

VOYAGE AU CENTRE DE L'ORDINATEUR

Il est des mots dont la signification varie si rapidement en quelques années qu'ils en viennent pratiquement à ne plus désigner du tout les mêmes objets. Le mot ORDINATEUR est de ceux-là. En gros, ces quatre syllabes semblent toujours plus ou moins évoquer un gros calculateur gainé d'acier mais, si elles sont restées associées pendant près de trente ans à une image relativement stable, un peu effrayante par plusieurs connotations parfois guerrières (calculs de la bombe à hydrogène ou guidage de missiles), aujourd'hui elles appellent d'autres figures extrêmement plus variées. En effet, depuis le milieu des années 70, l'ordinateur a complètement changé de visage, par exemple depuis qu'il est en vente en grande série dans des magasins comme La Redoute et présent dans des cartables des collégiens. Qu'y aurait-il encore de commun entre toutes ces significations diverses, des machines imposantes des sous-sols bétonnés des états-majors industriels, commerciaux ou militaires aux consoles de jeux des gamins? Avons-nous vraiment, comme on nous le dit parfois par ailleurs, des ordinateurs dans nos moteurs de voiture? Ne commet-on pas de ce côté une escroquerie en jouant sur les mots?

De l'armoire orgueilleuse à la boîte de sardines

La première publicité de l'histoire du micro-processeur montrait, dans le numéro du 15 Novembre 1971 d'Electronic News, quatre "puces" 4004 d'Intel, démesurément agrandies, formant une sorte de mur comme s'il s'agissait de ces lourds meubles métalliques verticaux si longtemps indispensables au concept même d'ordinateur. "Une nouvelle ère en électronique intégrée", disait la publicité imaginée par la société de Regis Mc Kenna. Est-il possible qu'un même mot recouvre des réalités si différentes? Un étui à cigarettes peut-il jouer le rôle dévolu vingt ans auparavant à des bahuts bretons en acier massif?

Regardons un peu à l'intérieur de ces boîtes de taille si variable: un oeil non averti n'y aperçoit pas grand-chose d'intelligible. Ce sont essentiellement des circuits électroniques, des "cartes" - morceaux de plastique sur lesquels courent des filaments métalliques et sur lesquels sont greffés des sortes de parallélépipèdes plats et minuscules à mille pattes -, parmi des objets un peu plus facilement

identifiables: parfois tube cathodique comme dans un téléviseur, pièces d'imprimantes analogues à des parties de machines à écrire et autres instruments mécaniques noyés dans un réseau complexe que parcourent quelques rares fils. Et surtout, du vide...

Toute description physique échouerait évidemment devant la très grande diversité des modèles. Il faut se rabattre sur la véritable structure abstraite de ce qu'est un ordinateur. En fait, elle est, jusqu'à aujourd'hui en tous cas, toujours assez semblable à elle-même et permet de retrouver une certaine unité dans cette variété déroutante. Refermons donc tous les couvercles, et essayons de classer un peu les différents organes vitaux de ces si curieuses machines. Allons d'abord droit au coeur, qui porte ici un nom pompeux: l'Unité Arithmétique et Logique, elle-même partie de l'Unité Centrale (Central Processing Unit ou CPU, en anglais).

Une visite au Grand Quartier Général

C'est un complexe uniquement électronique, constitué de transistors et, plus généralement, de circuits intégrés devenus de plus en plus performants au cours des temps. Ce compartiment essentiel est totalement indéchiffrable à la vue. Ses dimensions peuvent être incroyablement faibles puisqu'il peut exceptionnellement être réduit à une simple puce si les intentions du constructeur restent modestes; mais même pour les très grosses machines, il risque d'échapper à un examen profane superficiel. Ce n'est qu'abstraitemment qu'on peut le fractionner en composants fondamentaux:

- un calculateur arithmétique, exécutant généralement des additions rudimentaires, à très grande vitesse;
- un calculateur logique, parfois imbriqué dans le précédent, chargé de fonctions spéciales commandées par des connecteurs "et", "ou", "ni"..., établissant des relations formelles entre certains symboles numériques;
- une mémoire (on parle ici souvent de registres), extrêmement rapide, paquet de cases toutes numérotées avec précision, dans lesquelles les calculateurs vont puiser sans cesse les nombres dont ils ont besoin et où ils déposent les résultats obtenus;
- une série d'organes de commande.

Depuis la fin de années héroïques où von Neumann et d'autres

théoriciens ont mis au net ce concept fondamental, c'est aussi en mémoire interne que viennent prendre place les instructions symboliques (le programme) qui dirigent le déroulement de toutes les activités de l'Unité Centrale. Dans le module de commandement, figurent notamment une horloge (un quartz par exemple) qui rythme les actions en envoyant des "tops" réguliers, mais aussi un décodeur (destiné à lire toutes les instructions constituant le programme, à la queue-leu-leu, à en reconnaître le "sens" et à veiller à leur exécution), un compteur chargé, comme une script-girl, de garder le souvenir précis de l'étape en cours pour pouvoir aller chercher l'instruction suivante, ainsi que de nombreux auxiliaires de ce genre.

Ordinateur universel ou Automate limité?

Le fait que le programme soit lui-même codé dans les différentes mémoires est l'une des caractéristiques les plus fondamentales de l'informatique moderne. Il ne manque pas d'objets usuels qui pourraient se ranger sous cette bannière très porteuse d'un point de vue de publicitaire (et certains ne s'en privent pas...) si l'on oubliait ce point essentiel. Par exemple, même si votre machine à laver préférée contient une "puce" en son sein, elle ne saurait prétendre à autre chose qu'au titre d'automate réglable - puisqu'il y a choix entre plusieurs "programmes" -, non à celui d'ordinateur, faute d'être réellement programmable à la demande. Une calculatrice de poche électronique souffre des mêmes limitations; par contre certains ordinateurs dits de poche, pas plus volumineux, ridiculement petits par rapport à un lave-linge, n'usurpent pas le mot dans la mesure où ils se prétent aux fantaisies de l'utilisateur, et non pas seulement à une petite dizaine d'activités prédéterminées par le constructeur.

Certes on demande plutôt à un système informatique idéal d'être "tous usages" (general purpose en anglais: on sait que les initiales de ces deux mots ont servi à définir l'immortelle Jeep de l'armée américaine, elle aussi réputée "universelle"). En fait c'est l'Unité Centrale qui est bonne à tout, dans la mesure où toute démarche de type algorithmique peut effectivement se ramener plus ou moins simplement à des manipulations de zéros et de uns; mais son utilisation tous terrains dépend essentiellement alors de l'environnement dont elle est équipée. Un Diesel rustique fixé sur une

génératrice de courant pour une demeure isolée ne permettra certes pas à son propriétaire de partir en vacances: mais nul ne niera son indéniable parenté avec un moteur de camping car...

Un coeur toujours en mouvement

C'est dans l'Unité Centrale - où l'une d'entre elles, car il peut y en avoir plusieurs plus ou moins hiérarchisées dans un ordinateur puissant - que viennent se dérouler toutes les opérations arithmétiques et logiques qui traduisent concrètement, par des modifications continuelles de l'état électrique de ses différentes cellules, les volontés du programmeur. C'est donc une ruche à l'activité incessante, où se joue le rôle essentiel de "traitement" des données. C'est pour tenter de décrire sa finalité et ses modalités de travail que l'on trouve, dans un grand nombre d'ouvrages consacrés à l'informatique, des dizaines de schémas symboliques de circuits électroniques avec leurs différentes fonctions spécialisées.

Mais en fait, rares sont les cas où l'on doit connaître dans le plus grand détail les procédures concrètes qui règlent le fonctionnement du centre vital de l'ordinateur: il est prévu toute une série d'auxiliaires prenant en charge, à des niveaux divers, la minutie infernale du contrôle de ces micro-actions. Le plus important d'entre eux est, par exemple, un traducteur de "langage évolué" qui permet de s'abstraire presque totalement de la connaissance de la réalité du travail de fourmi au sein des différentes cavernes obscures nichées au sein de l'Unité Centrale et de ses périphériques. On peut alors se consacrer à l'analyse du problème à traiter, sans être continuellement freiné par les contingences exaspérantes des transferts incessants d'un point à un autre du quartier général.

Ne retenons donc que cette image trop grossière, mais simple: l'Unité Centrale est capable de trouver en elle-même la suite des ordres qui l'amènent, suivant des procédures soigneusement prévues par les constructeurs, à transformer d'immenses quantités de symboles (que nous nous plaisons à imaginer comme des paquets de 0 et de 1) les uns dans les autres, un peu comme un postier infatigable qui ouvrirait sans cesse, en se reportant chaque instant à une liste d'ordres parfaitement explicites pour lui, des sacs de courrier et en répartirait les contenus dans d'autres sacs au rythme de métronomes

infaillibles, évidemment, sans avoir la moindre idée du sens ou de la valeur de ce qu'il transfère!

Calculateurs numériques et analogiques

Nous avons bien vu que les circuits électriques et électroniques du processeur ne véhiculaient en fait que des informations de type "numérique" (digital, en charabia franco-anglais). On ne s'y intéresse en effet qu'à des phénomènes très tranchés, n'ayant essentiellement que deux visages: par exemple être parcouru ou non par un courant, être magnétisé positivement ou négativement. Ce n'est pas absolument le cas de tous les ordinateurs: certains d'entre eux sont basés sur de tout autres phénomènes; on y prend en compte non seulement le fait que des impulsions électriques passent ou non dans le circuit, mais même l'intensité du courant ou d'autres paramètres du même genre.

Ces familles de calculateurs appelés analogiques ont eu une assez grande importance dans le passé; ils jouent toujours un rôle sérieux dans des applications très particulières (notamment dans le milieu industriel, pour ce que l'on appelle parfois l'informatique en temps réel pour la surveillance et la commande automatique de certains processus) mais ne sont pas compétitifs avec les ordinateurs numériques qui sont effectivement universels ou à peu près.

Les publicités qui parlent trop rapidement d'informatique pour votre voiture ou vos instruments d'électro-ménager sont évidemment excessives dans leur optimiste recherche d'une touche de modernité. Non seulement il ne s'agit en général comme nous l'avons vu que de simples automates, mais de plus ces "ordinateurs" sont évidemment encore très souvent analogiques - ce qui est d'ailleurs naturel -; le caractère numérique se limite plus ou moins à l'affichage de beaux écrans qui impressionnent le bourgeois. L'argent n'a pas d'odeur et, ma foi, si cela peut contribuer à décomplexer le public devant nos drôles de machine, fermons les yeux sur ces à-peu-près!

Les limitations de l'Unité Centrale

Un regard trop rapide sur une machine aussi élémentaire qu'un micro-ordinateur de table pourrait faire qu'on leur dénie toute

prétention à l'universalité. Par exemple de nombreuses personnes, étonnées par le fait qu'ils ne traitent que des nombres assez "petits" (limités par exemple à sept ou huit chiffres), croient que cette barrière est absolue. En fait des méthodes plus ou moins complexes de programmation, dites de "précision multiple", permettent de travailler sur des entiers bien plus considérables: un simple Apple est très capable, si on lui laisse quelques heures, de trouver tous les diviseurs d'un nombre occupant toute une ligne de cette page... c'est à son utilisateur de lui donner les ordres adéquats et de faire preuve de son ingéniosité! C'est la possibilité de répondre à de tels défis qui explique une part de la passion que des outils a priori très bornés provoquent chez les amateurs de records intellectuels.

Il est facile de comprendre que, même très développée, l'Unité Centrale ne peut faire grand-chose à elle seule. Notre postier ne peut pas aller lui-même chercher les sacs qu'on lui livre ni effectuer la livraison de son travail: c'est le rôle de l'organisation globale du service dont il n'est qu'un rouage. En ce sens, dire qu'un micro-processeur est, déjà, un véritable ordinateur est évidemment plus qu'exagéré. Il suffit d'ailleurs de comparer la taille d'un simple micro comme un Apple à celle du modeste composant de quelques centimètres carrés qui le pilote: quelque chose comme la distance séparant une valise d'un porte-monnaie! L'environnement de l'Unité Centrale lui est encore plus indispensable pour un fonctionnement satisfaisant qu'un châssis et des roues à un moteur de voiture.

Autour du sanctuaire: les Canaux et la Mémoire Principale

Tout ce qui entoure l'Unité Centrale n'est pas toujours considéré comme faisant réellement partie de l'ordinateur, et une grande part en est regroupée sous le terme générique de "périphériques": nous l'étudierons un peu plus loin. On est quand même amené à ne pas la séparer d'organes absolument indispensables comme les Canaux d'entrée/sortie assurant une communication minimum entre elle et l'extérieur: sinon il n'y aurait absolument aucun moyen de lui transmettre programme et données initiales, ni bien entendu d'en recueillir les produits. On donne parfois le nom d'Unité d'Echange à cet ensemble de voies de transit.

Nous verrons que ces moyens assez rustiques demandent à être

prolongés par des appareils parfois très sophistiqués qui en accroissent notablement les possibilités et le confort d'utilisation (par exemple imprimantes, bandes ou disques magnétiques). Mais l'histoire de l'informatique ou celle plus récente de l'ordinateur individuel montrent cent exemples où les entrées/sorties étaient plus que spartiates: sur l'ENIAC, ou même l'ALTAIR de Janvier 1975, il n'y avait guère que des batteries d'interrupteurs et une série de lampes extérieures pour envoyer et recevoir de l'information.

A côté de des organes élémentaires permettant une certaine communication entre l'Unité Centrale et l'extérieur, il faut encore souvent compter dans les constituants fondamentaux de l'ordinateur la mémoire principale. On a vu qu'il en existait nécessairement une, de grande qualité, au sein même de la machine, pour servir au traitement lui-même. Mais son prix est souvent important, notamment en raison de la grande vitesse qu'on attend d'elle, et qui commande les performances de l'ensemble. Elle est donc relativement réduite, et il faut absolument la doubler par ces circuits spéciaux situés dans sa périphérie immédiate.

Des plombiers de plus en plus efficaces

Une grande partie des progrès de l'informatique est en fait liée au perfectionnement des circuits. Il serait sans doute lassant de décrire par le menu ce que l'on a appelé les "générations" successives; on sait qu'aux appareils très primitifs à lampes triodes, voire mécaniques, de ce qui fut la préhistoire, ont vite succédé l'utilisation des transistors (semi-conducteurs) qui se sont implantés durant toutes les années cinquante, puis des circuits intégrés apparus au début de la décennie suivante. Ces trois générations, puisque tel est le terme consacré, sont encore relativement faciles à distinguer les unes des autres; la quatrième, la nôtre, serait celle de l'"intégration large" (américanisme pour signifier que le nombre de transistors placés automatiquement sur une seule "puce" est de plus en plus important: un million était le record en 1984). La cinquième est, pour le moment, surtout un terme de défi, comme celui qu'ont lancé les Japonais à l'industrie des Etats-Unis pour les années quatre-vingt-dix.

Ces évolutions de la "plomberie" interne des ordinateurs sont très

intéressantes à étudier, mais laisseraient vite les profanes; elles sont d'ailleurs complexes car, si par exemple la première apparition d'un transistor dans une machine remonte à mai 1950 (trois ans et demi après son invention), il fallut attendre 1959 pour voir disparaître complètement les circuits de la première génération. Plus particulièrement en ce qui concerne la technologie des mémoires, nous nous contenterons de noter quelques moments forts: aux premiers procédés fort rustiques, comme les lignes à retard à mercure des débuts et les célèbres "tambours", cylindres magnétisés tournant à grande vitesse - un peu comme des pistes d'athlétisme sur lesquelles on ferait courir sans arrêt des messagers auscultés à chacun de leurs passages devant les tribunes - ont succédé diverses techniques dont la plus célèbre fut certainement celle des tores de ferrites.

D'abord introduits sans suite sur le WHIRLWIND de 1949, puis repris sur un UNIVAC en Novembre 1954 et sur l'IBM 704 un an plus tard, c'étaient de minuscules anneaux que l'on faisait enfiler sur les supports de quadrillages si fins que l'extraordinaire précision des ouvrières du Sud-Est asiatique était presque indispensable à une obtention en série à des prix de revient supportables. Bien implantés dès 1955, les tores ont disparu lentement, après avoir largement symbolisé l'informatique; ce sont bien entendu aujourd'hui des circuits intégrés, extérieurement tout-à-fait identiques à ceux des microprocesseurs par exemple, qui constituent la totalité des mémoires internes des ordinateurs.

Des coffre-forts pour quoi faire?

Ces mémoires, plus lentes que celle qui figure au coeur même de l'Unité Centrale, ont mille usages. Elles peuvent contenir des morceaux de programmes, soit fixés une fois pour toutes par le constructeur dans ce que l'on appelle des mémoires mortes ou ROM, initiales signifiant Read Only Memory: l'utilisateur ne peut que lire (mais pas en changer) le contenu, soit écrits à volonté par l'homme dans des RAM (le jeu de mots est difficilement traduisible; au pied de la lettre, il s'agit là de mémoires au contenu indéterminé, Random Access Memory, donc modifiable en fonction des besoins). Les informaticiens français ont fabriqué les équivalents MEM et MEV (mémoires mortes et vives) qui rendent assez bien compte des rôles de

ces deux types principaux de supports de l'information - mais il y en a de nombreux genres, à mi-chemin entre ces cas extrêmes -.

Elles servent également à stocker bien d'autres choses: données numériques représentant selon le cas des nombres ou des mots d'après des codes internationaux bien connus (EBCDIC, Extended Binary Coded Decimal Interchange Code, ou ASCII, American Standard Code for Information Interchange). Le programme commande à l'ordinateur de venir y puiser ou y déposer tous les matériaux participant au traitement central. Ils sont placés dans ce que l'on peut se représenter comme une foule de micro-cases, ou cellules dans une ruche, ayant chacune une "adresse" bien précise. Les calculatrices les plus simples ont habitué chacun à imaginer au moins une de ces "mémoires", où l'on peut ranger provisoirement un résultat partiel d'un travail.

En colonne par huit! Marche!

En fait, la situation est un peu plus complexe. Une adresse ne renvoie pas tout-à-fait à un atome élémentaire où l'on placerait une information, mais à un (petit) paquet d'alvéoles contiguës, chacune associée à un "bit", ou logon, c'est-à-dire à une donnée du type 0 ou 1, l'ensemble du paquet constituant un "mot" de base. Sur une calculatrice, c'est souvent quatre bits qui forment un mot; les micros ont commencé par être construits à partir d'"octets" de huit bits, avant de passer à seize ou même trente-deux bits pour se rapprocher des ordinateurs de l'informatique lourde. Suivant la taille du "paquet" élémentaire, qui décide aussi de la largeur des canaux formés de plusieurs fils électriques par lesquels transitent les données - ils portent le nom fort imagé de "bus" -, les performances des ordinateurs divergent sensiblement, d'où l'importance de ce paramètre dans la description d'une machine.

Les circuits de l'Unité Centrale sont aussi évidemment dépendants de la longueur choisie, qui est très souvent un multiple de huit. En effet, pour des raisons de conformisme au moins approché entre les différents systèmes, les mots sont constitués en général de "caractères" d'un octet. Comme un octet est formé de huit chiffres prenant la valeur 0 ou la valeur 1, un calcul simple montre qu'il y a 256 possibilités différentes pour un caractère, largement ce qu'il

faut pour obtenir plusieurs alphabets (majuscules, minuscules, chiffres décimaux, signes élémentaires de ponctuation exigent déjà près de 80 codes distincts).

Les ouvrages techniques donnent toutes les explications pour comprendre la façon - d'ailleurs variable selon les matériels - dont par exemple sont stockés les nombres dans des mémoires. C'est le système binaire qui est à la base de ces procédés, alors que c'est le système décimal qui est employé pour les communications entre hommes: simple problème d'adéquation technique à deux "intelligences" fort différentes. Sans faire aucune théorie, donnons simplement ici, à titre d'exemple, une manière de faire adoptée sur de nombreux ordinateurs individuels: comment représenter uniquement avec des 0 et des 1 un entier compris entre -32768 et 32767.

Juste un coup d'oeil en passant..., mais on ne s'arrête pas, c'est promis.

Voilà déjà de quoi intriguer! Bien des curieux fourrant leur nez dans les entrailles de leur machine se seraient davantage attendus à d'autres limites plus simples, comme -10000 et 10000, plutôt qu'à ces bizarreries: mais quelques tâtonnements leur montreraient bien vite, s'ils cherchaient d'où peuvent bien sortir ces nombres qui ne font certainement pas partie du bagage arithmétique de tout le monde, que 32768 est la quinzième puissance de deux, c'est-à-dire le produit de quinze nombres égaux à 2. Il faut donc coder 32767 nombres strictement positifs, 32768 nombres strictement négatifs sans oublier naturellement le zéro, soient en tout 65536 entiers (deux puissance seize). On comprend qu'il faille exactement seize bits, soient deux octets, pour pouvoir contenir la représentation binaire d'un de ces nombres.

Appelons a b c d e f g h i j k l m n o p ces seize cases élémentaires, A B C D E F G H I J K L M N O P leurs contenus, par définition égaux à 0 ou à 1. La règle de décryptage est la suivante:

- on appelle octet de poids faible le nombre entier défini par l'égalité: $X = 128A + 64B + 32C + 16D + 8E + 4F + 2G + H$;
- on appelle octet de poids fort le nombre entier défini par l'égalité: $Y = 128I + 64J + 32K + 16L + 8M + 4N + 2O + P$;
- on calcule alors l'entier $Z = X + 256Y$;

- le nombre représenté par les deux octets est positif et égal à Z si $I=0$, négatif et égal à $Z-65536$ si $I=1$ (I détermine donc le signe du nombre); cette méthode est inspirée de la règle de calcul de différences par compléments mise au point par Pascal au moment de l'invention de sa machine à calculer.

Les opérations arithmétiques élémentaires doivent alors être décomposées en mini-opérations sur les 0 et les 1 présents dans les cases a b c..., avec tout un cortège de retenues. On peut en imaginer la complexité, mais elle n'a rien qui puisse effrayer ou décourager l'infinie puissance de l'ordinateur! Sa très grande vitesse lui permet de s'en jouer dans des temps qui nous paraissent incroyables. Il y a pourtant un obstacle de taille: par exemple le calcul de la somme $20000+20000$ ne peut s'effectuer avec seulement seize cases, car le total 40000 excède la borne admissible 32767. Si la programmation n'y prenait garde, on serait ainsi devant une cause d'interruption, contre laquelle le programmeur doit se prémunir.

Et encore ceci ne concerne que le calcul sur des entiers; si l'on utilise des nombres réels (comme $\pi = 3,1459265$), il faut alors avoir recours à des techniques plus sophistiquées dites de virgule flottante. Mais le principe est le même; tout traitement - et nous avons déjà dit que c'était la seule action à la portée d'un ordinateur - est exactement de même type: allant piocher dans des coins déterminés d'une mémoire des paquets de 0 et de 1, la machine les malaxe pour en tirer un autre paquet analogue, le stocke etc: voilà le pain quotidien bien monotone de toute Unité Centrale. Elle ne sait strictement rien faire d'autre; mais elle le fait très bien, sans aucune lassitude, avec une très grande fiabilité.

Des kilos qui pèsent de moins en moins lourd

Bien entendu les données et les parties de programme figurant dans les mémoires doivent être organisées de façon simple et très rigoureuse pour que l'on puisse en disposer rationnellement. Nous en reparlerons en examinant le concept de fichier dans l'étude des mémoires de masse, au chapitre sur les périphériques. Leur volume est fonction de la taille globale des mémoires internes, qui dépend du constructeur (et influe beaucoup sur le prix du système). Il s'exprime à l'aide d'une unité devenue un standard: l'octet ou, plus souvent, le

kilo-octet (représenté par la lettre K) qui vaut 1024 octets (plus de huit mille bits).

Dans les débuts de l'informatique de série, vers les années cinquante à soixante, les plus grosses entreprises se contentaient de mémoires n'atteignant qu'exceptionnellement le million de bits, taille de l'équipement d'un micro-ordinateur très moyen de nos jours (128 K = 1048576 bits), les machines à usage professionnel allant d'un à plusieurs dizaines de milliers de K, sans compter naturellement les mémoires auxiliaires dont nous parlerons plus loin. Un système géant comme le Cray 1 ou Control Data Cyber 205 peut stocker jusqu'à 4194304 mots de 64 bits! Même les simples ordinateurs de poche scientifiques des étudiants contiennent couramment au moins un K, de quoi cacher discrètement dans leurs profondeurs une vingtaine de lignes de formules, quand ce ne sont pas plusieurs pages! Cela pose, d'ailleurs, on s'en doute, quelques problèmes...

La machine sur laquelle j'écris ce livre, comme celles qu'on achète vers Noël pour faire jouer les enfants aux Envahisseurs, sont comparables en taille mémoire à de gros ordinateurs professionnels de 1955. La multiplication par un facteur cent des possibilités des mémoires internes des machines dans ces trente ou quarante ans est évidemment un phénomène lié à la miniaturisation galopante des composants électroniques, se traduisant par une décroissance très rapide de leur coût: même si la petitesse relative de la mémoire centrale est toujours compensable par des recours nombreux à des auxiliaires extérieurs, la productivité du système s'en trouve singulièrement accrue quand il n'est plus nécessaire de solliciter à tout bout de champ des périphériques lourds et souvent bien lents.

Quels ordinateurs pour demain?

Comme on a pu le sentir, une évolution considérable a profondément modifié les dimensions et les performances des ordinateurs, des monstres de la seconde guerre mondiale aux gadgets des Computer Shops ou des systèmes en temps réel de la NASA. Mais on a vu également que, peu ou prou, leur conception interne était restée analogue. C'est peut-être d'ailleurs là qu'interviendra, plus tôt qu'on ne le croit généralement, une mutation en profondeur de l'informatique qui renverrait aux oubliettes toute la lignée issue des

idées de John von Neumann. Pour l'instant en tous cas, on peut retrouver une structure commune dans toutes ces machines, un peu comme les cylindres des voitures du Marquis de Dion sont encore bien présents dans les modèles I de compétition.

S'il est quasiment impossible de prédire l'avenir, on peut jeter un oeil sur les "superordinateurs" des années 80 qui donnent peut-être une idée de ce que pourra devenir en 1990 l'informatique lourde. Déjà en 1972, l'ILLIAC IV, construit par l'Université de l'Illinois et la Compagnie Burroughs, était livré à la NASA pour traiter, neuf années durant, de problèmes aérodynamiques très complexes. Il possédait soixante-quatre modules synchrones opérant en parallèle de façon synchrone, ce qui accroissait sa vitesse de manière considérable par rapport aux machines "linéaires" à la von Neumann. La série des Cray 1 et 2, des Cyber 203, 205... de Control Data, apparus au début des années quatre-vingts, en reprenait le principe "vectoriel" et hissaient les performances à un point encore inégalé.

Dans ce nouveau style de travail, l'ordinateur s'efforce de faire effectuer à plusieurs processeurs indépendants des travaux simultanés portant sur des parties non connexes entre elles du programme - par exemple, pour résoudre les immenses équations différentielles nécessaires à la prévision du temps du lendemain, les météorologistes peuvent faire calculer simultanément l'évolution du ciel en plusieurs endroits éloignés les uns des autres sans introduire de rétroactions fâcheuses -. Pour gagner du temps dans l'exécution des programmes, les calculs de géométrie dans l'espace qui dirigent la définition des plans d'une telle machine sont poussés de façon à diminuer au maximum les trajets des électrons, ce qui donne un aspect très compact (et même assez peu représentatif de leurs possibilités réelles) à ces superchampions réduits à des dimensions plutôt médiocres!

Certes tous les problèmes ne se prêtent pas facilement à ce découpage en tranches, et les ordinateurs vectoriels sont assez souvent sous-employés. Il faut de véritables "chiens de garde" pour ces machines extrêmement coûteuses, chargés de prévoir un plan d'exploitation raisonnable plusieurs mois à l'avance. En 1984, la France possédait déjà une dizaine de ces machines, dont une à l'Ecole Polytechnique, d'autres au CEA et dans divers grands organismes ou entreprises importantes (pétrolières par exemple). Peu question donc

de voir nécessairement-là la préfiguration des machines moyennes de l'avenir: mais il est très possible que les architectures dites "pipe-line", parmi d'autres, appliquant les principes des chaînes de travail à la Taylor aux ordinateurs, se retrouvent assez vite dans certains modèles de taille moyenne.

Une réussite (linguistique) française: de Denis Diderot à Thomas Watson

La seule chose dont on pense pouvoir être sûr, c'est que, dans notre pays, les computers porteront toujours le nom d'"ordinateur", autrefois marque déposée d'IBM - comme Bikini ou Frigidaire qui sont la propriété de sociétés commerciales et théoriquement en dehors du domaine public -. Devant la très grande popularité qu'a connu ce mot en France, IBM a choisi avec intelligence d'en abandonner la protection légale et il peut être utilisé librement aujourd'hui. Il est devenu si banalisé qu'on réfléchit fort peu à sa signification; elle est pourtant très précise et mérite (conformément à un petit travers de l'auteur qui aime parfois étudier les mots pour eux-mêmes afin d'en mieux saisir le sens) qu'on s'attarde un instant sur son histoire.

La compagnie IBM France, cherchant à traduire le terme américain "computer" qui devenait de plus en plus impropre à recouvrir les multiples usages de machines qui avaient évidemment dépassé le stade du simple calcul, eût l'heureuse idée de consulter un philologue professeur à la Sorbonne, Jacques Perret (condisciple d'Aron et de Sartre à l'Ecole Normale), éminent grammairien et latiniste, afin de trouver un équivalent conforme au génie de notre langue. Dans une lettre célèbre du 16 Avril 1955, Perret proposa la famille des mots (ordinateur, ordinatrice électronique, ordiner, ordination) avec une référence explicite à Emile Littré, arbitre rigoureux du français savant.

S'appuyant sur un texte de Diderot sur les Malabares dans les *Opinions des Anciens Philosophes*, il définissait "ordination" par "Action de mettre en ordre, d'arranger" - à côté d'un sens religieux sans importance ici -. Au mot voisin "ordinateur", il citait encore Diderot, cette fois-ci sur le Pythagorisme: "la cause universelle, ordinatrice et première était bonne", périphrase au moins curieuse pour désigner Dieu (que Perret, lui, appellera logiquement par son

patronyme dans la lettre à IBM). L'intuition littéraire du spécialiste de langues anciennes était excellente: loin de calculer, une Unité Centrale ne fait en effet pas autre chose qu'ordonner des "data", encore un mot d'origine latine transitant par l'anglais signifiant "données" comme on le sait. (Cette rencontre assez curieuse entre deux vocables aussi voisins pour l'oreille mériterait peut-être d'être notée.)

Si ces quelques pages n'ont pas permis de montrer réellement le fonctionnement matériel d'un ordinateur (il aurait par exemple été tentant, mais trop technique, d'explicitier le détail des phénomènes physiques qui font qu'une suite de symboles 0 et 1 peut être "lue", puis "interprétée" comme une instruction provoquant des opérations arithmétiques ou logiques), nous sommes loin d'avoir même sommairement fait le tour d'une machine aussi complexe. Restent notamment à étudier les périphériques, dont le nom trop modeste cache l'extrême importance, et sans lesquels la pénibilité de l'utilisation humaine des incroyables possibilités internes des ordinateurs les rendrait à peu près aussi inefficaces que des géants aveugles, sourds et muets.