calcul de l'ENIAC et éviterait en même temps la mise en marche très longue et très fastidieuse de l'ENIAC. L'autre avantage de l'EDVAC est qu'il pouvait même aider à confectionner ses propres programmes. Avec l'EDVAC, l'invention de l'ordinateur moderne était presque achevée.

Les plans de conceptions ont été largement diffusés. L'influence de ce concept était si importante qu'elle propulsa la fabrication d'ordinateurs à programme enregistré vers la fin des années 40 bien avant l'EDVAC.

Von Neumann, rédacteur du rapport l'a signé seul, tandis que Eckert et Mauchly ont trouvé que l'idée était la leur et non celle de Von Neumann. L'université de Pennsylvanie à son tour réclama toutes les

1.0 Definitions

1.1 The considerations which follow deal with the structure of a very high speed automatic digital computing system, and in particular with its logical control.

inventions de son école. L'histoire a retenu le nom de Von Neumann comme synonyme d'ordinateur à programme enregistré.

Après ce mal entendu, Eckert et Mauchly ne sont pas restés à l'université de Pennsylvanie pour construire l'EDVAC, ce qui fait que cet ordinateur n'a pu être réceptionné qu'en 1952.

Eckert et Mauchly ont créé la Eckert-Mauchly Corporation pour concevoir et vendre l'UNIVAC. Cette compagnie fut plus tard absorbée par Remington Rand. Dès le départ l'UNIVAC fut construit pour être un ordinateur de gestion avec un standard et une fiabilité très élevée. En mars 1951 le premier UNIVAC fut testé avec succès et livré au Bureau National of Census. Ce fut alors une machine bien élaborée avec bande magnétique, et d'autres périphériques nécessaires pour un travail de gestion.

DESSIN D'UNIVAC

Avec la dislocation du groupe de la Moore College, Von Neumann se retira à l'Université de Princeton où il fut titulaire de la chaire de Mathématique. Assisté par Hermann H. Hollerith il mit au point la conception logique de l'IAS du nom de l'Institute of Advanced Studies où il était professeur. Le design et l'ingénierie de l'IAS fut confié à Julian Bigelow⁴¹. Ce fut le premier ordinateur parallèle. A la place des mémoires ultrasoniques, Rajchman⁴² suggéra pour cet ordinateur des mémoires de selectron. Le selectron n'ayant pas été prometteur, il a été vite remplacé par les tubes de Williams qui venaient juste d'être inventés.

d. L'EDSAC, premier ordinateur du type de Von Neumann

Le premier ordinateur von neumannien vit le jour en Angleterre et non aux Etats-Unis où les travaux de Von Neumann, Eckert, Mauchly, Atanassof ont eu un grand succès.

Profitant des cours donnés à la Moore et à l'IAS sur le "Preliminary Discussion", le professeur Newman⁴³ de l'Université de Manchester et

⁴¹ Julian Bigelow

⁴² Rajchman

⁴³ Newman

Vincent Maurice Wilkes⁴⁴ de l'Université de Cambridge envoyèrent des étudiants dans ces instituts. L'un d'eux Alain Mathison Turing (1912-1954) un brillant mathématicien de King's College à Cambridge rencontra le grand logicien argentin Alonzo Church⁴⁵ (1903-1937). Ils énoncèrent une thèse dite de Church-Turing sur la calculabilité.

En 1946 c'est sous la direction du professeur Newman et en collaboration avec T. Kilburn et Williams que fut construit le Manchester Mark I considérée comme le premier ordinateur électronique du type de Von Neumann. En 1948 après amélioration, cette machine prit le Nom de MADM (Manchester Automatic Digital Machine) plus connu sous le nom de la Machine de Manchester

De retour de la Moore School, le professeur Vincent Maurice Wilkes et W. Penwick⁴⁶ construisirent la première machine totalement électronique du type de Von Neumann appelée EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator). Cet ordinateur qui exécuta ses premières opérations le 6 mai 1949 est considérée comme le premier ordinateur du type de Von Neumann.

DESSIN DE L'EDSAC

e. Les premiers ordinateurs Von Neumannien américains

La première machine Von Neumannien américaine est le SEAC. Livrée le 20 juin 1950 au National Bureau of Census à Washington D.C, elle fut construite sous la direction de S. N. Alexandre. Cette machine avait un design élégant. Elle introduit l'utilisation des cartes enfichables, chaque carte contenant des diodes de germanium et un seul tube à vide. Le SEAC à utilisé les mémoires ultrasoniques et plus tard les mémoires à tube de Williams. Entre temps H.D Huskey⁴⁷ ancien chercheur à la NPL qui a aussi travaillé sur l'ENIAC était entrain de terminer le SWAC à la NBS l'Institute for Numerical Analysis à l'UCLA. Cette machine parallèle qui utilisait des tubes de Williams était très rapide pour le standard de l'époque.

DESSIN DU SWAC

⁴⁴ Vicent Maurice Wilkes

⁴⁵ Alonzo Church

⁴⁶ Penwick

⁴⁷ Huskey

En 1949 le BINAC (Binary Automatic Computer) de l'Electronic Computer Company de Eckert et Mauchly, quatre fois plus rapide que l'EDSAC, fut construit. Cet ordinateur transformait les données décimales en binaire pour exécuter les calculs et afficher les résultats en octal. Le projet BINAC qui ne fut pas un succès fut abandonné au profit de l'UNIVAC.

DESSIN DU BINAC

le WHIRLWIND commandé par l'armée de l'air américain a été construit entre 1946 et 1955 au laboratoire de servomécanisme du Massachusetts Institute of Technology par un groupe dirigé par Jay Forester⁴⁸ dont faisait partie Adams⁴⁹, Robert Everret⁵⁰ et Ken Olson⁵¹.

Le WHIRLWIND avait un mot très réduit et travaillait à grande vitesse. Il était destiné principalement au trafic aérien.

DESSIN DU WHIRLWIND

Depuis 1950 les ordinateurs se sont développés en parallèle avec l'histoire de la technologie. La vitesse de traitement ainsi que les mémoires ont été considérablement améliorés, en même temps, la taille et les coûts ont fortement diminué. Le rythme ne s'est pas encore stabilisé et s'accélère de plus en plus.

Ce développement phénoménal a radicalement transformé la nature des calculs de telle sorte que pour beaucoup d'historiens des sciences tout ce qui existait avant 1945 n'est que préhistoire ou prologue.

C. La Période d'après Guerre

Après la guerre, l'ordinateur a commencé à entrer dans la société civile. Toutes les machines sont sans cesse améliorées, spécialement celles qui ont été testées avec rigueur pour le marché. Les fabricants introduisent périodiquement des changements qualitatifs sur les ordinateurs c'est ainsi que pour chaque changement significatif nous pouvons parler de génération.

⁴⁸ Jay Forester

⁴⁹ Adams

⁵⁰ Robert Everret

⁵¹ Ken Olson

Au début des années cinquante deux importantes découvertes d'ingénierie ont changé l'image de l'ordinateur électronique. On est passé d'une technologie certes rapide, mais non fiable à une technologie plus fiable et plus rapide. Cela est principalement dû à l'utilisation des tôres de ferrite comme mémoire et du transistor au niveau des unités de traitement. La capacité de la mémoire vive (RAM) a augmenté de 8000 à 64000 mots dans les machines commerciales avec un temps d'accès de 2 ms.

Ces machines étaient très chères à l'achat et même à la location. On les trouvait dans les grands centres informatiques du gouvernement, des industries, des universités et de certains grands laboratoires privés.

Ces systèmes faisaient le traitement par lot (batch) qui consistait à faire son programme et à le remettre au centre informatique pour traitement ultérieur. Un autre mode d'utilisation de ces machines était le temps partagé (time sharing). Ce type de traitement partage les ressources de l'ordinateur de telle sorte que chaque utilisateur pense qu'il est seul maître du système grâce à un logiciel très performant servant d'interrupteur automatique.

Dans les années soixante beaucoup d'efforts ont été déployés pour concevoir et développer des ordinateurs très rapides grâce aux circuits intégrés.

Les années soixante-dix ont vu la naissance des microprocesseurs qui ont conduit à la révolution micro-informatique, mais aussi à la fabrication de supercalculateurs et de stations de travail.

Le génie logiciel prit une importance capitale au milieu des années 1980 et la tendance continue pendant les années 1990 de telle sorte que l'achat d'un ordinateur ne se fait plus en fonction simplement de la puissance du matériel, mais aussi de sa possibilité de faire tourner les logiciels existants. C'est aussi l'ère du multimédia, de la réalité virtuelle et d'Internet.

1. La Naissance de L'industrie informatique

Après les recherches académiques avec les scientifiques qui ont inventé tous les concepts y compris celui de programme enregistré en mémoire, l'ère d'une nouvelle industrie informatique devrait naître avec le développement des entreprises.

La Moore College a introduit une politique de droit d'auteur stipulant que toutes les inventions faites dans une faculté étaient propriété de l'université de Pennsylvanie. Pesper Eckert et William Mauchly ayant refusé de signer ce protocole sur l'ENIAC ont préféré quitter l'université un mois après que l'ENIAC fut réceptionné. Ce départ marqua la fin de l'épicentricité de l'université de Pennsylvanie sur la recherche informatique.

Après avoir cherché des fonds en vain sans succès, Pesper et Mauchly mirent sur pied la première entreprise de fabrication d'ordinateur au monde, l'Electronic Company de Pennsylvanie.

Après la création de cette entreprise, ils ont eu la chance de signer un contrat avec le National Bureau of Census pour la fabrication de l'UNIVAC. Mais le projet n'ayant pas bien été maîtrisé, les échéances ne purent être respectées. Ils finirent tout de même par livrer en octobre 1946, ce qui a permis à l'entreprise de résister pendant deux ans.

A la même époque, mais en Angleterre, J. Lyons Company spécialisée dans la restauration et l'hôtellerie voulait s'informatiser même si toutes les tentatives d'utilisation de l'informatique en dehors des universités et des centres de recherche restèrent infructueuses.

Premièrement, il y avait un problème de fiabilité qui n'a pas encore été résolu au niveau des composants. Les tubes à vide utilisés sont réputés être très fragiles.

Un deuxième problème est que les scientifiques qui ont développé les premiers ordinateurs n'ont respecté que le cahier des charges des militaires consistant à faire uniquement des calculs scientifiques très complexes et rapidement. En plus les ordinateurs n'ont jusqu'à présent résolu que des problèmes d'une proportion gigantesque comme la modélisation de la bombe H (ce programme fut exécuté en novembre 1945). Vu la rareté de ce genre de problèmes, seuls une poignée d'ordinateurs devenait nécessaire selon certains pionniers comme Hartree⁵² ou Heiken.

La troisième objection avait trait à l'exploitation de l'ordinateur. A supposer que quelqu'un puisse acheter ou fabriquer un ordinateur, il

⁵² Douglas Hartree

fallait avoir des hommes pour les programmer. Cela supposait avoir quelqu'un qui pouvait communiquer avec la machine en binaire (zéro et un). Ces programmeurs étaient tous des scientifiques dont il n'était pas facile de se payer les services. Un centre informatique devrait nécessiter plus de vingt scientifiques pour son fonctionnement.

La quatrième objection est que les ordinateurs ne sont pas encore conviviaux. Il fallait beaucoup de temps pour préparer le programme.

En dépit de toutes ces objections Pesper et Mauchly continuèrent avec leur entreprise qu'ils rebaptiseront Eckert-Mauchly Company. Ils signèrent ensuite d'autres contrats avec le National Bureau of Census, Northrop Aircraft Corporation, Prudential Life Insurance et Nelson Company.

Le président de AMTOTE (American Totalizer) spécialisé dans la fabrication de machines à additionner, craignait que l'industrie informatique allait vite rendre ses machines obsolètes. Il décida alors d'acheter 40% de la Eckert Mauchly Company. En 1949 le président d'AMTOTE mourut dans un accident d'avion. Son remplaçant qui n'avait jamais cru aux ordinateurs se retira du projet le mois suivant.

La seule solution pour l'unique entreprise d'informatique au monde était de trouver un acquéreur. Cet acheteur était Remington Rand. Rand qui était spécialisé dans la fabrication de machine à taper, de rasoirs électriques et qui était le plus grand fabricant de machines mécanographiques pendant les années 50, a jugé nécessaire de se diversifier et d'entrer dans l'industrie informatique.

La vente de la compagnie est estimée à deux cent mille dollars et un emploi garanti pendant huit ans pour Mauchly à Remington. Un an après l'achat, les deux premiers ordinateurs commerciaux au monde sont étrennés. L'UNIVAC est livré au National Bureau of Census. Avec coût initial estimé à trois cent cinquante mille dollars, le coût final est monte à 1 million de dollars.

En novembre 1952, des millions d'américains regardèrent sur la chaîne de télévision américaine CBS les résultats des élections présidentielles de 1952 opposant Adlai Stevenson⁵³ et Eisenhower⁵⁴. Ce qu'il voyait

⁵³ Adlai Stevenson

n'était pas un homme, mais un analyste appelé UNIVAC. Les reporters étaient Walter Cronkite⁵⁵, Charles Collingwood⁵⁶ et Art Drapper⁵⁷. L'ordinateur en fonction des résultats disponibles prévoyait la victoire du général Eisenhower sur son challenger Adlai Stevenson, ce qui s'avéra correct.

Des le lendemain, les journaux titrèrent "la machine qui peut transformer l'homme en singe", "un grand gadget électronique plus rusé que l'homme". UNIVAC est une sensation et devient synonyme d'ordinateur comme frigidaire l'était pour les réfrigérateurs. Le marché devient intéressant et l'informatique commence à entrer dans la culture populaire.

2. L'entrée d'IBM dans l'industrie informatique

Quand Remington Rand délivra le premier UNIVAC au National Bureau of Census avec une très grande publicité, il y avait une compagnie qui était très préoccupée. C'était IBM. Pendant plus de cinquante ans, IBM avait le monopole de la fourniture de tabulatrices au National Bureau of Census. Pour IBM, perdre un tel client était à éviter coûte que coûte. Il décida alors d'entrer dans l'arène avec en 1953 un ordinateur appelé "Défense Calculator", mais cette machine était loin d'être un succès.

DESSIN DE LA DEFENSE CALCULATOR

En 1955 Remington Rand fusionna avec Sperry pour devenir Sperry Rand. En Angleterre les Lyons créa une nouvelle filiale LEO pour s'occuper d'ordinateur.

Au moment où IBM installait sa première machine, Sperry avait déjà installé sept ordinateurs avec un carnet de commande de seize machines. Rand était incontestablement et de loin, le leader mondial dans ce domaine.

Pour faire face à cela IBM changea de tactique marketing. En 1954 il mit sur le marché un ordinateur de gestion très bon marché appelé IBM

⁵⁴ Eisenhower

⁵⁵ Walter Cronkite

⁵⁶ Charles Collingwood

⁵⁷ Art Drapper

650. A cote du prix très abordable, il y a avait aussi la taille qui était impressionnante. L'ordinateur pouvait tenir dans un coffret de rangement comme une tabulatrice. Le 650 fut un franc succès, contrairement au défense Calculator. Il fut vendu en plus de mille exemplaires. Malgré son succès grandissant IBM le remplaçant par le 1401 qui connut encore plus de succès.

DESSIN DE LA IBM 650

DESSIN DU 1401

En 1956 à la mort de Watson Sr. IBM malgré ses succès sur le 650 et le 1401 était toujours considérée comme une entreprise de mécanographie, mais de loin la première.

L'ordinateur n'était plus exclusivement destiné aux travaux scientifiques et militaires, il est aussi fait pour la gestion et l'administration. Le seul problème était le manque de programmeur ce qui fait que l'ordinateur ne pouvait pas être utilisé d'une façon optimale. Dans un premier temps, le langage assembleur fut utilisé suivi du Fortran et du Cobol.

En 1950 la banque of America qui a son siège à San Francisco était la plus importante banque au monde. En 1955, déjà, il traitait plus de douze millions de chèques et le travail consistait principalement à les trier et les classer. Ce travail était très ennuyeux et la plus part des employés étaient des jeunes filles diplômées des collèges. Elles ne voulaient pas rester longtemps avec ce travail à cause du caractère rébarbatif qui était souvent la source de beaucoup d'erreurs. Au rythme ou les chèques venaient, il était prévu que pour face à ce travail, la banque pouvait absorber toutes les collégiennes diplômées de la Californie.

A l'image du National Bureau of Census, la banque a jugé qu'il était tant de se mettre à l'automatisation. Le salut devrait venir de la Stanford Research Institute qui proposa à la banque l'ERMA (Electric Recording Methods of Accounting). Cette machine qui avait la possibilité de reconnaître les écritures magnétiques sur les chèques fut finalisée en 1959 par le General Electric. Un acteur non moins célèbre devrait s'occuper de la promotion du produit. C'est en fait Ronald Reagan devenu quarantième président des Etats-Unis qui à l'époque

disait ceci: “Je suis Ronald Reagan, un talentueux comptable pouvant faire 250 opérations par heures, le ERMA lui peut en faire 500 à la minute”. La différence entre le comptable expérimenté et la machine était très grande de l'ordre de 120 comptables pour une machine.

En 1966, plus de deux milles employés furent remplacés par des machines ERMA, ce qui suscita un débat national très houleux sur informatique et société.

IBM se sentant concerné par ce débat, tenta de réagir en lançant le slogan qui disait que les ordinateurs étaient de puissants outils, mais pas de puissants cerveaux, ils ne pouvaient donc pas remplacer l'homme. Pour mettre ce slogan en pratique IBM prit le risque d'employer soixante mille personnes et ouvrit cinq usines aux Etats-Unis et à l'étranger.

Une famille de six ordinateurs IBM 360 ayant une compatibilité totale furent construits. Chaque système pouvait utiliser le logiciel et les périphériques de l'autre. Ils furent à la fois des ordinateurs scientifiques et de gestion. Les systèmes furent lancés le 7 avril 1964. A la fin des années 60 on pouvait les trouver partout, dans les universités, les hôpitaux, les banques, les bibliothèques et les administrations. En 1970 le système 360 devient un ordinateur institutionnel et plaça IBM au tout premier rang de l'industrie informatique loin devant tous les autres. Certaines entreprises comme le General Electric et RCA durent se retirer de la course.

Au milieu des années quatre-vingt, le système 36 et ses descendants ont donné à IBM un chiffre d'affaire de plus de cent milliards de dollars. Mais l'hégémonie d'IBM n'était pas sans challenger. Pendant les vingt suivantes années la physionomie de l'industrie informatique devrait radicalement changer. Le matériel évoluera des machines gigantesques remplissant toute une salle vers de petits ordinateurs personnels pouvant se poser sur un bureau ou même se mettre dans une poche grâce aux composants dérivés du transistor que sont les circuits intégrés et les microprocesseurs. De grands bouleversements verront aussi le jour dans l'industrie du logiciel.

La naissance de l'industrie du logiciel.

Nous pouvons dire que le programme est très ancien. Avec les métiers à tisser de Jacquard, la carte perforée permettant de tisser une étoffe par séquences répétitive peut être considérée comme un programme, un logiciel. Nous avons aussi vu la contribution de Ada considéré comme le premier programmeur. Le Plankalkul de Zuse, le Fortran et le Cobol sont aussi des langages de programmation inventés avant les années 60.

Si la programmation existait au 19eme et même avant avec la Comtesse de Lovelace, elle est demeurée jusqu'à une période récente artisanale

IBM qui était la plus grande boîte d'informatique vendait les ordinateurs avec les logiciels. Accusé de concurrence déloyale, IBM commençant à dire à ses clients que désormais sauf les logiciels de bases (système d'exploitation), tout devait être vendu séparément. Il y trouvait tout de même son compte. C'est ainsi que des sociétés qui n'avaient pas la capacité de produire du matériel, se sont mis à développer des logiciels ce qui donna naissance à l'industrie du logiciel.

Artisanale au départ, la fabrication de logiciel acquiert une approche de génie d'où son appellation de génie logiciel. Ainsi des modèles mathématiques de programmation et des outils de développement sont au service de cette nouvelle branche de l'informatique.

Il n'est pas possible de parler de Société de logiciel sans mentionner le nom de William Gates di Bill et de sa société Microsoft qui depuis le début du PC en 1981 les a équipé avec son système d'exploitation le MSDOS. Plutard il rendra cet environnement graphique sous le nom de Windows dont les récentes versions sont le Windows 95, 98 et le NT. La Société Microsoft a aussi travaillé dans l'environnement Unix qu'il a baptisé Xenix. Ses logiciels d'application se trouvent dans toutes les plate-forme PC ou Mac (Word, Excel, Power Point, Acces etc..). D'autres comme Novell avec le Netware, Borland, Corell, Next, Oracle, Computer Associates, Netscape, et les constructeurs de matériel qui font des logiciels propriétaires. OS/2 chez IBM, Mac OS pour Apple etc.

La naissance des services informatiques.

Après le matériel, qui au départ n'était utilisables que par les militaires, et les physiciens, le logiciel qui était loué avec la machine c'est au tour des services de prendre un essor. Le service informatique étant tout ce qui en dehors du matériel et des logiciels de bases rend l'utilisation de la

machine optimale. C'est le développement de produit-logiciels, la formation des utilisateurs, l'installation, la protection du matériel et des données, l'installation électrique, l'ergonomie, etc. Ses services ont donné naissance à des sociétés à valeur ajoutées appelées SSII (Société de Service et d'Ingénierie en Informatique).

D. LES GENERATIONS D'ORDINATEURS

L'aspect électronique des ordinateurs conduit à distinguer plusieurs générations qui correspondent aux types de composants électroniques utilisés et au degré d'intégration de ces composants.

L'histoire moderne des ordinateurs correspond avec l'invention des programmes stockés en mémoire.

1. La première génération - 1950-1959

La première génération est caractérisée par l'utilisation des tubes à vide comme éléments actifs. Ces ordinateurs étaient dotés du stockage électrostatique, des tubes de William, des tambours magnétiques, des ferrites. Cette génération peut être divisée en deux phases suivant les préoccupations.

La première partie (1950-1954) était consacrée à l'amélioration des mémoires. Cinq technologies ont été utilisées pour construire les mémoires principales ou secondaires. Il s'agit des tubes à vides, des lignes de retard, des tubes de Williams, des tambours magnétiques, et en 1954 des tores de ferrites.

La deuxième partie (1955-1959). Alors que la technologie des mémoires fut bien avancée, les chercheurs consacrèrent leurs efforts à l'amélioration des supports d'information, de la pagination des mémoires, des mémoires virtuelles, des disques, des disques fixes, des disques amovibles, des imprimantes, et des écrans de visualisation

Pendant les années 1950 les ordinateurs commerciaux ont commencé à être fabriqués et vendus en quantité. Mais en dehors des tubes à vides qu'ils utilisaient tous, ils n'avaient pas grand chose en commun parce que chaque constructeur utilisait ses propres combinaisons de circuits, ses propres schémas d'adresse et ses propres jeux d'instructions. La plus grande variété se retrouvait dans les éléments utilisés pour les

mémoires. Chaque technologie de mémoire avait quelques inconvénients, ce qui poussa certains constructeurs à préférer une variante à une autre.

Un rapport de l'Institute of Advanced Studies sur les ordinateurs écrit par Arthur H. Burk⁵⁸, Herman Goldstine et John Von Neumann a insisté sur les avantages d'une architecture parallèle des mémoires dans les quels un mot entier pouvait être lu et écrit en même temps. Mais le tube selectron de RCA qu'ils choisirent pour cela prit trop de temps pour être disponible. Seule le Johnica de la compagnie Rand l'utilisa.

La première machine commerciale l'UNIVAC utilisait des mémoires à ligne de retard à mercure sur le quel un mot était lu et écrit bit par bit d'une façon sérielle. Les machines les plus rapides utilisaient les tubes à vide qui étaient capable de faire des opérations parallèles. Mais ses tubes destinés à l'origine à d'autres applications n'étaient pas tellement fiables comme mémoire.

La technologie de mémoire de loin la plus utilisées et la plus populaire était les mémoires à tambours magnétiques. L'aspect électromécanique les rendait un peu lentes, mais avec leur fiabilité et leur faible coût, elle était très appréciée par les constructeurs des machines moyenne comme l'IBM 650, le Bendix G15, l'ALLWAC IIIIE et le Librascope LGP-30.

A la fin de la première génération, certaines machines utilisaient des mémoires à tores magnétiques. Avec la fabrication et l'assemblage à grande échelle de ces mémoires à tores de ferrites, le problème endémique des mémoires était presque résolu.

Les principaux ordinateurs de la première génération sont:

L'UNIVAC - II fut conçu par Pesper Eckert et John Mauchly, et livré en 1951 au moment ou leur compagnie était déjà achetée par Remington Rand. C'était le premier ordinateur produit en série et vendu à un client. Quarante autres modèles furent probablement livrés à des clients comme le Bureau of Census, le Lawrence Livermore Laboratory, le US Army and Air Force et la compagnie General Electric. Beaucoup ont utilisé l'UNIVAC pour faire du comptages, des statistiques et d'autre travaux relevant du traitement de l'information.

⁵⁸ Arthur Burk

L'UNIVAC utilisait quatre accumulateurs qui faisaient une arithmétique binaire série. Il avait un mot de quarante-cinq bits et chaque mot pouvait être représenté par onze positions binaires codées décimale plus un signe ou six caractères alphanumériques. Le caractère était représenté par six bits et un bit de signe). La vitesse était de 2.25 MHz, et une multiplication s'effectuait en deux millisecondes. Les mémoires à ligne de retard pouvaient stocker mille mots, quant aux mémoires auxiliaires à bande magnétique, ils pouvaient stocker un million de caractères.

Son unité centrale comptait cinq mille tubes installés dans un coffret rectangulaire de 10x14 pouces. C'est dans ce rectangle qu'était placé le réservoir de mercure. Beaucoup de concepts utilisés dans l'UNIVAC devinrent par la suite des standards, comme les touches alphanumériques, les mémoires auxiliaires à bande magnétique, les mémoires tampons pour le transfert entre la mémoire interne et externe sans passer par le processeur.

DESSIN DE L'UNIVAC

L'IBM 701, 650 - Au moment où Remington Rand annonçait l'UNIVAC, IBM n'était pas constructeur d'ordinateur, mais vendait toujours des machines à cartes perforées. Mais en répondant à la menace de la compétition, IBM introduisit deux machines, une pour concurrencer l'UNIVAC et une autre plus modeste.

En 1952 IBM annonça le 701, appelé Defense Calculator. Les dix-neuf qui ont été fabriqués étaient tous livrés à l'armée de l'air américaine ou à des clients travaillant dans l'aéronautique. Le loyer mensuel était de quinze mille dollars. IBM opta de ne pas vendre la machine, mais de faire du leasing. Comme mémoire le 701 utilisait des tubes de William fabriqués par IBM pouvant stocker 4096 mots de 36 bits. La mémoire auxiliaire était une bande magnétique en plastique, et les mémoires intermédiaires étaient des tambours magnétiques. Il pouvait effectuer 2000 multiplications par seconde, mais contrairement à l'UNIVAC, le processeur du 701 s'occupait lentement des entrées et des sorties.

IBM développa à la même période une machine orientée caractère, ce qui précipita son entrée dans l'industrie informatique. Désormais IBM concevait et fabriquait des ordinateurs électroniques digitaux à grande échelle. Par la suite, il fabriqua une machine de dimension plus réduite

qui servait de complément aux machines à cartes perforées. Dans le cours de son développement, cette machine devint finalement universelle utilisant un tambour magnétique comme mémoire principale. L'acquisition de la technologie des tambours magnétique en 1949 par IBM de la société Engineering Research Associates fut aussi un facteur déterminant pour maintenir IBM dans cette industrie en pleine expansion qu'est l'informatique.

DESSIN DU 701

La machine appelée IBM 650 fut livrée en 1954 et devint un franc succès. Il y eut probablement plus de mille 650 loués à 3500 dollars par mois. Au moment de son annonce le 650 devait concurrencer avec d'autres ordinateurs pas très chers utilisant des tambours magnétiques. Mais le 650 les surpassa tous à cause de la réputation d'IBM et le portefeuille clientèle déjà existant sur les lecteurs de cartes perforées. Il y avait aussi que le 650 était plus simple à programmer que ses concurrents. Le temps d'accès de la mémoire du 605 était de 2.4 msec. Malgré cela la mémoire était toujours lente pour certains travaux.

DESSIN DU 650

Le ERA 1103. C'était un ordinateur de la première génération fabriquée par Engineering Research Associates de Saint Paul dans le Minnesota, une firme que Remington acheta en 1952. Cette machine était orientée vers les travaux de recherche et d'ingénierie. Sa conception était différente des autres grosses machines de Remington Rand comme l'UNIVAC.

La machine avait un mot de 36 bits et faisait une arithmétique parallèle. La mémoire interne de 1 KB était à base de tube de Williams. Les opérations arithmétiques étaient effectuées par un accumulateur interne de 72 bits. Vers la fin de 1954, la compagnie livra à la National Security Agency et à la National Advisory Committee for Aeronautics un ERA 1103 qui employait des mémoires à tore magnétique à la place des tubes de Williams. C'est peut-être la première utilisation de la mémoire à tore de ferrites sur un ordinateur commercial (les mémoires à tore de ferrites étaient déjà installées sur le WHIRLWIND de MIT et sur d'autres ordinateurs expérimentaux).

Après une suggestion des clients, le jeu d'instructions du ERA fut modifié pour inclure les interruptions d'entrée et sortie, ce qui fut une première pour un ordinateur. Les mémoires à tores de ferrites et les interruptions seront par la suite standardisées sur les modèles 1103-A

DESSIN DU ERA 1103

L'IBM 704, 709 - Vers la fin des années 1955, IBM commença à livrer un ordinateur de 36 bits, le 704 le successeur de l'ordinateur scientifique 701. Ce fut l'ordinateur qui a eu le plus grand succès pendant la première génération. Ce qui était très remarquable chez le 704 c'est que les mémoires à tores de ferrites initialement de 4 k sont montés à 32 k en 1957. En plus le processeur du 704 pouvait faire de l'arithmétique à virgule flottante et avait trois registres index adressables. Pour faciliter le calcul à virgule flottante une équipe d'IBM dirigée par John Bacchus⁵⁹ développa le Fortran⁶⁰. Pour Bacchus et son équipe, le Fortran était uniquement dédié au 704, mais il devient avec le Cobol⁶¹ les deux langages évolués les plus utilisés. IBM produit par la suite cent vingt trois 704 entre 1955 et 1960. En janvier 1957, IBM annonce le 709 comme le successeur du 704, mais il n'eut pas beaucoup de succès.

DESSIN DU 704, 709

Ce n'est qu'après dix ans d'utilisation que le transistor devait intégrer le milieu informatique pour remplacer les tubes à vides.

Le Transac S-2000 de Philco et le 1604 de Control Data déjà équipé de transistors ont surclassé le 709. IBM retira le 709 à base de tube à vide pour le remplacer avec un 7090 transistorisé. L'architecture du 7090 était identique à celui du 709, ce dernier a été utilisé pour écrire le logiciel du 7090. La livraison du 7090 en fin 1959 marqua l'entrée d'IBM dans le domaine de l'électronique discret.

Malgré le succès du 650 d'IBM, les ordinateurs de la première génération ont eut très peu d'impact. La plus part des travaux de gestion sont toujours faits par les machines mécanographiques tandis que les travaux scientifiques continuèrent à être exécutés par les calculatrices électroniques, les règles à calculer et les ordinateurs analogiques. Des

⁵⁹ John Bacchus

⁶⁰ Fortran

⁶¹ Cobol

machines comme le ERMA sont très grandes et trop chères. Les gros systèmes sont très limités, on les compare même aux accélérateurs de particules. Mais avec la fiabilité des mémoires à tores de ferrites et la technologie des transistors, cette perception devrait bientôt changer.

2. La Deuxième Génération 1959-1963

La deuxième génération est caractérisée par l'utilisation des transistors et les mémoires à tore de ferrites. Cette génération verra l'utilisation des langages de programmations évolués comme le Fortran et le Cobol, même si le langage assembleur était toujours présent.

Avec l'invention des transistors en 1948, l'avantage des composants discrets par rapport aux tubes à vides est vite reconnu. Ce n'est cependant qu'en 1959 que commence l'ère de la deuxième génération où les transistors remplacèrent complètement les tubes à vide. Cette génération vit l'apparition des tous premiers mini-ordinateurs la série des PDP 1 ensuite les PDP 4, le traitement par lot, les systèmes moniteurs, la simultanéité, les systèmes de gestion des interruptions, la gestion des Entrées et des Sorties, les IOCS (Input Output Control System), la multiprogrammation, le temps partagé, les système de partage d'information.

Le remplacement des tubes par les transistors avait pour objectif de résoudre le problème de fiabilité, de dissipation thermique et de consommation énergétique. Ces problèmes résolus, d'autres devraient suivre comme la complexité des interconnexions et l'intégration des composants. Cette tyrannie des nombres mise devant la scène par des ordinateurs transistorisés devrait probablement être résolue par les circuits intégrés.

Les principaux ordinateurs de la deuxième générations sont:

L'IBM 1401. L'ordinateur transistorisé qui a connu le plus de succès est l'IBM 1401 introduit en 1960 et basé sur un concept initialement développé dans les laboratoires d'IBM en France. Cette machine fut orientée caractère avec une longueur de mot modifiable. Les tores de ferrites étaient utilisés comme mémoire et l'unité centrale transistorisé pouvait effectuer 500 multiplications par seconde. Les ingénieurs d'IBM eurent beaucoup de difficultés pour rendre cette machine facilement programmable, surtout pour ceux qui étaient familiers aux

tabulatrices et ne connaissant rien en programmation. Un langage simple le RPG⁶² (GAP) devrait être utilisé pour imprimer des tableaux comme ceux déjà faits sur les tabulatrices.

Avec le 1401, IBM introduit l'imprimante à chaîne le 1403. La taille relativement petite du 1401 lui permettait d'être installé dans des salles jadis réservées aux tabulatrices. Le système loué à 2500 dollars par mois, faisait du 1401 un ordinateur très attractive pour les PME/PMI.

Peut-être 10.000 unités furent installées soit 10 fois plus que le 650. Son succès plaça IBM loin devant UNIVAC comme le premier fournisseur d'ordinateur. Le 1401 n'élargisse pas seulement le portefeuille clientèle d'IBM, mais fini par lever le doute qui soutenait que le monde n'était pas encore prêts pour l'informatique.

DESSIN DU 1401

A coté du 1401 IBM il y avait le 1620 destiné aux travaux scientifiques.

En 1962 IBM fit une mise à niveau du 7090 qui donna le 7094 qui sera bien vendu et devient un standard des ordinateurs scientifiques de l'époque.

Au milieu des années 1960, IBM a pris une bonne partie du marché américain de l'ordinateur. UNIVAC, Burroughs, NCR, RCA, Control Data, Philco/Ford, General Electric et Honeywell étaient ses principaux concurrents. Chacun d'eux avait fabriqué une machine égale à celles d'IBM tant sur le prix que sur la performance avec cependant des architectures différentes.

En 1970, General Electric, Ford et RCA quittèrent l'industrie informatique. Elles devront être remplacées par d'autres jeunes entreprises offrant d'autres types d'ordinateurs.

Le LARC, le STRETCH Atlas et le B5000. C'est pendant la deuxième génération qu'apparurent de nouvelles architectures, mais elles étaient encore prématurées.

En 1955 Remington Rand Univac signa un contrat avec Lawrence Livermore Laboratory pour lui fournir un ordinateur puissant pour la conception d'armement. Le LARC fut réceptionné en 1960 et un

⁶² RPG

deuxième modèle fut livré à la Marine. Le LARC était très rapide, il avait un processeur dédié aux entrées et sorties. Malgré sa performance, après avoir livré deux autres modèles pour un coût global de 6 millions de dollars, UNIVAC arrêta la production pour se retrouver avec un déficit de 20 millions de dollars.

A la même époque IBM mis en chantier le projet STRETCH dont les travaux ont commencé en 1956 avec une première livraison à Los Alamos en 1961. Comme le LARC, le STRETCH introduit un certain nombre d'innovations tant sur l'architecture que sur les éléments utilisés pour sa fabrication. Parmi ces innovations on pouvait noter les processeurs en pipelines qui utilisaient des transistors très rapides à émetteur couplé logique (ECL). Un total de sept machines baptisées IBM 7030 furent livrées avant qu'IBM n'arrête la production. Comme le L'ARC, IBM accusa un déficit important sur le 7030.

DESSIN DU LARC

DESSIN DU STRECTH

L'Atlas - Cet ordinateur fut introduit par un constructeur britannique Ferranti en 1962. L'Atlas introduisit la mémoire virtuelle et la multiprogrammation. Contrairement aux ordinateurs de la première génération et de la deuxième génération qui avait un JCL⁶³ rudimentaire, l'Atlas avait un véritable superviseur qui annonça l'ère des systèmes d'exploitation.

En 1962 Burroughs introduit la série des B 5000 qui incorporaient les innovations de l'Atlas. La série fut mise à jour pour pouvoir exécuter un langage évolue l'Alto. Le design de ses processeurs était nouveau en ce qu'ils utilisaient des adressages en pile au lieu des accumulateurs de la première génération

DESSIN DE L'ATLAS

DESSIN DU B5000

Dans la perspective des années 1990, la deuxième génération est considérée plus comme une génération transitoire qu'une étape fondamentale de l'informatisation.

⁶³ JCL

3. La Troisième Génération 1964-1971

Les systèmes 360 d'IBM annoncés le 7 Avril 1964 inaugurèrent la troisième génération des ordinateurs. Cette série de machine n'a pas utilisé au départ les circuits intégrés, mais des cartes modulaires d'éléments discrets sur un substrat de céramique. IBM a voulu utiliser des circuits intégrés, mais il a finalement opté pour fabriquer en grande quantité, une série de 6 machines compatibles. Le 360 était destiné à toutes les applications tant scientifiques que de gestion. Une innovation majeure de la série 360 était l'utilisation de la microprogrammation pour résoudre les problèmes de compatibilité. Chaque modèle obtenait son jeu d'instructions de la ROM qui contient la microprogrammation. Le concept de microprogramme fut introduit par Vincent Maurice Wilkes, un des pionniers de l'informatique, celui qui en fait a construit le premier ordinateur du type de Von Neumann. Ce microprogramme fut utilisé dans le Ferranti Atlas. Un autre ordinateur britannique KDF a aussi utilisé cette technique. Le 360 établit de fait la microprogrammation comme standard ce qui sera repris plus tard chez les micro-ordinateurs.

Une autre innovation est l'utilisation des canaux d'entrée et sortie. Ce sont des processeurs indépendants qui s'occupent du transfert des informations entre la mémoire centrale et les périphériques. Ce qui permettra plus tard à IBM à vendre une série d'équipements périphériques indépendants du modèle de 360 acheté. La prolifération de périphériques incompatibles pour les anciennes plates-formes était la bataille amener avec le 360.

Le 360 fut un grand succès et se vendit très bien. Plus de 1000 unités ont été commandés pour le seul mois d'avril 1964 et en 1970 il y avait plus de 18.000 unités installées à travers le monde. L'architecture avait cependant des défauts qui seront corrigés à divers degrés au fur et à mesure qu'ils étaient décelés. Le problème le plus sérieux était l'absence d'adressage dynamique ce qui empêcha de pouvoir faire du time-sharing.

Quand IBM fit passer le 360 au 370 en 1970, son architecture fut améliorée avec un adressage dynamique en même temps que la mémoire virtuelle. Le nombre de bit adressable est passé de 24 à 36

dans sa version de 1981. L'architecture de base du 360 est toujours en utilisation dans les produits 43xx et 30xx, tous dérivés du système 360.

Le succès du 360 aiguisa l'émulation chez les concurrents. En 1965 RCA dévoila une série de machines, les SPECTRA compatibles au 360. L'avantage des SPECTRA est qu'ils étaient fabriqués avec des circuits intégrés au lieu des transistors utilisés par IBM pour le 360. Mais RCA n'a pas pu maintenir le cap et vendit son volet informatique à UNIVAC en 1971. A la même époque certains constructeurs ont commencé à remplacer les transistors par des circuits intégrés, les mémoires à tore de ferrite par des mémoires à semi-conducteur. Quelque temps après la livraison du 370, IBM se conforma aux circuits intégrés.

Comme les mémoires à semi-conducteurs sont volatiles contrairement aux mémoires à tore de ferrites, le 370 eut le besoin de stocker des microprogrammes d'une façon non-volatile. Les ingénieurs d'IBM inventèrent la disquette souple à cet effet. La disquette devient une découverte importante par la suite pour le développement des micro-ordinateurs.

DESSIN DU 360

DESSIN D'UNE DISQUETTE

Ce n'est pas seulement la notion de comptabilité qui fut largement copiée par les concurrents, mais en plus, IBM instaura le 8 bits pour représenter un caractère.

Cette troisième génération voit aussi l'avènement du STAR de CDC, des supercalculateurs Cray 1, de la série 6000 de CDC et de l'UNIVAC 1108. C'est aussi le début réel des mini-ordinateurs avec la série des PDP 11 de DEC qui sont vendus en grande quantité, le NOVA et SUPER NOVA de Data General. Le système d'exploitation Unix de Ken Thompson⁶⁴ inspiré du Multics commence à être développé en 1969. En 1970, le langage C de Denis Ritchie⁶⁵ et Brian Kernighan⁶⁶ est développé.

⁶⁴ Ken Thompson

⁶⁵ Denis Ritchie

⁶⁶ Brian Kernighan

Cette génération fut principalement marquée par la série 360 des ordinateurs IBM. La barrière entre ordination de gestion et scientifique se réduit. la caractéristique principale de cette machine est aussi l'évolutivité. Il est dès lors possible en changeant de processeur de maintenir les imprimantes, les unités de disque et les bandes magnétiques. Les développements restent aussi compatibles, il n'est plus nécessaire de réécrire son programme même si une partie de son matériel est changé.

Des concepts nouveaux furent peu à peu introduit: la multiprogrammation, le spooling, le temps partagé. Les mémoires en tore de ferrite sont peu à peu remplacés par les mémoires à semi-conducteurs.

4. Le quatrième génération: de 1971 à nos jours

La caractéristique principale de la quatrième génération est l'intégration à grande échelle des circuits qui donnés naissance aux microprocesseurs. Il est désormais possible de mettre plusieurs millions d'équivalent transistor sur un seul circuit intégré. Cette génération est caractérisé essentiellement par la révolution micro-informatique

3. La révolution micro-informatique

L'année ou l'ENIAC fut dévoilé, le transistor venait juste d'être inventé au laboratoire Bell par trois scientifiques William Shockley⁶⁷, Walter Brattain⁶⁸ et John Bardeen⁶⁹. Contrairement au tubes à vide fragile et gourmand en énergie, le transistor était à base de petits matériaux appelés semi-conducteur dont les plus connus sont le germanium et le silicium.

DESSIN DU TRANSISTOR

Le transistor avait comme fonction l'amplification, mais pouvait aussi servir de commutateur électronique. Le transistor malgré sa petite taille et sa faible consommation, nécessite cependant une interconnexions complexe parce que formé de trois éléments que sont l'émetteur, la base et le collecteur. Le nombre de connecteur est proportionnel au nombre

⁶⁷ Schokley

⁶⁸ Brattain

⁶⁹ Bardeen

de transistor, et plus le nombre de connections est élevé, moins est la fiabilité.

Pour une meilleure utilisation du transistor la recherche sur une meilleure fiabilité au niveau des connecteurs était la priorité au niveau de l'industrie électronique. La première solution fut proposée par G.W Dummer⁷⁰, un expert en radar au Royal radar Establishment of Britain. Présentant son documents à Washington D,C il disait: "avec l'avènement des transistors, et les travaux sur les semi-conducteurs en général, il est maintenant possible d'envisager des équipements électroniques en bloque solide sans connections avec des fils". Il poursuivit en disant que ce bloque pouvait être un substrat sur lequel on peut creuser les différentes connections.

Dummer a trouvé la solution qui sera plus tard connue sous le nom de circuit monolithique. Mais le prototype qu'il a fabriqué ne fonctionna pas correctement et ses recherches n'eurent pas d'échos favorables en Angleterre.

Ce n'est que six ans plus tard que les USA devraient réussir là ou Dummer n'avait pas connu de succès. Cette découverte catapulta l'ordinateur dans une nouvelle ère et fera de la région nord de Californie communément appelée Silicon Valley la capitale mondiale de l'industrie électronique.

Silicon Valley a démarré quand l'un des co-inventeurs du transistor, William Shockley quitta les laboratoires Bell pour retourner dans sa Californie natale et forma une entreprise de fabrication de transistors. Shockley commença à recruter les plus brillants et les plus ambitieux ingénieurs, parmi eux Robert Noyce. Cette année la, Shockley partagea le prix Nobel de physique avec Brattain et Bardeen. Shockley quoi que brillant scientifique n'était pas un bon gestionnaire. Quelques années plus tard certains ingénieurs le quittèrent pour rejoindre Fairchild semi-conducteur. De cette compagnie plusieurs autres ont vu le jour.

DESSIN D'UN CIRCUIT INTEGRE

A la même époque Jacky Kilby qui venait juste de démarrer à Texas Instrument avait la même vision que Dummer sur l'idée monolithique.

⁷⁰ Dummer

Pour lui il n'était pas nécessaire de faire des connections avec des fils ou avec des soudures, mais sur un seul substrat, on pouvait matérialiser les connections par des sillons.

Pour beaucoup l'idée de Kilby était une folie, mais il persista, et à son retour de vacance le circuit intégré était désormais une réalité. Kilby savait qu'il était théoriquement possible d'intégrer plusieurs transistors sur un bloc, mais la forme bombée du transistor qui était utilisé ne s'y prêtait pas. Ce problème fut résolu par John Hoerni⁷¹ qui inventa le transistor plat.

Quand Fairchild et Texas Instruments annoncèrent en 1959 le circuit intégré, peu de gens loin de l'industrie des semi-conducteur ne savaient pas ce que c'était et ce que devrait être son utilité. En plus pour certain, le circuit intégré était cher. Pour un circuit de quelques transistors il fallait payer cent vingt dollars.

Heureusement pour Fairchild et Texas Instruments les événements de l'autre coté du monde allaient changer cette perception. Nous vivions l'après seconde guerre mondiale, la période de la guerre froide. La concurrence entre les USA et l'ex URSS était très rude tant sur le plan diplomatique que sur le plan scientifique et technologique.

Le Satellite soviétique Spoutnik lancé en 1957 dans l'espace laissa les Américains perplexes et insécures. Le président John F. Kennedy⁷² face aux critiques intérieures et extérieures saisit cette opportunité et se proposa d'envoyer l'homme sur la lune et de le ramener en toute sécurité avant la fin de la décennie.

Pour relever ce défi, les scientifiques de la NASA ont recommandé que la navette chargée de faire cette mission devait avoir son propre ordinateur à bord. Comme il devait être suffisamment petit et autonome en énergie, cet ordinateur devrait être construit par des circuits intégrés.

Le projet Appolo à cause de son importance était le seul capable de propulser le développement des circuits intégrés. Les fonds de ce projet devrait encourager les industries à développer des circuits intégrés et à faire chuter les prix. Après quelques années le circuit intégré devint très

⁷¹ John Hoerni

⁷² John F. Kennedy

populaire. On peut le trouver désormais dans les chaînes HI FI, les postes radio, les missiles polaris, les fours micro-onde et les avions.

A chaque fois qu'une étape était franchie, cela encourageait les constructeurs de circuits intégrés, les poussant à augmenter de plus en plus l'intégration et la puissance. C'est ainsi que Gordon Moore⁷³ fut très célèbre en prédisant au milieu des années soixante que le nombre de transistors dans un circuit intégrés doublait tous les ans. Cette assertion connue sous le nom de loi de Moore s'est avérée correcte au fil des ans.

Au fur et à mesure que la complexité des circuits intégrés explosait, la population dans le Silicon Valley augmentait. Une douzaine de fabricants de semi-conducteur commencèrent à s'installer en commençant par les ingénieurs de Fairchild.

En 1969 l'homme marcha sur la lune et retourna en toute sécurité comme le voulait le défunt président Kennedy. La décision d'utiliser des circuits intégrés dans Appolo paya. L'ordinateur à bord était plus léger que les ordinateurs de sa génération, et contrairement aux autres ordinateurs de guide, il n'était pas prévu un système de secours car il n'y avait pas place à l'erreur.

Si les circuits intégrés ont rendu le programme Appolo possible, ce dernier a bien propulsé l'industrie informatique tant sur le plan financier que sur le plan de la recherche.

En dix ans le circuit intégré est passé d'une curiosité scientifique en un produit industriel qui n'équipe pas simplement les nouveaux produits électroniques, aussi le nombre croissant d'ordinateur. Son prix abordable a donné naissance à la prolifération des mini-ordinateurs plus petit et coûtant le dixième des mainframes, ce qui donna la possibilité au PME et PMI d'entrer dans l'ère de l'informatique.

Il était des lors clair que si la tendance continuait, l'ordinateur deviendra disponible un jour à tous. Mais beaucoup de personne se demandaient pourquoi un individu aurait besoin d'un ordinateur et d'ailleurs que fera t-il de cet outil. En dépit des avancées dans le domaine du matériel, l'utilisation qu'on faisait de l'ordinateur n'a pas beaucoup évolué.

⁷³ Gordon Moore

Beaucoup d'informaticiens pensaient que l'ordinateur était toujours une machine à traiter des données numériques.

Certains comme Ivan Sutherland⁷⁴ lorgnait le futur avec son sketchpad au Lincoln Laboratory du Massachusetts Institute of Technology. Ce programme élaboré en 1962 devient la première application du graphisme. Sutherland utilisant un TX-2 se mis devant son écran en dessinant avec un stylo optique. L'ordinateur pouvait dessiner de parfaits cercles, les couper et les coller à d'autres endroits à volonté. C'était une nouvelle façon de communiquer avec l'ordinateur. Le Sketchpad eut un effet négligeable sur la façon dont les ordinateurs sont toujours utilisés, et il y avait deux raisons à cela : Manipuler des textes et du graphique pouvait être facile pour l'homme, mais moins évident pour la machine qui avait besoin d'une grande mémoire et d'une unité centrale très rapide. Rares étaient aussi les scientifiques qui avaient accès à l'ordinateur du MIT, le TX-2. Le problème lié à la confection de programmes graphiques complexe, décourageait plus d'une personne.

DESSIN DU TX2

Bien que les langages évolués aient rendu l'ordinateur facile à utiliser, ils n'étaient pas encore conviviaux à cause du manque d'interactivité.

Robert Taylor⁷⁵ qui remplaça Licklider⁷⁶ à ARPA trouvant le traitement en lot inhumain, l'exprima en ses termes:

"Si le programmeur trouve l'ordinateur difficile qu'en sera t'il de l'homme ordinaire. Ecrire un programme à la main, le mettre sur cartes perforées et donner ces centaines, voir ces milliers de carte à un opérateur. Vous revenez le lendemain pour vous faire signifier que le programme s'était arrêté à la 4000 eme carte à cause d'une virgule oubliée. Vous recommencez tout, le lendemain on vous dira que le programme s'est arrêté à la carte 4007 parce qu'à la place de la lettre O vous avez tape le chiffre zéro."

La naissance du microprocesseur

⁷⁴ Ivan Sutherland

⁷⁵ Robert Taylor

⁷⁶ Licklider

En 1960 le marché des machines à calculer électronique était en pleine expansion, elles pouvaient traiter des fonctions scientifiques très complexes. Une société japonaise du nom de Busacom arriva aux Etats-Unis pour passer avec Intel un marché de calculatrice électronique. Le premier travail de Ted Hoof⁷⁷ qui venait d'être nouvellement recruté par Intel, était de concevoir une série de 12 circuits intégrés pour équiper la calculatrice de la compagnie Busacom.

Ted Hoof se posa cette question : "pourquoi 12 circuits intégrés? n'était-ce pas possible de combiner ces 12 circuits en un seul qui aurait la même puissance qu'un ordinateur, et de programmer le calculateur à volonté. L'élément de Hoof prit le nom de microprocesseur.

Mais comme pour le circuit intégré, les personnes physiques et morales, y compris Busacom ne mesurèrent pas de suite l'importance du microprocesseur.

Hoof se rappelle: "quand j'ai parlé de ma découverte aux ingénieurs japonais, ils n'étaient pas du tout intéressés, ils me répondirent qu'ils voulaient une calculatrice et rien d'autres".

Intel décida de continuer la fabrication de microprocesseur et en 1970, il construisit son premier modèle le 4004. Malgré les problèmes de jeunesse du microprocesseur, Robert Noyce⁷⁸ le directeur d'Intel prédit que le microprocesseur allait bientôt révolutionner l'industrie informatique.

DESSIN DU INTEL 4004

Ce qui était clair pour Noyce ne l'était pas pour les constructeurs d'ordinateurs. Beaucoup d'entre eux comme IBM et DEC avaient l'idée de fabriquer de petits ordinateurs à base de microprocesseurs, mais ils doutaient de l'existence d'un tel marché. Ils ne savaient pas non plus pourquoi un individu aurait besoin d'un ordinateur. S'il le désirait, il pouvait avec un terminal se connecter sur un ordinateur central et faire du time sharing.

Ce n'était pas seulement les dirigeants d'entreprises qui doutaient de la nécessité d'un micro-ordinateur, mais aussi certains techniciens. Un

⁷⁷ Ted Hoof

⁷⁸ Robert Noyce

jour un technicien demanda à Hoff comment réparer un microprocesseur une fois qu'il tombait en panne. La réponse de Hoff était simple et sans équivoque "le jeter et le remplacer par un autre comme on fait quand son ampoule est grillée". Le technicien fut très sceptique parce qu'il pensait que le microprocesseur ne serait pas aussi bon marché qu'une ampoule pour être jeté à la poubelle.

Tandis que les professionnels de l'industrie informatique rejetait l'idée d'utiliser le microprocesseur, il y avait les amateurs eux qui étaient très enthousiastes par cette découverte. Parmi eux Ted Nelson⁷⁹ qui a essayé d'éveiller les Américains sur ce que sera l'ordinateur dans les prochaines années. Il persuada les constructeurs de considérer le microprocesseur qui selon lui était l'invention la plus significative depuis l'imprimerie.

La passion idéologique de Nelson mêlée à la technicité du tout proche Silicon Valley l'embryon du mouvement informatique de la baie de San Francisco était près à exploser, mais il lui fallu une étincelle. Cette étincelle devrait venir d'une petite fabrique de calculatrice le MITS à Albuquerque au Nouveau Mexique.

En 1974 la guerre des prix de machines à calculer était entrain de ruiner MITS et son propriétaire Ed Roberts⁸⁰. Il était prêt à baisser les bras et dans un acte de désespoir, il décida de fabriquer un ordinateur avec le microprocesseur 8080 d'Intel qu'il se proposa de vendre à 500 dollars. L'Ordinateur de Roberts appelé ALTAIR était annoncé sur la couverture du magazine Popular Electronics de janvier 1975. Robert reçu beaucoup d'appels téléphoniques pour son ALTAIR qui le sauva de la faillite et fit de lui un fortuné de plus d'un quart de million de dollars.

DESSIN DE L'ALTAIR

L'ALTAIR n'avait ni clavier ni écran. Il n'était pas assemblé, les acheteurs le recevaient sous forme de kits. Il n'y avait pas non plus un programme et la seule façon de l'utiliser est de manipuler les interrupteurs frontaux montés sur la machine. L'ALTAIR ranima le mouvement informatique autour de San Francisco.

⁷⁹ Ted Nelson

⁸⁰ Ed Roberts

Une nuit de mars 1975, un groupe de passionné d'informatique se retrouvèrent dans le garage de Gordon French⁸¹ pour former une association dénommée Homebrew Club⁸². Ce club avait pour objectif entre autre de transformer l'ordinateur de Ed Roberts en révolution informatique. De vingt membres, le club augmenta très vite et pouvait facilement remplir un des auditoriums de l'université de San Francisco. Le club était très hétérogène, on y trouvait des ingénieurs, des professeurs, des étudiants, des entrepreneurs tous pressés de montrer leur propre ordinateur. Un des membres du club était Stephan Wozniak⁸³.

L'ordinateur était toujours trop cher pour que des individus puissent se le procurer. Pour Bob Taylor⁸⁴ la solution pour accéder aux ressources de l'ordinateur passait par l'utilisation du time sharing introduit au début des années 1960. Contrairement au batch, le time sharing permet à plusieurs utilisateurs de se partager le temps de travail de l'ordinateur grâce à un logiciel très performant qui joue de rôle de répartiteur.

Douglas Engelhart⁸⁵ en utilisant le time sharing créa ce que pourrait un jour devenir le micro-ordinateur. Avec les fonds de la Advanced Research Project Agency (ARPA), il développa une série de techniques et d'idées. En 1968 il présenta ses recherches à la conférence de San Francisco. Il choisit de ne pas dire à ses collègues ce qu'il fit, mais préféra plutôt le leur montrer. Connecté par onde courte à un ordinateur au centre de recherche de Menlo Park en Californie, il démontra sa version d'un ordinateur individuel à l'aide d'un très puissant logiciel. Sur la console il avait connecté un clavier et une unité périphérique appelée souris à cause de sa forme. Utilisant la souris, il fit une démonstration sur le traitement de texte et sur un document d'hypertext. Il pu aussi travailler avec certains de ses collègues situés à 30 km.

Engelhart pensait que sa démonstration allait convaincre le public et que des moyens supplémentaires lui seraient octroyés pour qu'il puisse réaliser son rêve. Mais il n'en était rien, le milieu de l'industrie

⁸¹ Gordon French

⁸² Homebrew club

⁸³ Stephen Wosniack

⁸⁴ Bob Taylor

⁸⁵ Douglas Engelhart

informatique n'était pas intéressé par ce qui allait être appelé ordinateur personnel.

Quelques septiques disait d'ailleurs que la démonstration d'Engelhart était trop onéreuse car elle se chiffrait à cent mille dollars et utilisait une puissance de calcul trop importante. Il était donc ridicule qu'une pareille technologie soit utilisée uniquement pour faire du graphisme et améliorer l'interface utilisateur.

D'autres recherches étaient en cours comme celle des laboratoires Rand à Santa Monica où on travaillait sur la reconnaissance des écritures en script en utilisant une tablette. Cette recherche est faite maintenant par beaucoup de constructeurs dans le domaine des PAD (Personal Digital Assistance).

Pour Engelhart le pire allait venir. Avec la guerre du Vietnam le département de la défense qui finançait tous les projets par le biais de ARPA avait vu son budget réduit considérablement. Une loi passée au congrès en novembre 1969, fit une coupe sur les fonds destinés aux activités de recherches dont celui de Engelhart. Son laboratoire allait par conséquent être fermé quelques années plus tard.

Si la vision de Engelhart n'eut pas d'impact sur l'industrie informatique en général, il capta néanmoins l'attention de Xerox. Plus qu'intéressé, Xerox était effrayé. Il tirait ses ressources de la reprographie, une technologie qu'IBM n'a pas voulu utiliser dans les années 1950. Cette technique consiste à photocopier de grandes quantités de documents. Penser à un bureau sans papier, où l'ordinateur se chargerait de déplacer l'information électroniquement donnait une certaine crainte au patron de Xerox, Peter Mac Cullogh.

Xerox qui n'avait pas beaucoup d'expérience dans le domaine de l'informatique fit deux choses. Premièrement, ils achetèrent une compagnie informatique qui battait de l'aile appelé Scientific Data System. Deuxièmement un acte très visionnaire et très courageux poussa Xerox à créer le Palo Alto Research Center (PARC) pour inventer un bureau sans papier et explorer ce que Mac Cullogh appela l'architecture de l'Informatique.

N'ayant aucune expérience sur la recherche informatique, il recruta Bob Tylor⁸⁶ l'ancien chef de projet de ARPA qui aida à recruter du personnel compétent.

De jeunes scientifiques comme Alan Kay⁸⁷, Larry Tesler⁸⁸, Butler Lampson⁸⁹, Chuck Thacker⁹⁰ et beaucoup d'autres de l'équipe de Engelhart furent recrutés. Leur challenge était de faire en sorte que l'ordinateur fut très convivial pour qu'il puisse être utilisé par tous.

Ces scientifiques au lieu d'utiliser la démarche de la science informatique, ont plutôt regardé du côté de la psychologie des enfants. L'un des références de Kay était Seymour Papert⁹¹ du MIT. Educateur et Informaticien émérite au Massachusetts Institute of Technology de Cambridge, Papert a travaillé pendant cinq ans avec le célèbre psychologue suisse Jean Piaget⁹² avant de développer son langage graphique pour enfant le LOGO. Si un logiciel pouvait créer des jeux vidéos ou de faire des dessins, ne pouvait-il pas être utilisé pour créer l'illusion d'un bureau avec corbeille, classeur de rangement et autres. Au lieu d'apprendre à faire des commandes compliquées, il serait plus simple de cliquer sur un bureau ou de glisser un fichier dans une corbeille. Tout doit fonctionner comme dans un environnement de bureau.

Au moment où Kay et Tesler s'occupaient du développement, des génies du matériel comme Chuck Thacker et Butler Lampson étaient entrain de construire un ordinateur personnel sur lequel ces produits logiciels allaient être testés. Cet ordinateur fut baptisé Alto. Contrairement à beaucoup d'ordinateurs son écran ressemblait à du papier. Il y avait des menus, des icônes, un pointeur et comme organe de pointage une souris. En 1973, Xerox mis au point une bonne partie sinon toute la technologie de base sur la quelle repose actuellement les micro-ordinateurs. Peu de temps après, il développa l'imprimante à laser, un traitement de texte très sophistiqué et le réseau Ethernet. Malgré tout cela Xerox n'a pas pu saisir l'opportunité pour exploiter

⁸⁶ Bob Taylor

⁸⁷ Alan Kay

⁸⁸ Larry Tesler

⁸⁹ Butler Lampson

⁹⁰ Chuck Thacker

⁹¹ Semour Papert

⁹² Jean Piaget

toutes ses inventions. Beaucoup n'identifie pas Xerox comme une société informatique, mais toujours comme la société de reprographie qu'elle était jadis.

Malheureusement pour les scientifiques de Xerox qui voulaient rapprocher l'ordinateur très près de l'utilisateur, leur patron subissait une forte pression sur les produits de xérogaphie. Menacé par concurrence japonaise, la direction pensait qu'il était risqué de commercialiser l'Alto. Les Scientifiques continuèrent à parfaire leur découverte croyant que la direction de Xerox reviendrait sur sa position pour commercialiser le produit, ce qui ne fut pas le cas.

DESSIN DE ALTO

Mais en dehors de Xerox les choses continuèrent à bouger. Non seulement la loi Moore du doublement de l'intégration tous les ans était une réalité, mais les passionnés de Silicon Valley ont produit entre temps beaucoup d'innovations qui avaient pour effet de contrecarrer le plan de Xerox. Ils commencèrent à construire des cartes pour l'ALTAIR. Des clubs comme le Homebrew se multiplièrent à Boston, Chicago, Trenton, New Jersey et ailleurs.

En août 1976, ces pionniers se retrouvèrent à Atlantic City dans le New Jersey pour une convention. Les compagnies vedettes étaient le MITS de Ed Roberts et une autre entreprise créée par Bob March⁹³ et Lee Felstein⁹⁴ appelé Processor Technology.

Dans un coin loin des vacarmes, un groupe de personnes débraillées étaient entrain de vendre des cartes sur une table. Deux d'entre eux deviennent synonyme de micro-ordinateur: Steve Jobs⁹⁵ et Steve Wozniak.

Wozniak construit un ordinateur rudimentaire sur un circuit imprimé. Sur proposition de Steve Jobs l'ordinateur fut baptisé Apple I. Job frappa à la porte de Intel pour voir ceux qui leur avaient fait la promotion de leur produit. Apprenant que la publicité de Intel avait été faite par la firme de Mac Kenna⁹⁶, ils y rencontrèrent Don William un

⁹³ Bob March

⁹⁴ Lee Felstein

⁹⁵ Steve Jobs

⁹⁶ Mc Kenna

des employés qui les mit en rapport avec un ancien d'Intel Mike Markulla⁹⁷.

Le binôme intéressa Markulla qui partit visiter le garage de Jobs. Il était impressionné par leur nouvel ordinateur Apple II. Markulla le regarda et dit "ceci est le premier ordinateur utile et accessible aux gens". Pour Markulla ces jeunes ne pouvaient pas créer et gérer une entreprise informatique malgré leur ingéniosité. Il les aida en mettant 90.000 dollars de son propre argent dans l'affaire et encouragea Jobs et Wozniak à quitter leur garage pour s'installer dans le Silicon Valley.

DESSIN DU APPLE I, II, III

Ce fut le début de l'empire d'Apple qui devint un modèle pour toutes les autres entreprises de micro-informatique.

Avec une bonne liquidité financière, les deux Stephan finirent le prototype de l'Apple II et en firent un ordinateur grandeur nature.

Wozniak, conçu la couleur graphique pour Apple. L'approche d'Apple commença à se démarquer de l'esprit du Homebrew club pour devenir de plus en plus professionnel et de plus en plus mercantile.

Tandis que beaucoup d'entreprises issue du Homebrew club avaient comme cible le marché des amateurs. Apple selon les mots de Markulla avait une autre approche. Il voulait faire un ordinateur que beaucoup pouvait utiliser, pas seulement les amateurs, mais aussi les professionnels et les universités.

Pour casser le marché des amateurs, il fallait redorer son image avec beaucoup de publicité. Ils repartirent s'adresser à Mc Keena et Markulla accepta de payer toutes les factures pour les trois premiers mois. Ensuite Markulla recruta des ingénieurs expérimentés y compris Mike Scott⁹⁸, le premier président d'Apple.

Jobs et Wozniak travaillèrent jour et nuit pour pouvoir dévoiler l'Apple II au West Coast Computer Fair qui devra se tenir au début du mois de mars 1977. Des centaines d'exposants montrèrent leur nouveaux produits informatiques, des ordinateurs et des logiciels, preuve que l'industrie micro-informatique était bien une réalité.

⁹⁷ Mike Markulla

⁹⁸ Mike Scott

Le nouveau Apple très convivial fut vendu à plusieurs exemplaires pour une valeur de 700.000 dollars en 1977 et en 1978 le chiffre de 7 millions de dollars fut atteint.

Mais Apple n'était pas seul sur le marché, il y avait d'autres comme Radio Shack et Commodore qui ont fabriqué respectivement le TRS 80 et le PET.

DESSIN DU TRS 80 ET DU PET

Pour survivre Apple devait grandir rapidement. Pour cela il devrait jouer la carte de la différence en introduisant la disquette souple. Les premiers micro-ordinateurs enregistraient leurs données et programmes sur des cassettes ordinaire utilisés pour la musique. Si ces cassettes n'étaient pas chères, elles n'étaient pas non plus fiables. Markulla suggéra à ce que Apple fabriqua son propre lecteur de disquette. Là où les autres utilisaient plus de cinquante circuits intégrés, Wozniak n'utilisa que 5 pour mettre au point le disk II. L'autre avantage de l'Apple II était sa mémoire de 48 KB là où les concurrents proposaient des mémoire de 4 KB (TRS 80). Ce qui manquait cependant dans l'euphorie était le logiciel. Sans lui l'ordinateur ne pouvait être que très limité sur son utilisation.

DESSIN DU DISK II

En 1979 un logiciel fut écrit par un étudiant et ses amis à la Harvard Business School. Ce logiciel, dénommé Visicalc, était un tableur graphique qui eut un succès presque immédiat, mais avait besoin d'un ordinateur comme l'Apple II pour tourner. La solution était donc là. Une estimation montra que la moitié des Apple II vendus était équipés du Visicalc. Les concepteurs de logiciel d'application proposèrent toutes sortes de produits comme les traitements de texte, les tableurs, les bases de données et des logiciels graphiques. Wozniak et Jobs voient leur rêve devenu réalité. L'ordinateur pour les gens était arrivé. Les ventes atteignirent 7 millions de dollars en 1979 et 48 millions en 1980. Ce chiffre doubla pour atteindre la barre des 100 millions de dollars. Quand Apple alla en bourse en 1980, 41 de ses employés devinrent instantanément des millionnaires.

Osborne⁹⁹ quant à lui fit de l'argent avec le portable Osborne I. En février 1980, un entrepreneur anglais, Clive Sinclair¹⁰⁰ lança un ordinateur personnel le Z3 suivi du Spectrum vendu à des centaines de milliers d'exemplaire.

DESSIN DU OSBORNE II

DESSIN DU SPECTRUM

Mais IBM, le géant de l'informatique était absent de l'arène de la micro-informatique. IBM qui se contentait de vendre des ordinateurs usuels destinés principalement aux travaux de gestion et scientifiques, décida d'entrer dans la course. Il le fit d'une façon non conforme à sa tradition, car le PC dévoilé en Août 1981 utilisait un microprocesseur étranger, le 8088 d'Intel. Le système d'exploitation fut confié à Microsoft et le design du PC à l'image du Homebrew club à fait l'objet d'une grande publicité à la presse. IBM fit appel à d'autres fabricants de cartes pour développer son architecture ouverte. Le prix de lancement du PC en 1981 qui était de 1365 dollars signala à la face du monde que le PC était le produit du futur. Même Apple qui lança réellement le micro-ordinateur et du reste son principale concurrent dans ce domaine, accueilli favorablement l'arrivée d'IBM à cause du caractère légitime qu'il conférait au PC.

En 1982 le PC fut élu par le time Magazine "l'homme de l'année" mais l'euphorie ne dura pas longtemps.

DESSIN DU PC D'IBM

L'année suivante (1982) l'industrie de la micro-informatique fut secouée. Adam Osborne fit faillite ; le successeur de l'Apple II, l'Apple III ne fut pas un succès de même que le PC Jr. d'IBM.

En fin 1983 l'ordinateur personnel était à son niveau le plus bas. Il l'était parce que survendu et que l'attente des utilisateurs sur le logiciel n'était pas là. Après cet échec, d'autres événements devraient remettre l'industrie sur les rails. Apple inventa le Mac Intosh en 1984, IBM introduit le Personal System (PS) équipé d'un bus MCA en 1987 et Microsoft introduit l'interface utilisateur Windows. IBM et Apple, jadis

⁹⁹ Adam Osborne

¹⁰⁰ Sinclair

concurrents acharnés, produisant des plates-formes incompatibles, créèrent en joint-venture avec Motorola en 1992 pour harmoniser leur plate-forme autour du Power PC.

DESSIN DU MAC

DESSIN DU PS D'IBM

Unix, un système d'exploitation multitâche et multi-utilisateur, jadis destiné aux ordinateurs usuels et aux mini-ordinateurs commence à équiper les micro-ordinateurs avec des interfaces utilisateurs graphiques comme le X-Windows. Intel introduit une série de nouveau Microprocesseurs les 40xx et le Pentium. Le multimédia qui est technologie alliant le son, l'image et le texte, est introduit dans tous les micros à cause de la puissance des microprocesseurs. La notion d'autoroutes de l'information introduite ces dernières années devrait rendre le PC de plus en plus populaire.

La tendance du futur est à l'augmentation en puissance des ordinateurs, à la baisse des coûts et des dimensions, à une grande convivialité et à l'émergence de grands réseaux mondiaux comme internet où tous les ordinateurs devront être connectés. On parle déjà d'ordinateur moléculaire.

Peut-être assisterons nous un jour à la disparition de l'espèce ordinateur qui sera remplacé simplement par de petits dispositifs communicants très discrets qui seront avec nous partout, dans les voitures, les montres, les téléphones, les lieux publiques, les administrations, de sorte qu'un autre néologisme sera nécessaire pour désigner ses objets.

E. LES CATEGORIES D'ORDINATEURS.

Les ordinateurs sont classés de haut en bas à partir des supercalculateurs, des ordinateurs usuels ou mainframes, des mini-ordinateurs, des stations de travail et des micro-ordinateurs. D'autres catégories peuvent se développer entre celles-ci rendant ainsi la classification très floue. Certains constructeurs propose des super-mini, d'autres des mini-calculateurs, d'autre parlent même de small frame pour désigner des mini-ordinateurs haut de gamme.

Cette classification n'a commencé à exister que pendant les années soixante-dix, car avant cela certaines catégories comme les micro-ordinateurs et les stations de travail n'existaient pas.

Les ordinateurs se différencient aussi bien par leur fonctionnalité que par leur prix. L'architecture, la capacité mémoire, la vitesse de traitement, le marché ciblé, les logiciels utilisés sont aussi des facteurs qui entrent en jeu dans la classification des ordinateurs.

1. Les ordinateurs avec une compatibilité ascendante.

Une autre façon de classification est apparue ces derniers temps, la compatibilité ascendante. Ceci consiste à une famille d'ordinateurs de puissance différente qui parviennent à faire tourner les mêmes logiciels et à utiliser les mêmes périphériques. Étant donné que le logiciel occupe une partie importante dans un système informatique, la compatibilité permet à l'acheteur d'amortir ses investissements d'une façon optimale en changeant de configuration et en maintenant le logiciel. Cela permet aussi d'encourager le développement de logiciels par de tierces parties, spécialement pour la catégorie des micro-ordinateurs.

La première famille des ordinateurs compatibles sont les Transac 2000 modèle 210, 211, 212 de Philco commercialisés entre 1958 et 1964. Philco fut par la suite vendu à Ford, qui quitta à son tour l'industrie informatique. IBM 360 introduit en 1964 est le premier système commercial compatible dont 7 sont annoncés en même temps et que le client en fonction de ses besoins pouvait faire un choix. La série UNIVAC 1100, les Burroughs 5000, la série des Cyber de CDC, les Vax de DEC, la série de 80xx et des Motorola 68xx sont des séries compatibles.

Le fait de vouloir maintenir la compatibilité, freine le développement de nouvelles architectures. Cependant des avancées notoires sur la technologie des circuits force à la modification des architectures pour en tirer de meilleurs avantages. Mais une conception très robuste devrait permettre d'absorber les évolutions de circuits et les incorporer tout en maintenant la compatibilité du logiciel. La série IBM 360 utilisait des circuits hybrides, des mémoires à tore de ferrites et travaillait en batch. Au fil du temps IBM remplaça les circuits hybrides par des circuits

intégrés, des mémoires à semi-conducteurs et travaillait en timesharing, avec d'autres innovation technologique tout en maintenant la compatibilité logicielle. Le résultat ce cette mutation était un franc succès commercial rendant IBM très compétitif jusqu'aux années 1990.

Le fait de laisser tomber une architecture au profit d'une autre est un défi constant lancé aux constructeurs. Quand ils choisissent une nouvelle architecture, leurs directions prennent un pari sur la future conception. L'histoire de l'informatique moderne est pleine d'exemple de ceux qui attendu trop longtemps pour épouser une architecture, et ceux qui se sont lancés très trop sur une architecture nouvelle.

2. Les classes d'ordinateur

Nous allons faire une brève descriptions des catégories d'ordinateurs en fonction des technologies utilisées et de leur type d'architecture.

a. Les ordinateurs usuels ou mainframes

Les ordinateurs usuels ou mainframes sont des ordinateurs utilisés principalement en gestion. Ils peuvent supporter plus d'une centaine de terminaux, des bandes magnétiques, des disques magnétiques, des imprimantes de grandes vitesse et d'autres périphériques déportées ou locales.

Parmi ses ordinateurs nous pouvons distinguer la série 43xx d'IBM, le DPS 7000 de Bull, la Série A d'Unisys.

b. Les mini-ordinateurs

Le terme mini-ordinateur fut inventé en 1960 par les ingénieurs commerciaux de Digital Equipment Corporation en voulant décrire le PDP-8. Le terme avait deux significations: Une formelle et une informelle.

Du point de vue formelle le mini-ordinateur était un ordinateur à faible coût, de taille réduite et devant être utilisé par un individu, une PME/PMI ou pour des applications dédiées. Cette conception fut exprimée dès 1952, quand plusieurs constructeurs introduisirent des ordinateurs destinés à ce marché. Mais produire un ordinateur avec des performances adéquates était la question. La première génération des mini-ordinateurs comme le Bendix G15, ALWAC II-E et le Librascope LGP-30 étaient bon marché à cause des mémoires à tambour qu'ils

utilisaient, mais qui étaient incapables de faire des transferts rapides de données. Cette faiblesse de la vitesse faisait que ces systèmes étaient incapables de faire du contrôle de processus ou de faire d'autres applications où on attendait des mini-ordinateurs.

Une définition plus spécifique reconnaît les contraintes qu'il faut surmonter pour avoir un ordinateur compact, bon marché et utile. Selon cette définition un mini-ordinateur doit être compact, avec une mémoire à accès aléatoire, une structure interne caractérisée par un mot court et diverses variétés d'adressage mémoire. La définition exigeait aussi que le mini-ordinateur devrait, à cause de sa compacité, tenir sur un raque de la taille d'un meuble de rangement. Cette définition avait un sens au moment où les premiers mini-ordinateurs apparurent. Les mini-ordinateurs viennent maintenant sous plusieurs tailles.

Le WHIRLWIND du MIT terminé au début des années 1950, utilisait un mot de 16 bit et devait être un ordinateur de traitement en temps réel. Il était abrité dans plusieurs salles dans un bâtiment du campus du MIT, et sa configuration initiale utilisait les tubes électrostatiques sensitifs comme mémoire. Comme telle, il pouvait difficilement être considéré comme un mini-ordinateur, même si elle avait presque toutes les caractéristiques fonctionnelles. Beaucoup d'étudiants, d'enseignants et de chercheurs qui ont travaillé sur le WHIRLWIND, sont devenus les pionniers de l'industrie de la mini-informatique localisé sur le technopôle de la route 128 sur la banlieue de Boston.

En 1960, Contrôle Data introduit une machine transistorisée d'un mot de 12 bit appelé CDC 160. Le 160 était un ordinateur entier et pouvait par sa compacité entrer dans la définition de mini-ordinateur. Contrairement au WHIRLWIND, il était très compact et pouvait tenir sur un bureau normal. Le 160 et le 1604 se vendirent bien et contribuèrent à donner à CDC une bonne stabilité financière en faisant de lui un grand constructeur informatique. La compagnie continua à développer de petites machines, mais concentra son effort sur la rapidité et les mots longs pour les machines qui seront plus tard appelés des super ordinateurs dont le 160 était devenu un canal d'entrée et sortie. Ce qui l'élimina de facto sur la famille de mini-ordinateurs.

Le PDP-8 de Digital annoncé en 1965 était la bonne. Jusqu'à cette période, DEC a fabriqué et vendu des ordinateurs de longueur de mot

varié comme le PDP 6 de 36 bit devenu plus tard PDP 10 qui était un mainframe utilisé dans l'environnement du time sharing. Mais le succès de l'ordinateur de 12 bit, le PDP 8 représentait réellement la définition du mini-ordinateur donnée plus haut. Le succès du PDP 8 éveilla d'autres constructeurs comme Variam, Hewlett Packard et Computer Automation. Data General formée par d'ex-employés de Digital sortit un mini-ordinateur de 16 bits le Nova au début de 1969 et devient vite le principal concurrent de DEC. Le Nova avait un simple jeu d'instructions et était le premier à utiliser les circuits à moyenne intégration (MSI). Il introduit la tendance des minis ayant un mot multiple de 8. En 1970 DEC suivi avec la série des PDP 11 de 16 bits.

Les caractéristiques essentielles des mini-ordinateurs attirèrent ceux qui étaient appelés OEM (Original Equipment Manufacturers), qui achetaient des mini et leur donnaient un autre habillement pour faire d'eux des systèmes spécialisés en bureautique, contrôle de processus ou d'autres applications dédiées.

Avoir aussi d'autres développer des logiciels et des périphériques était le fort des mini-ordinateurs. Beaucoup de constructeurs de gros systèmes comme IBM développèrent des mini pendant cette période mais ce sont les nouveaux fabricants de taille moyenne qui ont propulsé l'industrie.

Le mini-ordinateur type était microprogrammé et utilisait un bus pour le transfert électronique interne des données. Pour accéder à plus de mémoire que les mots de 12 et 16 bits ne pouvaient pas adresser, l'architecture fit recours à la notion de registre pour un adressage de base, un adressage direct, indexé et différé. Ces concepteurs utilisaient d'une façon optimale, l'intégration à moyenne échelle et les circuits logiques qui commençaient à être disponibles.

Le ratio coût/traitement était très élevé et les clients n'attendirent pas longtemps pour les utiliser comme des ordinateurs à usage général, ce qui exigea plus de mémoires adressables en dépit du mode d'adressage utilisé.

Inter Data, Systems Engineering Laboratories et Prime ont introduit des mini-ordinateurs de 32 bits au milieu des années 1970. Ces machines deviennent vite populaires avec la NBS et d'autres clients de l'aérospaces qui avait besoin d'une bonne puissance de calcul pour faire

de la CAD/CAM et du temps réel. DEC réagit en 1978 avec la série des Vax-11 de 32 bits et une extension d'adresse virtuelle au PDP -11. Data General à son tour annonça l'Eclipse MV/8000 en 1980.

Ces mini-ordinateurs ont la même longueur de mot que les ordinateurs de la série 360 d'IBM. Au début ils étaient appelés super-mini, mais au fur et à mesure que les ordinateurs de 12 et de 16 bits devinrent rares, cette distinction devint inutile. Il y avait toujours une différence entre le jeu d'instructions des minis et l'utilisation des bus au lieu des canaux d'entrée et de sortie de gros systèmes.

Les ventes de Vax dépassèrent celle de tous les autres mini et il devient l'ordinateur le plus réussi de son époque. Cette réussite était du en partie au portefeuille client de DEC, mais aussi la compatibilité logicielle avec la série des PDP-11. Aussi il y avait le fait que le Vax pouvait former un réseau Ethernet développé par Xerox et que DEC choisit en 1980. Le Vax avait en plus deux bon systèmes d'exploitation le VMS (Virtual Memory System) de DEC et Unix développé par AT&T et offert originellement sur les PDP-11. La combinaison d'une bonne conception, de bons circuits pour les mémoires et de bons logiciels ont permis à Vax de compétir avec les plus gros ordinateurs dont le design commençait à être obsolète vers les années 1980.

Le succès du Vax suit celui de l'IBM 360 qui grâce à la microprogrammation pouvait utiliser sur plusieurs plate-formes de la série les même logiciels. DEC continua avec le Vax en proposant plusieurs modèles jusqu'en 1990, mais sa domination est menacée par les micro-ordinateurs de 32 bits.

c. Les Supercalculateurs

A plusieurs occasion de l'histoire de l'informatique, il a souvent été question de pousser les recherches pour avoir les systèmes les plus performants. Cette tendance remonte des efforts de Charles Babbage avec sa machine analytique après avoir abandonné en 1834 sa machine différentielle jugée moins performante. Ce même désir anima aussi les plus grands pionniers de la fin des années 40 et du début des années 50.

En 1954 IBM construit un ordinateur très rapide appelés NORC (Naval Ordnance Research Calculator) pour le Naval Proving Ground à

Dahlgren en Virginie. John Von Neumann pendant son inauguration parla d'une avancée significative sur la vitesse de traitement.

Le STRETCH d'IBM en 1961 et le LARC d'UNIVAC de 1960 était tous de cette catégorie. Vers la fin des années 60 Burroughs construisit l'ILLIAC-IV, une machine parallèle basée sur la conception de Daniel Slotnik de l'université d'Illinois. Ces ordinateurs étaient bien appréciés par les clients, mais occasionnaient des pertes terribles pour les constructeurs, même avec les subventions de l'état.

Control Data devrait trouver la voie pour fabriquer des supercalculateurs fiables et les vendre à profit. La machine qui rendra les supercalculateurs populaires était la série des 6600 conçu par Seymour Cray en 1964. Le CDC 6600 avait un mot de 60 bits autour duquel étaient rangés des contrôleurs de 12 bits avec 4 KB de mémoire. Il y avait physiquement un seul processeur, un bon timesharing donnait l'impression à l'utilisateur qu'il était devant 10 processeurs indépendants. Il avait aussi un processeur pour s'occuper des calculs à virgule flottante. Les circuits logiques qui avaient un avantage certain sur les transistors en terme de vitesse venaient d'être disponibles et CDC les utilisa en paquets très denses appelés cordwood.

Le 6600 n'utilisa pas les microcodes, mais plutôt un répertoire d'instructions. Il ressemblait aux tous premiers ordinateurs comme le Mark I (1944) et l'ENIAC (1945). Seymour pensa à un répertoire d'instruction très *clairsemé* ce qui devait conduire à l'Architecture RISC.

Le Cray 1. Control Data remplaça le 6600 par le 7600 en 1969 et produit un supercalculateur incompatible appelé STAR. Cette dernière était capable de faire un traitement parallèle sur des vecteurs de données une technique utilisée sur le Advanced Scientific Computer de Texas Instrument. A cette époque Seymour Cray quitta Control Data pour former le Cray Research qui avait pour but de créer des ordinateurs plus rapides.

En 1976 Cray Research annonça le Cray-1 délivré en mars à Los Alamos National Laboratory. Le premier test montra qu'il était 10 fois plus rapide que le 6600. En dehors de la vitesse, la différence fondamentale qui existait entre le 6600 et Cray-1 est que ce dernier

pouvait traiter aussi bien les données scalaires que les données vectorielles.

Pour atteindre une grande vitesse, le Cray-1 inventa une nouvelle méthode de packaging. L'ordinateur utilisait 4 types de circuits intégrés, chacun contenant quelques transistors ECL. Les circuits étaient assemblés densément et arrangés en trois quarts de cercle pour réduire la longueur des interconnexions. Ils étaient soudés à la main. Les modules étaient refroidis par un liquide de fréon qui circulait à travers un canal d'aluminium qui contenait les cartes. De grandes alimentations étaient situées sur le bas de chaque colonne. Le design n'avait pas pour simple but de faire un ordinateur rapide, mais aussi un ordinateur compact et d'une forme originale.

Le Cray coûta au alentour de \$5 millions. Il était bien vendu et la compagnie prospéra. Contrôle Data continua à vendre d'autres supercalculateurs pendant quelques années avant de se retirer de ce marché.

L'annonce du 6600 a été contré par IBM avec son 360 modèle 91 en 1967 qui n'était pas un succès commercial. Vers la fin des années 1980, IBM offre un ordinateur 360/370. Cray Research annonça le Cray X-MP, un ordinateur multiprocesseur de son Cray de 1982. Le Cray-2 de 1985 fut suivi du Cray Y-MP en 1988.

Au début des années 1960, les supercalculateurs se sont affirmés comme une classe d'ordinateur, plutôt que des ordinateurs spécialisés pour un certain type de travail. La persistance et l'ingéniosité de Seymour Cray a beaucoup contribué à cela. Bien que cette classe fut très stable, le design dépend de la préférence de chaque constructeur. Contrairement à Cray, Thinking Machine Inc. de Cambridge, Massachusetts introduit un ordinateur au milieu des années 1980 appelés connection machine caractérisé par une architecture parallèle très massive. Tous les concepteurs sont d'accord qu'un certain niveau de traitement vectoriel et un parallélisme sont nécessaires, mais le degré dépendant de chaque constructeur.

Les applications des supercalculateurs

Certaines applications requièrent des ordinateurs extrêmement puissants en raison de la masse impressionnante de données à traiter. Par exemple

la simulation de l'écoulement de l'air autour du profil de l'avion nécessite quelque cinq milliards d'opérations. Pour mener ce calcul en temps raisonnable il faut construire des ordinateurs qui peuvent atteindre la puissance de plus d'un milliard d'opérations par seconde. Ces ordinateurs sont destinés pour la plupart du temps aux calculs scientifiques. Ils ont la particularité d'avoir une architecture parallèle, une taille mémoire très forte. L'accent n'est cependant pas mis au niveau des unités de stockage. Les domaines d'application sont la prévision météorologique, la simulation, la recherche nucléaire, la recherche pétrolière, la dynamique des fluides, l'aéronautique, l'océanographie, la mécanique quantique, l'astrophysique, l'économétrie, la chimie, la cristallographie, etc.

Les principaux constructeurs sont les Cray Research¹⁰¹, NEC FUJITSU et HITACHI. Des supercalculateurs plus petit appelé mini-supercalculateurs sont proposé par des constructeurs comme FPS (Floating Point System), Convex, Alliant, Culler Scientific Systems, Ametek et Loral.

DESSIN DE SUPERCALCULATEURS

d. Les micro-ordinateurs.

Il été noté pendant les années soixante une baisse progressive du prix des ordinateurs de même qu'une miniaturisation très poussée. Cette tendance selon le milieu des affaires pouvait ouvrir le marché à de nouveaux clients qui n'auraient jamais pensé prospérer pour les premières générations.

Vu sous cet angle et compte tenu de l'évolution de l'industrie électronique pendant les années soixante, tout était réuni pour que l'industrie informatique introduise le micro-ordinateur. La réalité cependant fut plus complexe car l'invention de l'ordinateur individuel

Le premier super-ordinateur ou supercalculateur commercial, le Cray I fut crée sous la direction de Seymour Cray en 1976. il comportait 200 000 circuits intégrés, était refroidi au fréon et pouvant effectuer 150 millions d'opération par seconde. Steve Chen, un Taiwanais émigré aux USA a conçu en 1982 le premier ordinateur au monde doté d'une architecture parallèle, le Cray X-MP. Le Cray Y-MP présenté en 1988 qui peut effectuer plus de deux milliard d'opérations par seconde équipe actuellement la NASA, l'EDF. En 1992 le C90 de CRAY est commercialise pour la somme de 30 millions de dollars US soit près de 9 milliards de FCFA. Il est installé au CERN.

est le résultat d'efforts constants d'individus qui avaient une vision totalement différente de celles des constructeurs qui existaient alors.

La compréhension de l'invention du micro-ordinateur et de son évolution doit commencer avec la compréhension de la composante sociale et technique d'un vrai ordinateur personnel.

Certains des premiers ordinateurs électroniques des années quarante fonctionnaient comme des ordinateurs individuels parce qu'ils étaient manipulés par une seule personne à la fois. Les potentiels utilisateurs devraient faire la queue et attendre leur tour, mais il n'y avait ni superviseur, ni opérateur entre eux et la machine.

Le mode d'utilisation et le coût sont caractéristiques des ordinateurs individuels. Pendant la troisième génération le contrôle et la supervision des ordinateurs était confié à des spécialistes et des techniciens. L'utilisation avait l'impression que toutes les ressources de l'unité centrale lui sont allouées moyennant quelques procédures administratives.

Vers la fin des années soixante la fabrication de semi-conducteurs mettait de plus en plus de composants sur un seul circuit intégré de silicium. Vers les années 1970, cette accélération donna naissance à de nouveaux produits de consommation comme les montres, les jeux et les machines à calculer. Une machine à calculer de quatre fonctions pouvait facilement coûter 100 dollars. HP introduit avec succès le HP-35 pouvant faire des calculs à virgule flottante au prix de 395 dollars. A DEC, Xerox et HP, il est question un jour de fabriquer et de vendre des ordinateurs à usage individuel, mais l'écho dans le milieu professionnel n'était pas favorable.

A la même époque les radioamateurs ont multiplié des articles sur l'utilisation des circuits intégrés TTL pour fabriquer les outils sophistiqués. En 1970 la possibilité de fabriquer un micro-ordinateur devrait venir d'en haut avec les mini devenus de moins en moins chers et d'en bas avec les calculateurs programmables et les kits des amateurs.

En 1973 il y avait de rares visionnaires qui avait compris que la technologie des circuits intégrés allait résoudre la tyrannie des nombres, mais aussi devrait permettre la possibilité de fabriquer de petits ordinateurs d'un coup très abordable. Ces ordinateurs devraient être

utilisés par les individus dans les maisons et les bureaux. La voie était tracée par les amateurs et les enthousiastes de l'informatique.

Pour certain, cet espoir ne fut pas raisonnable parce qu'au début des années 1960, des ordinateurs comme le PDP-8 de DEC était en fait aussi petit et aussi compacte que le PC des années 1970 et plus tard le PC d'IBM, mais n'était pas pour autant un micro-ordinateur.

En 1971 le MICRAL considéré comme le premier micro-ordinateur est née des travaux du français François Grenelle¹⁰². Ensuite André Truong Trong¹⁰³ fabriqua le premier micro-ordinateur à processeur unique baptisé Micral. Le deuxième micro-ordinateurs était le Kenbeck annoncé dans un journal de Scientific American en 1973 puis suivi du Compupro de Godbout¹⁰⁴ qui utilisa le bus S 100 de l'ALTAIR. La machine de Godbout fut d'une construction très robuste et était destinée au milieu professionnel pour effectuer du traitement commercial. Toutes les séquences du film "la guerre des étoiles" ont été réalisées avec le Compupro de Godbout. Le traitement de texte était le tout premier logiciel utilisé sur ses ordinateurs.

DESSIN DU COMPUPRO

DESSIN DU MICRAL

C'est l'ALTAIR de Edwards Roberts proposé en décembre 1974 qui a vraiment retenu l'attention du monde informatique et fait démarrer le mouvement des micro-ordinateurs. En 1975 IBM construisit le 5100 avec une distribution restreinte et confidentielle. APPLE II de Steve Jobs et Stephen Wosniak arrive en 1977. Le boom des micro-ordinateurs commença le 21 août 1981 lorsque IBM lança son premier PC crée par une équipe dirigée par Philipp Estridge¹⁰⁵. Cet ordinateur devint un véritable standard dans le monde entier.

Mais l'histoire des micro-ordinateurs ne s'arrêtera pas là. En 1984, le Macintosh est née des travaux de Steve Jobs sur le LISA en 1983. AMSTRAD, deux fois plus rapide que le PC d'IBM, et trois fois moins cher que ce dernier ouvrit la voie aux utilisateurs familiaux.

¹⁰² François Grenelle

¹⁰³ André Truong Tong

¹⁰⁴ Godbout

¹⁰⁵ Philip Estridge

DESSIN DE LISA

DESSIN DE AMSTRAD

Ces PC devinrent tellement copiés que le 2 avril 1987 IBM a voulu changer de stratégie en proposant le PS/2 (Personal System). Pour cela un système d'exploitation le OS/2 devrait être développé conjointement par Microsoft et IBM, mais ce système n'a pas pu s'imposer dans le marché, la bande des neufs lui ayant opposé un veto.

DESSIN DU PS/2

DESSIN DU NEXT

En 1989 Steve Jobs qui quitta Apple en 1985, créa le NEXT avec le microprocesseur Motorola 68030.

Le micro-ordinateur continue sa montée en puissance avec les processeurs 80286, 80386, 80486 et Pentium de Intel ainsi que la série 68xxx de Motorola. Le Power PC conçu dans les laboratoires de Motorola en collaboration avec IBM et Apple est entrain d'équiper certains micro-ordinateurs.

Les micro-ordinateurs qui ont marqué cette catégorie.

Le micro-ordinateur Osborne - Conçu par Adam Osborne et fabriqué par Lee Felstein¹⁰⁶, le Osborne est le premier micro-ordinateur portable commercialisé en paquet avec un logiciel de traitement de texte, un tableur, une base de données et des jeux. Les logiciels utilisés sur le Osborne étaient les plus évolués de l'époque. Comme pour le Compupro de Godbout, Osborne fonctionnait avec le système d'exploitation CP/M écrit par Garry Kidall¹⁰⁷ au début des années 1970. Bien qu'écrit pour des programmeurs, le CP/M était d'un usage très facile ce qui fait qu'il équipa tous les ordinateurs fabriqués de 1976 à 1980 avant d'être remplacé à partir de 1981 par le DOS de Microsoft.

Le TRS-80 de Tandy fut introduit en même temps que le PET de Commodore et l'Apple II comme ordinateurs prêts à l'utilisation. Contrairement aux ordinateurs fabriqués en kits, ces derniers étaient totalement montés et testés et prêts à être employés. Ils étaient tous

¹⁰⁶ Lee Felstein

¹⁰⁷ Gary Kidall

venus avec un Basic intégré en ROM et un manuel d'utilisation pour le langage écrit par David Len. Le TRS 80 n'eut pas de lampes témoins, la configuration comprenait un clavier une unité centrale et un écran.

DESSIN DU TRS 80

DESSIN DU PET DE COMMODORE

L'Apple II. Annoncé en 1977, l'Apple II a survécu jusqu'au milieu des années 80 sous diverses formes ce qui fait de lui l'ordinateur qui a battu tous les records de longévité. Sur beaucoup de plan, L'Apple II était un exemple modèle d'ordinateur. Il avait une architecture ouverte, un prix de vente flexible, il a encouragé le développement de logiciel et de cartes par de tiers personnes. En plus l'Apple était vendu avec un écran en couleur d'une bonne résolution.

DESSIN DE L'APPLE II

Le Commodore 64 - Introduit pendant le printemps de 1982, le commodore devint l'ordinateur le plus populaire pour les foyers. Cela est d'une part dû à sa haute technicité, mais aussi de la façon dont il a été commercialisé dans toutes les boutiques informatiques, les grandes surfaces et les boutiques de jeux. Le commodore 64 n'était pas cher et présentait un écran d'une bonne résolution.

En plus des micros qui fonctionnaient sous CP/M , il y'avait un bon nombre de micro-ordinateur avec des systèmes d'exploitation propriétaire qu'on appelait incompatibles.

DESSIN DU COMODORE 64

Le PC d'IBM fut annoncé en août 1981, et cela fut particulièrement significatif en ce sens que son entrée devrait donner une certaine légitimité et une certaine crédibilité à la micro-informatique. A la surprise de tous, IBM utilisa des composants standards, une architecture ouvertes comme celle de l'ALTAIR et de l'Apple II. En plus IBM encouragea le développement de cartes et de logiciels par de tierces entreprises. Cette ouverture alliée, à la rigueur et à la réputation d'IBM ainsi que la qualité de son service a permit l'introduction de la culture informatique. Le PC d'IBM devint le micro-ordinateur le plus vendu de son temps.

Le Mac Intosh d'Apple - Le Projet Mac Intosh fut initié et dirigé par Steve Jobs au moment où les finances d'Apple n'étaient pas au beau fixe. L'équipe de Job a travaillé pendant quatre ans pour produire le Mac. La version originale baptisée LISA avait une mémoire limitée et était relativement lente. Son interface utilisateur était cependant très conviviale, ajoutée à l'aura générale d'Apple faisait d'elle la machine préférée des enseignants et des étudiants des universités. Dans tous les cas les ventes d'Apple II étaient très importantes pour supporter le Mac jusqu'à ce qu'il soit éprouvé. Le facteur le plus déterminant sur la percée du Mac est le développement de la Publication Assistée par Ordinateur (PAO). Cette application augmentera la crédibilité du Mac dans le milieu professionnel, propulsant ainsi les ventes.

La Socialisation de la Micro-informatique.

Bien que l'ordinateur ne fut pas vendu sous forme de kit, les micro-ordinateurs étaient toujours relativement cher et la documentation pauvre. Une anecdote disait que les micro-ordinateurs n'étaient pas livrés, ils étaient déposés devant votre porte pour caractériser l'aspect inachevé du produit. A cause de ce goût qui semblait inachevé, les utilisateurs se regroupèrent en clubs et associations pour s'entre aider et développer la culture informatique. La plus grande association d'utilisateurs fut créée par Jonathan Rotenberg à Boston alors qu'il n'était âgé que de 13 ans. Le Boston Computer Society aida beaucoup ses membres à parfaire leur connaissance dans ce domaine depuis 1977. D'autres lieux de rencontres comme les conférences, les exhibitions, les foires qui donnèrent l'occasion aux constructeurs de faire des démonstrations sur le matériel et leur logiciel.

e. Les stations de travail

Au début des années 80 un certains nombres de fabricants mirent sur le marché une série de machines dont l'architecture était opposée à celle de la série 360 d'IBM, du Vax de DEC et de la série 80xx d'Intel. Au lieu d'utiliser les jeux d'instructions complexes, ces stations de travail l'ont préféré aux jeux d'instructions réduits dénommé RISC (Reduced Instructions Set Computers). Cette technique consiste à utiliser un petit nombre d'instructions couplées à des registres très rapides. Ces stations de travail sont destinées à un usage personnel, donne une excellente résolution graphique, une grande puissance de calcul et des possibilités

de réseau. C'est ainsi qu'ils sont classés comme micro-ordinateurs de très haut de gamme. Leur performance se situe à l'échelle inférieure des supercalculateurs, mais leur prix varie entre 10.000 et 100.000 dollars. Parmi les plus connus, nous pouvons citer:

Le Sun -1 . Dès le départ les applications d'ingénierie ont vite décelé les limites de l'ordinateur. La principale préoccupation de l'ordinateur était premièrement le calcul et deuxièmement le traitement graphique et la conception d'ouvrage. Avec la montée en puissance des microprocesseurs, il était envisageable que les ingénieurs puissent avoir leurs propres machines pour des besoins techniques. En utilisant des processeurs très rapides, des mémoires très importantes et des écrans de bonnes résolutions, les ingénieurs ont établi un nouveau standard pour cette technologie. La première compagnie à réaliser ce rêve est Sun Microsystems qui mis sur le marché le Sun 100 en 1984. Depuis plusieurs constructeurs ont suivi.

Pendant les années 1990 le micro-ordinateur devient de plus en plus puissant avec des processeurs de 32 bits (Intel 486, Pentium, Motorola 68xxx et Power PC)

Il n'est pas rare de trouver plusieurs gigabytes de mémoire de masse et des mémoires de base de 16 à 128 MB sur les stations de travail. Ces ordinateurs sont ouverts aux systèmes d'exploitation multitâches comme Unix. L'interface utilisateur graphique (GUI) comme le multifinder de Mac, le Windows de Microsoft ont favorisé l'émergence d'une gamme d'application comme le multimédia et la réalité virtuelle.

f. La Tendence Futur

La tendance est à l'interconnexion des réseaux de micro-ordinateurs et des stations de travail. Si cela devait arriver, toutes les classes d'ordinateurs seraient subordonnées à cela. Les ordinateurs usuels sont spécialisés sur le stockage de grandes masses d'informations sous forme de base de données, les mini-ordinateurs sont utilisés pour les PME/PMI et pour le Contrôle de processus. Les supercalculateurs sont orientés vers la simulations, les calculs numériques et une utilisation intensive dans les laboratoires et centre de recherche. L'architecture des ordinateurs du futur sera totalement différente de celle de Von Neumann, mais leur existence sera transparente à l'utilisateur. Par

analogie, c'est comme celui qui utilise le téléphone. Il n'est pas important pour cette personne de savoir comment la commutation est faite ou comment le signal est traité, ni même comment la facturation est faite.

g. Conclusion

Il est actuellement impossible de prédire le futur des ordinateurs en se basant sur les générations et la classification décrite plus haut. Le rythme des innovations ne cesse d'augmenter, nous montrant de plus en plus des surprises. Une simple extrapolation de la tendance de l'évolution informatique nous conduit à la création d'ordinateurs portables ou de poche que nous connaissons actuellement. Mais cette fois-ci la taille ne saurait pas faire un changement qualificatif. Si une autre classe d'ordinateurs devrait exister, il devrait surprendre comme les minis et les micros. En dépit de la pénétration massive de l'ordinateur personnel dans le milieu professionnelle, beaucoup de domaines n'en ont pas actuellement bénéficiés. L'ordinateur reste d'utilisation toujours difficile

Les constructeurs ont dégagé beaucoup de moyens pour le développement des interfaces graphiques comme celui du Mac, le Windows de Microsoft et le Presentation Manager d'IBM. Mais malgré cette convivialité l'ordinateur donne toujours des frustrations à l'utilisateur.

Il n'est peut être pas nécessaire de pousser l'intégration des outils de communications au niveau des ordinateurs. L'utilisation des ordinateurs a été accompagnée d'une explosion de la téléphonie cellulaire et du fax au début des années 80. Il est cependant intéressant de noter que l'utilisation du fax a éclipsé la transmission par paquet à cause de son utilisation plus simple.

Des le début des années 80 beaucoup ont pensé à un mariage imminent entre l'informatique et les télécommunications. La fin du monopole du géant américain AT &T est perçu comme une corollaire de ce mariage. Mais malgré tout cela, ce mariage tant attendu n'a pas eu encore lieu. Cependant les raisons pour lesquels ce mariage devrait exister sont toujours là. De grands réseau d'informations privées comme SABRE pour la réservation et SWIFT pour le réseau bancaire, ARPANET, puis

Internet existent depuis un quart de siècle, mais la grande majorité des ordinateurs utilisés actuellement sont dans l'impossibilité de communiquer entre eux.

Le progrès dépend de la technologie, mais aussi de l'établissement de standards de communication et de régulation au niveau gouvernemental. L'ouverture des architectures et l'harmonisation des protocoles est aussi nécessaire. Il faudrait aussi que l'utilisateur soit aussi à l'aise qu'avec le téléphone.

Parler de l'histoire et de l'évolution de l'informatique sans retracer les grands moments d'Internet donnerait un goût d'inachevé. C'est pourquoi sans entrer dans les détails fonctionnels et applicatifs, nous allons essayer de retracer les grands moments qui ont conduit à la naissance d'Internet.

CONCLUSION

Les ordinateurs électroniques modernes furent inventés, il y a cinquante quatre ans à la Moore School of Electrical Engineering de l'université de Pennsylvanie dans l'état de Philadelphie par John Pespert Eckert et William Mauchly. Le premier d'entre eux appelé ENIAC (Electronic, Numerical Integrated And Computer) fut construit sur commande et financement du département américain de la défense et motivé par des besoins de calcul et de recherche développement pendant la seconde guerre mondiale.

Il est important de noter que la demande de fabrication de cette machine venait de l'Afrique, précisément du Maroc où était stationné un régiment de l'armée américaine. D'après une interview de John Pespert Ecket, une demande en puissance et en précision était formulée par les militaires américains quand ils se sont rendu compte que les tables de tir qu'ils étaient parvenus à avoir à Aberdeen Proving Ground dans le Maryland étaient différentes de celle qu'ils obtenaient au Maroc.

D'autres contributions pour le développement de ces machines existaient aussi en Angleterre et en Allemagne.

Même si l'armée à donné naissance aux ordinateurs, les traitements de données modernes sont très orientés vers le milieu économique et sociale. De leurs premières utilisations de gestion pour la paye et la comptabilité jusqu'aux récentes applications en bureautique, de gestion et de prise de décision assistée par ordinateur, les ordinateurs sont devenus des composants intégrals du monde des affaires. L'une des utilisations les plus remarquées est la Gestion des Systèmes d'Information (Management Information System - MIS) qui est un support de planification et de prise de décision pour les entreprises.

La technologie la plus remarquable pour cette invention est bien celle du transistor qui donna naissance aux circuits intégrés et aux microprocesseurs. Le phénomène micro-informatique, qui est une conséquence de cette intégration, a permis d'énormes possibilités de traitement pour un coût relativement bas.

Son impact dans la société est impossible à quantifier, à évaluer et à prévoir, mais les opportunités qu'ils ouvrent auront un rôle très positif dans la société.

Les ordinateurs sont devenus très *pervasives* dans la société contemporaine. Ils ont été utilisés pour divers services comme la modernisation des administrations, l'automatisation de bibliothèques, le trafic aérien, la prévision numérique du temps, la gestion, l'éducation, la santé etc... On peut aussi associer à ces bénéfices des problèmes réels ou potentiels comme la monnaie électronique, le phénomène du micro-ordinateur, les systèmes d'informations, la robotique, l'automatisation des bureaux, l'intelligence artificielle, le multimedia, etc. Ces éléments font naître des mouvements sociaux tels que le chômage, la santé, la liberté, la responsabilité, la confidentialité et la sécurité.

L'impact de l'ordinateur sur les libertés individuelles est un domaine très sensible décrié par une large partie du public. Bien que beaucoup de personnes pensent que l'ordinateur a augmenté la qualité de la vie, il y a cependant de fortes réserves qu'une certaine forme de société orwellienne pointe à l'horizon.

La liberté individuelle est un droit très important, mais très difficile à garantir quand beaucoup d'informations sur les individus sont amassées et stockées dans des banques de données publiques ou privées. Les données sur les individus doivent être sauvegardées et ne doivent être utilisées que pour ce dont elles ont été collectées. La liberté d'information est souvent en conflit avec les droits des individus et un juste milieu doit être trouvé pour assurer que le public soit capable d'obtenir des informations sur les actions gouvernementales.

Dès le début, les ordinateurs ont donné l'apparence de la peur et de la méfiance, comme l'ont montré les enquêtes au près du grand public. En dépit de la familiarité accrue, la perception du grand public est toujours conditionnée par l'exagération des médias plus que ce qu'elle est en réalité.

Des critiques sur l'utilisation non restrictive des technologies de l'information sont très nombreuses parmi lesquelles nous pouvons noter Lewis Mumford qui est très préoccupé par l'aspect déshumanisant de l'automatisation. Pour Siegfried Giedeon la technologie dans sa

poursuite de l'efficacité, perd souvent la qualité et les qualités humaines. Jacques Ellul, qui lui présente une vision très pessimiste de la technologie comme une force très puissante qui échappe souvent au contrôle de l'homme. D'autres comme Alvin Toffler, John Naisbitt et Charles Panati coïncidèrent que machines du futur ne feront qu'augmenter la qualité de la vie.

De toutes les issues associées aux technologies, spécialement les ordinateurs, le plus important est le travail. Quelle quantité de travail et quel type de travail ? La question de l'ordinateur et l'emploi sera avec nous pendant longtemps, et tout le monde sera affecté.

La relation entre la technologie et le travail est très complexe. Historiquement excepté les périodes de dislocation économique, les innovations technologiques ont toujours augmenté considérablement le nombre d'emploi. Les questions qu'on se pose et qui restent ouvertes sont les suivantes: Est ce que l'ordinateur est une technologie fondamentalement différente? Quels sont les travaux qui seront affectés et comment? A supposer que des emplois soient perdus, d'où viendront d'autres emplois? Est ce qu'ils seront suffisant pour compenser les pertes? Il est cependant clair qu'avec l'avènement des technologies de l'informations, les travaux effectués par les colles bleus sont entrain de baisser et ceux effectués par les colle blancs sont entrain d'augmenter?

Des questions sont aussi posées sur les effets physiques et physiologiques et génétiques des équipements informatique sur la santé des utilisateur - Les écrans, les postures, la vision

Avec les ordinateurs et la télécommunication, il est possible de distribuer le travail à domiciles ou dans les télécentres. Ces nouveaux mode de travail permettront de faire économiser aux employées, aux entreprises et par delà aux pays et au monde entiers des économies substantielles dans le domaine des énergies, des locations d'espace, de la conduction. Certains économistes comme Wassily Leontief suggère que les entreprises et les gouvernement réduisent la semaine de travail en réponse au problème de chômage occasionné par l'automatisation galopante.

La collecte, le stockage, et le traitement, et la transmission d'un nombre sans cesse d'importantes quantités d'informations est devenue la

principale activité de la société. Le micro-ordinateur en quelque année est devenu un produit courant de consommation. Il est possible à partir de la maison ou des entreprises de se connecter sur des variétés de réseaux comme Internet, CompuServe, Dow Jones qui offre des services allant du banking à l'éducation en passant par les loisirs, la santé, les marchés boursiers, les informations gouvernementales etc. La messagerie électronique (E-mail) et les téléconférences sont devenues d'importants et de puissant media de communication sur de très longues distances. S'il est impossible de prédire le futur de ces technologies, certains indicateurs peuvent d'ores et déjà nous montrer que la société de l'information sera centrée sur les maisons et que les transactions de toutes sortes (commercialisation, finance etc) devront radicalement changer.

Avec tous ces problèmes se pose un véritable problème d'éthique, de déontologie et de responsabilité des professionnelles des technologies de l'information vis à vis de leur client, de leur entreprise et de la société tout entière. Ces problèmes comportementaux sont d'autant plus importants que l'impact des technologies de l'information sur la société devienne évident. Pour mettre ceci en pratique, certaines organisations ont élaboré des codes de conduite professionnelle, mais la question sur l'application et l'applicabilité de ces directives reste toujours posé.

Les gouvernements sont probablement les plus grands utilisateurs d'ordinateur et leur impact se ressent sur la société tout entière. On peut trouver des ordinateurs dans la sécurité intérieure et extérieure des pays, dans la police, le système judiciaire l'éducation, la santé, les finances publiques, la fiscalité etc. Plus récemment les processus électoraux ont témoigné l'introduction de l'informatique sur l'élaboration de fichiers électoraux, les campagnes, les dépouillements et la proclamation des résultats. Il se pose alors dès lors un problème de souveraineté ou l'ordinateur à un important rôle à jouer.

L'exercice d'une démocratie dépend des techniques que cette démocratie emploie, mais cette même démocratie est entre les mains des personnes qui le choisissent comme un mode de vie. Est ce que l'ordinateur peut menacer le processus démocratique? La réponse ne viendra pas des informaticiens et de l'informatique en général qui ne sont que des conseils et des outils qui permettent de faire des choses

jadis impossibles à faire manuellement, mais ne décident jamais. L'informatique est un outil entre les mains des individus qui l'utilisent en fonction de leur volonté et par conséquent de la volonté de nous tous. Si nous voulons vivre démocratiquement essayons de saisir les opportunités de l'informatique nous offre.

L'ordinateur a été beaucoup plus bénéfique pour l'humanité que tout autre invention. Il n'y a depuis l'invention de l'écriture aucune invention qui a aussi radicalement changé les activités de l'homme en si peu de temps. En quelques années, il a changé les techniques et les sciences, a rendu les gouvernements efficaces, et a augmenté la productivité industrielle et agricole, a amélioré la santé et l'éducation. Il a surtout radicalement changé les méthodes de gestion et l'art du management.

Bien que l'ordinateur soit la bête noire de certains critiques qui craignent un chômage accru entraînant beaucoup de travers sociaux, il reste un outil destiné à rendre la gestion plus créative éliminant ainsi les fardeaux tout en augmentant les loisirs et la démocratie.

Bibliographies

Aldridge, Jack et al.. On the Cutting Edge of Technology. Carmel, Indiana: Sams Publishing, 1993.

Ambrosio, Sueann and Kristina Hopper. Learning with Interactive Multimedia : Developing and Using Multimedia Tools in Education. Redmond, WA: Microsoft Press, 1990.

Annino, R and R. Driver. Scientific and Engineering Application with Personal Computers. New York: John Wiley, 1986.

Arsac, Jacques. La Science Informatique. Paris: Dunod, 1970.

Arsac, Jacques. Les Machines à Penser: Des Ordinateurs et des Hommes. Paris: Seuil, 1987.

Asimov, Isaac. L'Univers de la Science. Paris: InterEditions, 1986.

Bach, M. J. The Design of the Unix Operating System. Englewood Cliffs, NJ.: Prentice Hall, 1986.

Bassand, Michel et al. Pour une Informatique Consciente. Lausanne, Switzerland: Presses Polytechniques Romandes, 1987.

Bazin, Dorothee, and Dominique Doré. L'Informatex: Guide du Minitel dans l'Entreprise. Paris, France: Editions Hommes et Techniques, 1986.

Beck, P. How to Choose and Use Business Micro-computers and Software. London: Telegraph Publication, 1984.

Bell, H. Arthur. Business Communication Toward 2000. Cincinnati, Ohio: South-Western Publishing Corporation, 1992.

Berkamp, E. R. Algebraic Coding Theory. New York: McGraw-Hill, 1968.

Bernard, Jean-Michel and Jean Hugon. De la Logique Câblée aux Microprocesseurs: Application des Méthodes de Synthèse. Paris, France: Eyrolles, 1979.

Bernard, Jean-Michel, and Jean Hugon. De la Logique Câblée aux Microprocesseurs: Application Directes des Circuits Fondamentaux. Paris, France: Eyrolles, 1979.

Bernard, Jean-Michel and Jean Hugon. De la Logique Câblée aux Microprocesseurs: Méthodes de Conception de Systèmes. Paris, France: Eyrolles, 1980.

Bernard, Jean-Michel, Jean Hugon and Robert Le Corvec. De la Logique Câblée aux Microprocesseurs: Circuit Combinatoires et Séquentiels Fondamentaux. Paris, France: Eyrolles, 1980.

Bestougeff, H, C. Guilpin and M. Jacques. La Technique Informatique: Algorithmes Numériques et Non Numériques. Paris, France: Masson, 1982.

Bhalla , A. S., and Dilmus James. New Technologies and Development, Experience in "Technology Blending". Boulder, Colorado: Lynne Rienner Publishers, Inc, 1988.

Bigelow, R. Computer Contracts: Negotiating and Drafting Guide. New York: Matthew Bender, 1987.

Boisson, Jean Louis, and Alain Séré. Enseigner avec l'Informatique. Paris: Les Editions Foucher, 1994.

- Bouillet, Dominique.** Unix: Guide de l'Utilisateur. Paris, France: Edition Marketing, 1990.
- Brassard, G, and P. Bratley.** Algorithm Theory and Practice. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988.
- Brémond, G.** La Révolution Informatique: Dictionnaire Thématique. Paris: Hatier, 1982.
- Burks, A. R. and Burks A. W.** The First Electronic Computers: The Atanasoff Story. An Arbor, MI: University of Michigan Press, 1988.
- Cady, G. Harrah, and McGregor Pat.** Mastering the Internet. Alameda, CA: Sybex, Inc. 1995.
- Carpenter, B. E and R. W. Doran.** Alain Mathison Turing's ACE Report of 1946 and Other Papers. 1947. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. Los Angeles: Tomash Publishers, 1986.
- Caudil, Muareen and Charles Butler.** Naturally Intelligent Systems 3rd ed.. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1993.
- Chambadal, Lucien .** Dictionnaire des Mathématiques. Paris: Hachette, 1981.
- Chartand, Robert I.** Computers and Political Campaigning. New York: Spartan Book, 1972.
- Chauveinc, Marc.** Le Réseau Bibliographique Informatisé et l'Accès au Documents. Paris: Edition d'Organisation, 1982.
- Chiang, Hai Hung.** Basic Nuclear Electronics. New York: Wiley-Interscience, 1969.
- Collongues, Alain , Jean Hugues, Bernard Laroche.** Merise: Méthode de Conception. Paris: Bordas, Dunod Informatique, 1987.
- Combaldieu, Raoul .** Le Secret Professionnel. Paris: Flammarion, 1973
- Cormen, Thomas H., Charles E. Leiserson, and Ronald L. Rivest.** Algorithms. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1990.
- Courcelle, Bruno.** ed. Logique et Informatique. Rocquencourt, France: INRIA, 1991.

Croze, Hervé, and Yves Bismuth. Droit de l'Informatique: Elément de Droit à l'Usage des Informaticiens. Paris: Economica, 1986.

Cutting Edge Technologies and Microcomputers Application for Developing Countries. Report of an Ad Hoc Panel on the Use of Microcomputer for Developing Countries. Boulder, Colorado: Westview Press, 1988.

D'Ocagne, Maurice. Le Calcul Simplifié. 3rd. ed., Trans. Howlett, J and Williams, M. R., 1928. Rpt. as Graphical and Mechanical Methods for Simplifying Calculation . Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. Los Angeles: Tomash Publishers, 1986.

Dahl, O. J., E. W. Dijkstra, and C. A. R. Hoare. Structured Programming. New York: Academic Press, 1972.

Deitel, Harvey M. Operating Systems: Unix, OS/2, MS DOS, Macintosh, VM, VMS, Open Systems. New York: Addison-Wesley Publishing, Inc., 1990

Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique. Réflexions et Proposition pour une Politique de la Recherche en Informatique et Automatique. Paris: Documentation Française, 1975

Denning, Peter J. Computers Under Attack: Intruders, Worms and Viruses. Reading, MA: Addison Wesley, 1990.

Diebold, John. Managing Information. New York: AMACOM, 1985.

Diebold, John. The World of Computer. New York: Random House, 1973.

Downing, Douglas, and Michael Covington. Dictionary of Computer Terms. Hauppauge, New York: Barron's Educational Series, Inc., 1992.

Dowsing, R. and F. Woodhams. Principe de Fonctionnement des Ordinateurs. Paris: Masson, 1987.

Dreyfus, Hubert L. What Computers Can't Do: The Limits of Artificial Intelligence. New York: Harper & Rows, 1979.

Eckert, J. W. Punched Card Methods in Scientific Computation . 1940. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. Los Angeles: Tomash Publishers, 1984.

Ein-Dor, P. and C. R. Jones. Information System Management: Analytical Tools and Techniques. Amsterdam: North Holland, 1985.

Ermann, M. David, Williams B. Mary, and Guitierrez, Claudio eds. Computer, Ethics, & Society. New York: Oxford University Press Inc., 1990.

Escarpit, R. Théorie Générale de l'Information et de la Communication. Paris: Hachette, 1976.

Fairley, Richard. Software Engineering Concept. New York: McGraw-Hill, 1985.

Fanti, Dino Di. Les Métiers de l'Informatique. Malesherbes: Génération, 1983.

Feigenbaum, E., and P. McCorduck. La Cinquième Génération, le Pari de l'Intelligence Artificielle à l'Aube du 21 e Siècle. Paris: InterEditions, 1984.

Forester, Tom. The Information Revolution. Cambridge: The MIT Press, 1985.

Francis, A, J., and Mansel D. S. Appropriate Engineering Technologies for Developing Countries. London: Research Publication PTY LTD, 1988.

Franco, Sergio. Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits: New York: McGraw-Hill, 1988.

Galacsi. La Conception des Bases de Données. Paris: Dunod, 1989.

Gecsei, J. The Architecture of Videotext Systems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1983.

Gilder, George. Microcosm: The Quantum Revolution in Economics and Technology. New York: Simon & Schuster, 1990.

Gilmore, Ch. M. Le Fonctionnement des Microprocesseurs. Paris: Dunod, 1984.

Gleick, James . Chaos. New York: The Viking Press, 1987.

Glee, Harry Cady, and Pat McGregor. Mastering the Internet. Alameda, CA: Sybex, 1995.

Glosbener, Alfred. The Complete Handbook of Personal Computer Communications. 3rd ed. New York: St. Martin's Press, 1990.

Gnedenko, B. and I. N. Kovalenko. Introduction to Queuing Theory, 2nd. ed. Cambridge, MA: Birkhauser Boston, Inc., 1989

Gnedenko, B. The Theory of Probability. Trans. George Yankovsky. Moscow: Mir Publishers, 1976.

Goldstine, Herman H. The Computer from Pascal to Von Neumann 5th ed. Princeton: Princeton University Press, 1993.

Gonnet, G. H. Handbook of Algorithms and Data Structure. Reading, MA: Addison-Wesley, 1984.

Habib, S. ed. Micro programming and Firmware Engineering. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988.

Hardouin-Mercier, G. and R. P. Balme. Structure et Fonctionnement des Ordinateurs. Paris: Masson, 1984.

Hars, Jean Pierre. L'Informatique et la Banque. Paris, France: La Revue de la Banque Editeur, 1986.

Hartree, R. Douglas. Calculating Machines: Recent and Prospective Developments and their Impact on Mathematical Physics and Calculating Instruments and Machines, 1947 . Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. Los Angeles: Tomash Publishers, 1984.

Hausner, A. Analog and Hybrid Computer Programming. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1971.

Hauwel, Claude. Concevoir et Réussir son Informatisation: Le Cahier des Charges Préinformatique Méthodologie Aroc. Paris: Entreprise Moderne Edition, 1984.

Hirsch, Ernest , and Serge Wendling. Structure des Ordinateurs, Concepts de Bases, Machines Conventionnelles, et Architectures Parallèles. Paris: Armand Collin, 1992

Hodges, Andrew. Alan Turing: The Enigma. New York: Simon & Schuster, 1983.

Hopcroft, J. E. and Ullman, J. D. Introduction to Automata Theory, Languages, and the Theory of Computation. Reading, MA: Addison-Wesley, 1979.

Horowitz, E., and Sahni, S. Fundamentals of Computer Algorithms. New York: Computer Science Press, Division of H. W. Freeman, 1978.

Horowitz, E. Fundamentals of Programming Languages. Rockville, MD: Computer Science Press, 1983.

Horowitz, E. Programming Languages: A Grand Tour. Rockville, MD: Computer Science Press, 1983.

Hwang, Kai. Computer Arithmetic: Principle, Architecture and Design. New York: Wiley, 1979.

Hyman, A. Charles Babbage. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1982.

Jacques Arzac. Les Bases de la Programmation. Paris: Bordas, Dunod Informatique, 1983.

Johnson, Deborah G. and John W. Snapper. Ethical Issues in the Use of Computers. Belmont, CA: Wadsworth Publishing, 1985.

Kant, K. Introduction to Computer System Performance Evaluation. New York: McGraw-Hill, 1991.

Kim, Wan H., and Henry E. Meadows, Jr. Modern Network Analysis. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1971.

Kosko, Bart. Fuzzy Thinking, The New Science of Fuzzy Logic New York: Hyperion, 1993.

Knuth, D. E. The Art of Computer Programming Vol. 1, 2, 3. Reading, MA: Addison-Wesley, 1968, 1969, 1973.

Kubr, Milan. Management Consulting, A Guide to the Profession. Geneva: International Labor Office (ILO), 1992.

Küveler, Gerd. Unix. Dusseldorf: Data Becker GmbH, 1988.

LaQuey, Tracy. Sésame pour Internet. Paris: Addison-Wesley, 1994.

Lecomte, Pierre and Dominique Melotte. Accès à l'Informatique et à la Programmation. Paris, France: Herman, 1988.

Licker, Paul S. The Art of Managing Software Development People. New York: John Wiley&Son, 1985.

Luca, H. C. Information Systems: Concepts for Management. New York: McGraw-Hill, 1982.

Lussato, B. Le Défi Informatique. Paris: Fayard, 1981.

Macrae, Norman. John Von Neumann. New York: Pantheon Books, 1992.

Maekawa, Sado, and Eiichi Ohno. Contrôle des Robots par Microordinateurs. Trans. Takahashi, N. and Trantien Lang Paris: Masson, 1989.

Maly, Kurth and Allen R. Hanson. Fundamentals of Computing Science, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc. , 1978

Manes, Stephan, and Paul Andrews. Gates. New York: Touchstone, 1994.

McCluskey, E. J. Logic Design Principles. Englewood Cliffs, NJ.: Prentice Hall, 1986.

Mendes, M. Privacy and Computer-Based Information Services. Cambridge, MA: Center for Information Policy Research, Harvard University, 1985.

Mensing, James R., and Dennis A. Adams. Managing an Information System. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1991

Meyers, Glendford J. Advances in Computer Architecture, 2nd ed. New York: John Wiley & Son, 1982.

Ministère de l'Industrie, Mission à l'Informatique, France. Informatique, Travail et Emploi. Paris, France: La Documentation Française, 1980.

Minoux, M. Mathematical Programming: Theory and Algorithms. Chichester, UK: John Wiley & Son, 1986.

Minsky, M. Computation: Finite and Infinite Machines. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1967.

Miquel, Christian. Mythologie Moderne et Micro-informatique: La Puce et son Dompteur. Paris: Harmattan, 1991.

Moreau, René . Ainsi Naquit l'Informatique: Histoire des Hommes et des Techniques. Paris: Bordas Informatique, 1987.

Morvan, Pierre, ed. Dictionnaire de l'Informatique. 4th. ed. Paris: Larousse, 1981.

Motorola Semiconductors. Microcomputer Components. Switzerland: Motorola, Inc., 1979.

Mott, Joe L., Abraham Kandel, and Theodore Baker. Discrete Mathematics for Computer Scientist. Reston, VA: Reston Publishing, 1983.

Murdick, R. G. Mis Concepts and Designs. Englewood Cliff, NJ: Prentice-Hall, 1980.

Musa, J. D., A. Iannino and K; Okumoto. Software Reliability: Measurement, Prediction and Application. New York: McGraw-Hill, 1987.

National Research Council. Microcomputers and Their Application for Developing Countries. Boulder Colorado: Westview Press, 1986.

Neumann, John Von. First Draft of a Report on the Edvac. Contract No. W-670-ORD-4926, U. S. Army Ordnance Department and University of Pennsylvania, Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, 1945.

Neuschotz, Nilson. Macintosh Multimedia. New York: Mis. Press, 1994

Nora, Simon and Alain Minc. The Computerization of Society. Cambridge, MA: The MIT Press, 1980.

North South Round table Society for International Development and UNDP Development Study Programme. The Informatics

Revolution and the Developing Countries. Islamabad, Pakistan: North South Round table, 1986.

Palfreman, Jon, and Doron Swade. The Dream Machine. London: BBC books, 1993.

Papert, Seymour. Jaillissement de l'Esprit: Ordinateur et Apprentissage. Paris: Flammarion, 1981.

Parker, Donn B. Crime by Computer. New York: Charles Scribner's Son, 1976.

Pastré, Olivier. L'Informatisation et l'Emploi. Paris, France: Editions La Découverte, 1984.

Pierre, Lecomte, and Dominique Melotte. Accès à l'Informatique et à la Programmation. Paris: Herman, 1987.

Pimental, Ken and Kevin Texeira. Virtual Reality: Trough The New Looking Glass 2nd ed. New York: Intel and McGraw-Hill, 1995

Pujolle, Guy . Télécommunications et Réseaux. Paris: Eyrolles, 1992

Ralston, Anthony, and Edwin D. Reilly, eds. Encyclopedia of Computer Science 3rd. ed., New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

Ralston, Anthony et al., eds. Encyclopedia of Computer Science 1st. ed., New York: Van Nostrand Reinhold, 1979.

Randell, B. The Origins of Digital Computers. New York: Springer-Verlag., 1973.

République du Sénégal, Le Conseil Constitutionnel. Résultats des Elections Législatives de 1993. Dakar, Sénégal: 1993.

République du Sénégal, Le Conseil Constitutionnel. Résultats des Elections Présidentielles de 1993. Dakar, Sénégal: 1993.

République du Sénégal, Ministère de l'intérieur. Le Code Electoral. Dakar, Sénégal: 1992.

Rich, Elaine. Artificial Intelligence. New York: McGraw-Hill, Inc., 1983.

Rosen, David, and Mladen, Carry. Making Money with Multimedia. New York: Addison-Wesley Publishers Ltd., 1994.

Rosenberg, J. M. Dictionary of Computers, Data Processing and Telecommunications. New York: Wiley, 1984.

Rosenberg, S. Richard. The Social Impact of Computers. San Diego: Academe Press, Inc- Harcourt Bran Jovanovich Publishers, 1992.

Roy, Mary Annick . Guide de la Technique: Information, Electronique, Informatique, Télécommunications, Robotique. Montreux, Switzerland: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1991.

Sammet, J. Programming Languages: History and Fundamentals . Englewood Cliffs, NNJ: Prentice Hall, 1969.

Sanders, D. H., and Birkin J. S. Computers and Management in Changing Society, New York: McGraw-Hill, 1980.

Schellenberg, Kathryn. Computers in Society. Guilford, CT: The Dushkin Publishing Group, Inc., 1994.

Sentilhes, Grégoire, Philippe Merle, and Frédéric Prévost. La Minitel Stratégie. Paris: Bussinessman First, 1989.

Shapiro, Stuart C. ed. Encyclopedia of Artificial Intelligence, 2nd ed. New York: John Wiley & Son, 1992.

Shortliffe, E. H., L. E. Perreault, G. Wiederhold and L. M. Fagan. eds. Medical Informatics: Computer Applications in Health Care. Reading, MA: Addison-Wesley, 1990.

Simon, Herbert A. The New Science of Management Decision. Englewood Cliffs, NJ.: Prentice Hall, 1977.

Simon, R. Alan. How to be a Successful Computer Consultant. New York: Mc Graw Hill, 1994

Steinberg, N. Machines Analogiques et Hybrides. Paris: Armand Collin, 1969.

Stifler, W. W. Jr. ed. High Speed Computing Devices. New York: McGraw-Hill, 1950.

Swartzlander, Earl E. Jr. Computer Arithmetic, Vol I and II. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1991.

Sylla, Fatoumata. Le Sénégal et la Micro-informatique: Note sur le Projet Pilote de Recherche "Informatique et Education" avec le Langage Logo, Ministère de la Recherche Scientifique et Technique, Dakar, and UN Development Forum, January-February, 1986.

Thimbleby, H. The User Interface Design Book. Reading, MA: Addison-Wesley, 1990.

Trudel, P. Elément de Droit et de Déontologie de l'Information Administrative: Les Implications Socio-professionnelles des Changements Technologiques. Québec: Université du Québec, 1985.

Tuck, Jay. High Tech Espionage. New York: St Martin's Press, 1986.

Tucker, B. Allan, James W. Bradley, Robert D. Cupper, and Richard G. Epstein. Fundamentals of Computing: Abstraction, Data Structures and Large Software System. New York: McGraw- Hill and MIT Press, 1993.

Turck, J. A. V. Origin of Modern Calculating Machines. Chicago: The Western Society of Engineers, 1921.

Turkle, Sherry. The Second Self, Computer and Human Spirit. New York: Simon and Schuster, 1984.

Turner, Raymond. Logic for Artificial Intelligence, 1984 Trans. Philippe Bernard. Logique pour Intelligence Artificielle. Paris: Masson, 1986.

Unger, S. H. The Essence of Logic Circuits. Englewood Cliffs, NJ.: Prentice Hall, 1989.

Vavoulis, Alexander, and A. Wayne Colver. Science and Society: Selected Essays. San Francisco: Holden-Day, Inc., 1966.

Vitalis, André . Informatique, Pouvoir et Libertés. Paris: Economica, 1988.

Waston, Thomas J. Jr., and Peter Petre. Father, Son and Company: My Life at IBM. New York: 1990.

Weizenbaum, Joseph. Computer Power and Human Reason: From Judgment to Calculation. San Francisco: W. H Freeman and Company, 1976.

Withes, Ron. How Computers Work. Emeryville, California: Ziff-Davis Press, 1994.

Wilkes, Maurice Vincent. Computing Perspectives. San Francisco, California: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1995.

Wilkes, Maurice Vincent. Memoirs of a Computer Pioneer. Cambridge, MA: The MIT Press, 1985.

Wirth, Niklaus. Algorithm + Data Structure = Programs. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1976.

Wiseman, Charles. L'Informatique Stratégique, Nouvel Atout de la Compétitivité. Paris: Les Editions d'Organisation, 1987.