

## QUELQUES FRAGMENTS D'UNE PREHISTOIRE DE L'INFORMATIQUE: DE PASCAL A LA LUNE

Considérer un ordinateur comme uniquement numérique (on sait que l'on parlait jadis de "calculatrice électronique") serait commettre aujourd'hui une erreur grave. Le traitement de ce type de données par ces machines est de plus en plus concurrencé, voire supplanté par le maniement de textes (cf. toute la bureautique). En un sens, l'invention de l'alphabet, comme celle de l'imprimerie ou celle de la machine à écrire, peut être regardée, au même titre que celles de l'automatisation des opérations arithmétiques, comme une étape importante de l'histoire de la naissance de l'informatique. Mais il a fallu du temps pour que les ordinateurs fassent de manière significative autre chose que des calculs (une dizaine d'années environ). Il est donc normal de s'appesantir surtout sur l'histoire du traitement mécanique des nombres dans une brève présentation des précurseurs de l'ordinateur.

Comment obtenir deux et deux sans trop se fatiguer

Comparons quatre objets: un boulier chinois, la "Pascaline" de 1643, une calculatrice vendue au supermarché et un Apple II. Tous quatre peuvent aider à des tâches arithmétiques comme la recherche du nombre de secondes que comportent une année (c'est le produit successif de 60 par 60, puis par 24 et enfin 365; le résultat - 31.536.000 - n'est guère facile à obtenir mentalement). Ces quatre moyens de calcul se comportent pourtant très différemment lors du déroulement de ces opérations. Le boulier et la Pascaline exigent des manipulations assez importantes: glissements le long de tiges métalliques ou pivotements de roues forcées par un bétonnet (ou style), d'autant plus nombreuses qu'il faut ramener ces multiplications à des additions répétées. Le boulier a un grave inconvénient supplémentaire: les retenues ne sont nullement automatiques et exigent des interventions manuelles constantes, ce qui n'est heureusement pas le cas de la machine de Pascal.

La calculatrice de poche se contente d'entrées au clavier des données et de quelques pressions des touches "x" et "=": donc gain d'énergie et de temps considérable par rapport aux deux outils

précédents. L'ordinateur de table - ou même un gigantesque Cray 2 - ne semble pas gagnant dans la comparaison avec la calculette, car il demande quelques manipulations supplémentaires (par exemple écrire quelque chose du genre "PRINT 60 \* 60 \* 24 \* 365" suivi de la frappe de la touche ENTER).

Quelles conclusions tirer de cette brève description?

- Le boulier, à la différence des opérations sur papier auxquelles nous avons été formés dans notre enfance, n'exige aucune connaissance de "tables de Pythagore" ni, a fortiori, de raisonnements mathématiques. Il constitue un premier stade d'automatisation du calcul dans la mesure où il ramène cette suite de produits à une expérience physique (faire plusieurs fois passer des boules d'un côté à l'autre d'un cadre de bois) et à une mesure d'un état final donnant, sous forme visuelle très simple à décoder, le résultat cherché.

- La "Pascaline", dont nous parlerons plus en détail dans un instant, fait ce que fait le boulier, avec une seule mais très importante innovation dans l'automatisation: le passage des retenues, qui devait s'effectuer à la main, est ici obtenu sans aucune intervention humaine.

- Après un examen rapide, il semble que la calculatrice de poche ne diffère pas fondamentalement de la machine de Pascal. Seule change l'énergie en cause; de mécanique - et résultant de l'effort de rotation imposé à chaque roue concernée - elle est devenue électrique - et provient de petites piles ou du branchement sur le secteur -. Bien entendu les procédures d'obtention du résultat n'ont rien de commun: dans un cas des déplacements concrets d'engrenages, dans l'autre des courants électroniques invisibles à l'intérieur d'un microprocesseur. Nous verrons pourtant ailleurs que ce qui pourrait n'apparaître que comme secondaire (la différence de nature et de quantité d'énergie mise en oeuvre) est tout-à-fait fondamental.

#### Un appareil universel

Quelles que soient leurs particularités, ces trois machines ont en commun une sévère limitation: elles savent bien effectuer des opérations arithmétiques, mais elles ne savent faire que cela. Ce sont des objets conçus et réalisés en vue d'une seule utilisation (le calcul

numérique). L'ordinateur de table est d'abord tout autre chose qu'un calculateur: il peut servir par exemple à écrire ce livre si on l'utilise avec un traitement de texte, ou à dessiner le motif décoratif de base d'un tissu. Ensuite, même en tant que calculateur, il est programmable ce qui porte le degré d'automatisation infiniment plus haut que sur les calculettes scientifiques même les plus perfectionnées. Par exemple il peut travailler sans se lasser pendant toute une nuit ou bien davantage pour savoir si tel nombre est premier ou non, et vous laisser le plaisir de découvrir le résultat à votre réveil.

La préhistoire des ordinateurs que nous allons parcourir brièvement sera surtout consacrée à quelques "points forts" d'une évolution fort complexe:

- les machines du dix-septième siècle (Schickard, Pascal, Leibniz notamment), 300 ans avant l'heure H,
- les machines de Babbage au dix-neuvième,
- les calculatrices "Z" de l'Allemand Zuse et les machines à décrypter de l'anglais Turing autour des années 40,
- le MARK I (ou HARVARD-IBM) d'Aiken, et l'ENIAC d'Eckert et Mauchly, toutes deux conçues pendant la deuxième guerre mondiale, et qui marquent le seuil de l'informatique naissante,
- le SSEC d'IBM et les deux réalisations universitaires britanniques d'après-guerre: l'EDSAC (Cambridge) et le MADM (Manchester).

Nous verrons si telle ou telle parmi elles mérite le nom d'ordinateur; la réponse n'est pas facile.

Nous commencerons par les machines mécaniques du type Pascaline, en négligeant un peu arbitrairement les aides antérieures au calcul comme les bouliers ou les "réglettes de Néper", apparues en 1617 (année de sa mort), ou les projets restés à l'état de schémas manuscrits de Léonard de Vinci qui préfigurent l'oeuvre de Pascal. En effet, nous avons vu que les bouliers n'effectuaient pas complètement automatiquement les calculs - faute de savoir traiter les retenues sans "coup de pouce" humain -, les réglettes de Néper ne sont que des tables de multiplication mobiles, et Vinci n'a jamais dépassé le stade de la planche à dessin, ce qui fit qu'on ignora son travail jusqu'en 1967, bien après Pascal et Leibniz... Disons en passant que le même Néper, célèbre à jamais pour l'invention des logarithmes en 1614, donc des tables et des règles à calcul si indispensables encore vers les

années 1970, est par conséquent un précurseur fondamental d'une variante de l'informatique (les machines analogiques) éclipsée par le triomphe des ordinateurs numériques digitaux et binaires.

Un précurseur peu connu, 100 km à l'est de Strasbourg

De l'"horloge à calcul" de 1623, sans aucun doute la première machine réellement construite, nous ne savons pas grand chose. Elle est l'oeuvre de Wilhelm Schickard, astronome souabe de Tübingen (célèbre ville universitaire depuis 1477, au sud de Stuttgart, où Kepler fut notamment étudiant: on verra toute l'importance de ce détail). Signalons par curiosité qu'il y enseignait l'hébreu et les langues orientales depuis 1619 (à 27 ans), avant d'être enfin nommé, en 1631, professeur de mathématiques et d'astronomie pour les quatre dernières années de sa vie. C'est justement grâce à sa correspondance avec Kepler que nous avons une idée précise de sa calculatrice. Dans une lettre du 20 Septembre 1623, publiée en 1718 mais restée longtemps négligée par les historiens, il affirme avoir conçu une machine composée de "11 roues complètes et 6 mutilées" (dentées?) qui "ajoute, retranche, multiplie et divise automatiquement"; il insiste sur les retenues qu'elle "accumule et transporte d'elle-même".

Ce n'est qu'en 1957 que fut retrouvée la lettre du 25 Février 1624, précieuse en particulier par des dessins (destinés au constructeur) qui l'accompagnaient. Elle nous permet de connaître assez bien la machine pour qu'on ait pu en reconstituer une copie en état de marche (l'unique exemplaire ayant réellement été construit par Schickard, pour ce que nous en savons, venait justement d'être détruit dans un incendie le 22 Février précédent). Multiplications et divisions n'étaient obtenues que par utilisation de réglettes de Néper mises sous forme cylindrique. Par contre l'addition est semblable, dans son principe, à celle qu'effectuera la Pascaline 20 ans plus tard.

On pense toutefois que cette machine n'était qu'un prototype sans doute peu au point (d'où l'abandon du projet); Pascal aura lui aussi d'inouïes difficultés à obtenir une bonne fiabilité du mécanisme. Les possibilités techniques des artisans de notre siècle qui ont fait "tourner" le modèle de Schickard sont clairement sans commune mesure avec celles de l'époque; on ne peut donc vraiment être sûr que



notre astronome avait effectivement une calculatrice en état de marche. Quoi qu'il en soit, il doit être crédité d'une part de la gloire des précurseurs pour avoir largement dépassé le simple stade de l'invention théorique en procédant à une première réalisation. Coïncidence étrange: cette année-là surgit également l'idée de la règle à calculs, premier - et longtemps unique - "ordinateur" analogique.

Où l'on peut voir que l'inquisition fiscale pèse parfois aux fonctionnaires eux-mêmes, et comment d'un mal peut (très occasionnellement) sortir un bien

Né justement en 1623 (le 19 juin), le Clermontois Blaise Pascal n'a guère besoin d'être présenté ici. Rappelons en quelques mots que son intelligence éblouira son père, qui vendra sa charge de deuxième Président de la Cour des Aides pour venir à Paris en 1631 se consacrer à l'éducation de Blaise et de ses soeurs Gilberte et Jacqueline. Il le pouvait d'autant mieux qu'il était fort cultivé - les mathématiciens utilisent encore les courbes appelées "limaçons d'Etienne Pascal" -; il fréquentait le Père Minime Marin Mersenne, du couvent de la Place Royale, mathématicien et physicien dont nous connaissons le rôle fondamental dans la diffusion des connaissances de son siècle et la création de ce qui deviendra l'Académie des Sciences.

Il est important ici de savoir qu'Etienne Pascal fut (heureusement pour nous) un mauvais investisseur: l'Hôtel de Ville de Paris ayant brutalement réduit les valeurs des rentes dans lesquelles il avait placé son argent, il s'enfuit en Auvergne à la suite d'une émeute de protestation contre cette décision. Devant gagner de nouveau sa vie, il obtint sa grâce de Richelieu et fut nommé fin 1639 à Rouen pour procéder à l'établissement des rôles de l'impôt. Il y vécut avec ses enfants, quelque part sur ce qui est aujourd'hui la place de l'Hôtel de Ville. Blaise, quant à lui, avait déjà découvert à 16 ans une propriété géométrique qu'il publiera, dès 1640, sous le nom d'"Essay pour les coniques".

La nouvelle répartition des "tailles" entre les différentes paroisses de Haute-Normandie, nécessitée par une toute fraîche révolte d'origine fiscale, occasionnait de lourds calculs à Etienne Pascal. La

curiosité scientifique de son fils fut, sans doute tout autant que le véritable amour que celui-ci lui portait, à l'origine de la conception (fin 1640) d'une additionneuse automatique, capable également de soustraire, qui tiendrait compte des modalités financières françaises. Les comptes étaient alors faits en livres, sols et deniers. La livre n'existait pas sous forme métallique, mais servait d'unité de compte; elle valait vingt sols (le franc fut très longtemps divisé en vingt sous, dont on entendait encore la trace populaire dans les années cinquante). Le denier, quant à lui, était un douzième de sol. On se doute que ces subdivisions traditionnelles ne facilitaient pas les calculs; nos voisins anglais eurent bien à se débattre avec des livres sterling de 20 shillings de 12 pence jusqu'en Février 1971...

#### Le long chemin de la conception à la technologie

Il était indispensable que le mécanisme des retenues tienne compte de ces fantaisies monétaires si malcommodes. Fin 1642 une première réalisation fut si décevante que Pascal faillit abandonner, comme Schickard dont il n'avait certainement pas connu l'échec. On peut penser que dès l'année suivante il fut en possession d'un modèle plus efficace, car une présentation publique eut lieu en Février 1644 chez Henri II de Bourbon, père du prince de Condé (il n'est pas absolument certain toutefois que la machine ait effectivement fonctionné à cette occasion). Il n'avait pas fallu moins de cinquante essais divers, de l'aveu même de l'auteur qui, dès 1645, disposera d'un prototype suffisamment sûr pour commencer la construction de plusieurs dizaines de Pascalines pour lesquelles il obtiendra un Privilège Royal le 22 Mai 1649.

Pascal, en bon homme d'affaires - comme il le prouvera avec les "carrosses à cinq sols" dans le Paris de 1662 -, ne néglige pas la publicité. Il rédige en 1645 un "Advis" de 18 pages, lointain prédécesseur des cahiers qu'Apple fera insérer dans le Point ou l'Express en 1984 pour le lancement de son Macintosh. Il en offre aux puissants du jour, comme la reine Christine. Il fait organiser de nombreuses exhibitions (une encore en 1652). Nous avons déjà dit qu'il prit un concessionnaire, professeur au Collège de France (Roberval) qui "fera voir succinctement et gratuitement la facilité des opérations, en fera vendre et en enseignera l'usage".

L'historien des sciences René Taton, dont je pille ici sans vergogne un article fondamental, cite un trait bien moderne de ce dernier personnage. Comme Gene Amdahl deux cents ans plus tard quittera IBM pour la concurrencer par ses propres machines Amdahl (et rééditer d'ailleurs le coup un peu plus tard), comme Seymour Cray abandonnera Control Data Corporation pour créer Cray Research (les super-ordinateurs des années 80) ou Chuck Peedle passera de Commodore à Victor-Sirius, Roberval ne manquera pas, semble-t-il, d'envie de lancer sa propre série de calculateurs contre ceux qu'il devait promouvoir. Mais il ne réalisera pas ce projet, et ne restera connu dans le public (jusque 1960 environ) que comme l'homme d'un gadget universel: la première balance de qualité, qui trônait il y a peu encore dans chaque cuisine.

Sur les étagères des musées techniques... et dans les vitrines du bon géant de l'informatique d'aujourd'hui

Les reproductions classiques de la machine de Pascal sont très connues (la première est dûe à Diderot dans son article de l'Encyclopédie). Il existe encore aujourd'hui des Pascalines en bon état: on en possède huit exemplaires à peu près authentiques. L'un d'eux connut une histoire peu banale. Après avoir été offert au Chancelier Séguier (qui accordera le Privilège) par Pascal lui-même, sans doute conservé comme bien de l'Etat, il fut mis en vente publique au marché à la ferraille de Bordeaux après les troubles révolutionnaires - la République n'ayant, paraît-il, pas besoin alors de savants, croyait certainement sans aucun intérêt un tel vestige de l'ancien régime -, exposé au Palais de la Découverte en 1950, acheté par IBM France, réclamé par la Direction des Musées - mieux vaut tard que jamais -, il fut enfin déposé le 15 Octobre 1951 au Conservatoire des Arts et Métiers à Paris. En échange, ce dernier offrit à la compagnie un exemplaire pratiquement identique (mais dépourvu d'autographe), depuis précieusement gardé en son siège aristocratique de la place Vendôme, presque contemporain de sa construction. Une reproduction fidèle en fut placée, trente ans plus tard, dans le grand hall de la très moderne tour Pascal à la Défense.

La machine est essentiellement une additionneuse, au principe relativement simple. Il suffit de mettre en mouvement des roues à dix

positions marquant les différentes unités décimales, comme on formait un numéro de téléphone sur les anciens cadrans circulaires à butée. Pour ajouter par exemple 13 à 25, on part de deux roues remises à zéro, on tourne celle des unités de cinq crans, puis de trois crans, on tourne celle des dizaines de deux crans, puis d'un cran. On peut alors lire le résultat (38) par simple inspection des deux roues. Pour des raisons techniques, Pascal mit en jeu deux séries de roues: les premières comme périphérique d'entrée, mû par le doigt (ou plutôt un style) pour recevoir les données, les autres, sortes de tambours portant des chiffres dessinés à la main, servant à afficher le résultat à travers de minuscules fenêtres - on retrouve bien le IN et le OUT, devenus le clavier et l'écran de nos appareils modernes -.

#### Un tour de force matériel: le sautoir

Toute la difficulté et la valeur de l'invention résident dans le traitement mécanique des "retenues"; il s'en présenterait par exemple nécessairement une pour le calcul de la somme  $17 + 25$ . Pascal n'utilisa pas d'engrenages, comme il est habituel sur les autres machines, mais des disques pleins dans lesquels il fit insérer régulièrement, près de leurs bords, dix (vingt ou douze, selon le type de roue) chevilles, ou goupilles comme l'on voudra, bref dix pointes perpendiculaires au disque pour jouer le rôle de dents. (On reconnaît là un dispositif très ancien, par exemple encore visible dans des roues à aube, ou des cages d'écureuil). Il existe en général de six à dix cercles de ce genre pour l'entrée des nombres, munies de cliquets empêchant la rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Les retenues sont effectuées par un "sautoir", constitué d'une fourche mobile, s'élevant un peu plus à chaque dixième de tour jusqu'à retomber par simple pesanteur, déclenchant à son tour une rotation partielle de la roue suivante. On peut juger de l'extrême délicatesse d'un tel système, par exemple très sensible à l'horizontalité du support de la machine (donc inutilisable en mer, ce qui empêchait d'en embarquer afin de rendre plus sûres les navigations marchandes et militaires), et de la maîtrise technologique dont il fallut faire preuve pour qu'aboutisse son dessein. L'histoire des techniques abonde en dizaines d'idées théoriques remarquables dont la réalisation resta

inachevée par suite des limitations des possibilités de l'époque; Pascal, souvent perçu comme réveur infirme, prototype de l'intellectuel, sut se montrer ici homme d'action efficace et responsable.

Un tour de force mental: de l'addition à la soustraction

René Moreau remarque que l'automatisation d'un report pour retenue est sans doute le premier exemple d'une instruction conditionnelle (IF...THEN, si...alors). Mais la Pascaline contient aussi un autre concept informatique de base tout-à-fait original pour l'époque: celui de calcul par compléments, d'un usage systématique de nos jours pour éviter l'embrouillamini des problèmes de signe. On sait par exemple que, pour stocker sur deux octets (seize bits consécutifs) un entier  $n$  compris entre -32768 et 32767, un ordinateur moderne l'enregistre sous la forme  $n' = n$  s'il est positif ou nul, et sous la forme  $n' = 65536 + n$  s'il est strictement négatif. De la sorte, la mémoire contient toujours un nombre positif ou nul  $n'$ , au plus égal à 32767 s'il représente un entier positif ou nul, et compris entre 32768 et 65535 pour un entier strictement négatif.

Cette idée vient directement de Pascal. Ne pouvant soustraire directement puisqu'il s'interdisait des rotations en sens inverse pour des raisons de sécurité, il se ramenait à des additions par un artifice analogue. Travaillant par exemple avec six chiffres, il associait systématiquement un nombre tel que 354861 à son complément à 999999, égal à 645138. Il pouvait passer (presque) automatiquement de l'un à l'autre en faisant glisser un cache sur les tambours où s'affichaient les sorties: il suffisait simplement en effet que ces derniers portent deux graduations telles que la somme des chiffres en regard soit toujours égale à 9. Partant de là, il n'est pas difficile d'imaginer comment relier les résultats d'une soustraction de la forme  $(A - 354861)$  et d'une addition comme  $(A + 645138)$ . C'est bien la même idée (avec ici 999999 au lieu de 65536) que celle qui est utilisée aujourd'hui par tous les ordinateurs du monde.

Le marketing au dix-septième siècle: à chacun selon ses besoins

Au catalogue pascalien, pour un prix jugé prohibitif par l'auteur

lui-même - sans doute de l'ordre d'une centaine de livres, soit approximativement aujourd'hui le coût d'un micro-ordinateur - figuraient certaines machines financières (avec sols et deniers), mais aussi des appareils numériques "purs" (toutes les roues à dix graduations), et même au moins un exemplaire, parvenu jusqu'à nous, de machine pour géomètres avec cinq roues décimales pour les toises, une à six graduations pour les pieds, et deux à douze positions pour les pouces et les lignes (unités de longueur de l'époque). Cette grande variété de modèles est étonnante. Elle prouve une volonté commerciale évidente d'exploiter son invention scientifique.

Cette attitude paraîtrait fort normale, par exemple, aux américains de nos jours. Mais elle reste souvent considérée comme "impure" dans certains milieux universitaires, entre autres, où règnent parfois plus jalousie et petitesse d'esprit que le goût d'entreprendre. Pascal aurait certainement été fort mal vu aujourd'hui de bon nombre de ses "chers collègues" mathématiciens français s'il avait persisté à vendre ses machines. Elles étaient hautes de 7 cm environ, sur une base de 12 cm de large et d'une longueur variable comprise entre 30 et 40 cm selon la capacité (le nombre de roues) - ici encore on constate la compatibilité de ces dimensions avec celles des machines modernes -. Le matériau était composite, en laiton principalement, avec parfois des parties décoratives en bois. Certaines portaient avec orgueil, sur la face avant, un écusson où un agneau symbolisait la famille de Pascal.

Si blasé que l'on puisse être en une époque où le moindre Prisunic vend, pour 50 francs, des merveilles électroniques incomparablement plus puissantes que ces lourdes boîtes malcommodes, on ressent quand même encore un peu de l'admiration qui frappait les contemporains de Pascal devant ce qu'il avait pu concevoir et, surtout, mener à bon terme et diffuser dans le public. Sa célébrité en tant que philosophe ou écrivain l'éclipsera sans doute plus tard pour l'homme de la rue qui ne retiendra guère que les *Pensées*; mais pendant sa vie, c'est son œuvre scientifique qui le faisait connaître, et tout particulièrement l'invention de sa jeunesse qui l'avait porté d'un coup au plus haut de la gloire.

G.W.Leibniz, homme universel et ingénieur

Les multiplications n'étaient possibles que par recours systématique à des additions successives. C'est un autre mathématicien et philosophe, plus célèbre encore que Pascal peut-être, qui aux environs de sa vingt-quatrième année, en 1670, concevra la première "quatre opérations" automatique du monde. Gottfried Wilhelm Leibniz dut attendre ensuite 1694 pour construire effectivement un modèle en état de marche. Nous avons la preuve de la faisabilité de son projet car nous possédons encore cet exemplaire original (conservé à Hanovre, avec un manuscrit de 1685 décrivant tous les détails; il y en eut au moins un autre). Si cette machine n'est pas complètement satisfaisante et semble présenter quelques imperfections, l'excellence de ses principes fut en tous cas démontrée par ses fidèles et nombreuses descendantes directes (simplifiées, il est vrai, par une astuce mécanique remarquable et bénéficiant surtout d'un environnement technologique très supérieur à celui de 1673) que réalisa en 1821, puis améliora et vendit à 1500 exemplaires sous le nom d'Arithmomètre l'agent d'assurances Charles Xavier Thomas de Colmar. On prétend qu'il s'en trouvait encore sur le marché au début de ce siècle.

Les liens entre Leibniz et Pascal furent nombreux. C'est par exemple par Leibniz que l'on connaît l'essentiel d'une oeuvre géométrique perdue de Pascal (encore un Traité sur les Coniques). C'est la lecture d'une figure de Pascal qui inspirera à Leibniz en 1673 - l'année même où il fit un exposé sur sa machine devant l'Académie des Sciences à Paris - son célèbre "triangle fondamental"; il saura en tirer les fameux " $dx$ " et " $dy$ " qui lui donneront, indépendamment du travail de Newton, les clefs du calcul différentiel et intégral. Leibniz a donc eu tout loisir de manipuler la Pascaline; mais sa machine est presque totalement différente. Il semble d'ailleurs que nous ayons (il y'a quelques années seulement) retrouvé un premier document sur la machine datant de 1670 au plus tard, donc précédant ses voyages en France..

#### Le tambour à dents inégales

Parmi les idées toutes personnelles de Leibniz figurent essentiellement un cylindre (portant aujourd'hui son nom) auquel on a collé extérieurement des baguettes de métal, parallèles aux



génératrices, de longueurs différentes entre elles, et un chariot mobile coulissant le long de l'une des faces, qu'on déplace à la main d'un cran chaque fois que l'on aborde une multiplication partielle (exactement comme on passe à la ligne en décalant un espace supplémentaire au cours d'une opération sur papier). Parmi les défauts réels de cette multiplicatrice, outre un prix de revient si prohibitif que toute commercialisation à la Pascal était clairement hors de question, on peut signaler que la machine échoue parfois à effectuer deux retenues successives: il faut alors utiliser des roues auxiliaires malcommodes. Mais la simplicité de l'idée fondamentale est telle qu'elle porte la marque du génie: elle inspirera d'ailleurs la très grande majorité des calculatrices mécaniques jusqu'à nos jours.

Le cylindre peut être considéré comme résultant en fait de l'empilement en un bloc homogène de dix roues dentées différentes de même épaisseur. La première porte neuf dents, la suivante huit, la troisième sept etc, jusqu'à une seule dent suivie d'une roue... totalement édentée, de façon à former un tambour "sculpté" enrichi de neuf excroissances de longueurs variant régulièrement entre un et neuf. Les baguettes extérieures ainsi obtenues jouent le rôle essentiel dans les engrenages à la Leibniz: si l'on enclenche une roue normale (dix dents) dans un tel cylindre tournant sur lui-même, elle subira une rotation plus ou moins importante, fonction de l'endroit du tambour qu'elle touche. Par un simple déplacement latéral du cylindre, on peut donc modifier à sa guise l'angle de rotation de la roue résultant d'un tour complet du mécanisme. Telle était la clef de la multiplicatrice. Elle comporte un assez grand nombre de ces tambours, car il en faut un par chiffre de multiplicateur. Ils sont montés sur des axes fixes par rapport au chariot.

La machine est conçue pour calculer des expressions de la forme  $(A + B \times C)$ . Pour  $C = 1$ , on obtient une addition, et, pour  $A = 0$ , une multiplication. Le nombre A est inscrit à l'aide d'un style, comme sur la Pascaline, sur des disques à dix graduations représentant les chiffres décimaux de A. Ceux de B sont utilisés à définir les emplacements des cylindres de Leibniz (par l'action d'une manivelle à crémaillère). Enfin les chiffres de C déterminent les mouvements du chariot: si  $C = 823$ , on tourne trois fois l'ensemble des cylindres, puis on effectue un déplacement du chariot d'un cran suivi de deux tours de cylindres, et on termine par une dernière translation et huit

rotations. Le résultat vient alors s'inscrire sur les roues où A est devenu  $(A + B \times C)$  - avec, dans certains cas, quelques problèmes de retenues signalés par la calculatrice elle-même, nécessitant une action manuelle supplémentaire -. Bien entendu on peut continuer pour obtenir des quantités telles que  $(A + B \times C + D \times E + F \times G \dots)$  ce qui est très pratique pour quelques calculs scientifiques ou financiers.

Au delà des nombres: premiers pas vers la science informatique

Leibniz vécut plus longtemps que Pascal (Diderot écrira drôlement dans la "Réfutation d'Helvétius" qu'il avait passé "trente ans dans sa robe de chambre, enfoncé dans les profondeurs de la géométrie ou perdu dans les ténèbres de la métaphysique"), mais il lui fallut parfois gaspiller son génie à des tâches stupides, d'obscures recherches généalogiques par exemple. Il mourut le 14 Novembre 1716, d'une crise de goutte aiguë - il n'y a pas que des désavantages à vivre à notre époque -. Son influence scientifique et philosophique fut immense. En informatique proprement dite, sans compter la réalisation que nous venons d'évoquer, il fit d'importantes recherches sur la combinatoire (quatre cents ans après Raymond Lulle) et le calcul binaire sur lesquels il espérait fonder une "caractéristique universelle" de la pensée pour automatiser la science: "[Cette analyse] nous fait raisonner à peu de frais, en mettant des caractères à la place des choses pour désemparasser l'imagination".

C'est George Boole, né en 1815 (pratiquement un siècle après la mort de Leibniz) qui accomplira partiellement son vœu par ses ouvrages de 1848 ("Analyse mathématique de la logique") et 1854 ("Etude sur les lois de la pensée"), suivi à son tour par un esprit fort curieux, constructeur d'une calculatrice portant sur la logique, S.Jevons. Chacun sait quel rôle joue l'algèbre de Boole en informatique et, plus généralement, en théorie de l'information: elle était contenue, en filigrane, dans les essais infructueux, car trop ambitieux pour son époque, de celui que Voltaire croyait ridiculiser à jamais dans "Candide" avec le fameux "Tout est pour le mieux dans le meilleur des mondes possibles". Leibniz est indiscutablement reconnu aujourd'hui pour cela comme le père de l'intelligence artificielle. Pascal et lui furent, au dix-septième siècle, plus que des précurseurs: ils donnèrent du travail pour cent ans à toute la

communauté intellectuelle de l'Europe.

Où l'ordinateur commence à pointer sous les calculatrices: l'essai passionné d'un anglais malgracieux

Charles Babbage naquit le lendemain de Noël 1791. Comme Schickard, il était astronome, au moins par goût car ce grand bourgeois n'exerça jamais effectivement de profession (même s'il fut un temps professeur de mathématiques à Cambridge, il n'y donna aucun cours!). Ses quatre-vingts années de vie furent assez malheureuses et pleines d'intrigues - par exemple pour se faire nommer haut fonctionnaire -, de rédactions d'ouvrages scientifiques les plus divers, de problèmes financiers, de démarches de toutes sortes pour obtenir des subventions gouvernementales ou de conflits avec les dessinateurs et mécaniciens qu'il employait. Le grand oeuvre de sa vie a tourné autour de trois projets dont le dernier, au moins, mérite d'être considéré comme la première conception réaliste d'un ordinateur.

Voyons d'abord les deux "machines à différences". Il existe un exemplaire d'une partie assez significative de la première d'entre elles pour imaginer ce qu'aurait dû être l'ensemble. L'idée en a été développée en 1822; le fragment que nous avons fut construit en 1833, grâce à une aide substantielle du gouvernement britannique, notamment du célèbre duc de Wellington, un temps Premier Ministre. Il s'agit tout simplement de dresser et d'imprimer automatiquement des tables de fonctions mathématiques (trigonométriques, exponentielles...), et non de pouvoir traiter des opérations arithmétiques à la demande comme avec une Pascaline.

Le procédé de calcul repose sur le fait que toute fonction peut être approchée localement par des polynômes - technique reprise de nos jours avec le concept fondamental de "spline", très utilisé sur ordinateur -. Et le calcul de valeurs polynomiales régulièrement espacées est effectivement susceptible d'une mécanisation simple, grâce à une propriété algébrique classique (une certaine "différence finie d'ordre  $k$ " est constante, ce qui permet de calculer de proche en proche des valeurs  $P(n)$ ,  $P(n+1)$ ,  $P(n+2)$ ...). La seconde machine aurait été une version améliorée de celle-ci; son projet ne fut jamais très avancé. (Entre temps, deux suédois, Georges et son fils Edouard Scheutz, purent construire et faire fonctionner en 1853 une

calculatrice analogue, mais simplifiée et moins ambitieuse, que nous possédons).

#### La première tentative concrète vers un outil universel

Au cours des longs conflits qui l'opposèrent à son gouvernement (à qui il voulait faire supporter les frais inouïs de construction du premier modèle), Babbage conçut vers 1833 une "machine analytique" d'une toute autre importance pour nous. Utilisant notamment la technique de cartes perforées mise au point pour les métiers à tisser par Jacquard au début du siècle, il définit les plans d'un prototype de calculateur universel, c'est-à-dire capable d'exécuter automatiquement n'importe quel algorithme. Il y a là toute la différence qui sépare, pour prendre une image, un tapis roulant d'une voiture: tous deux vous mènent sans effort d'un point à un autre, mais l'un est restreint par nature à certains déplacements précis, alors que l'autre ne connaît guère de limites si on sait la diriger.

Même si l'"Analytical Engine" ne fut, ici encore, construit par son fils que d'une façon extrêmement partielle après la mort de Babbage, même si son utilisation fut rendue presque impossible par des difficultés d'ordre technologique insurmontables pour l'époque, on peut considérer que la machine analytique était tout-à-fait viable. En un sens, le MARK I dont nous parlerons plus loin en fut simplement une version plus performante et, surtout, électrique (Babbage n'avait pensé qu'à la vapeur). Déjà la machine analytique avait l'essentiel d'un calculateur universel: des périphériques d'entrée et de sortie, une unité centrale de calcul ("mill": le moulin), une unité de commande ("control unit"), une mémoire ("store": littéralement le magasin). On retrouve cette structure dans tout ordinateur aujourd'hui. Entre autres capacités remarquables, elle était capable d'effectuer des boucles (en BASIC on dirait: FOR I=1 TO N... NEXT I).

Les albums de la comtesse: où l'on voit que certains préjugés sur les rapports des femmes et de la logique sont peut-être à moduler

Tout aussi importante pour l'histoire de l'informatique est la contribution sans prix qu'apporta à Babbage la célèbre comtesse Augusta Ada de Lovelace (1815-1852), née Byron, qui consacra les dix

dernières années de sa vie à expliciter la suite des mouvements de cartes destinée à obtenir tel ou tel calcul. Elle inventa sans doute entre autres la notion de sous-programme qui, comme les itérations, permet d'utiliser autant de fois que nécessaire un même jeu d'instructions sans que l'on ait eu besoin d'en prévoir plusieurs "copies" dans l'écriture de l'algorithme général: d'ailleurs souvent personne ne sait a priori exactement combien de fois on recourra effectivement à un sous-programme dans une application donnée. Les textes qu'elle rédigea nous sont très précieux pour comprendre ce qu'était la machine analytique.

Bien que l'on dise parfois que l'informatique rebute les femmes, les exemples d'Ada Byron, d'Adèle Goldstine, de Frances E. Holberton, de Grace Murray Hopper, Jean Sammet ou Klara von Neumann (qui jouèrent toutes un rôle essentiel dans les débuts de cette histoire, et notamment dans le développement de la programmation) viennent plus que nuancer ce qui n'est peut-être qu'un stéréotype! La contribution exceptionnellenent importante de toutes ces pionnières est presque toujours tout-à-fait ignorée; en revanche on fait souvent remarquer que la présence féminine quotidienne en informatique, surtout de gestion, se résume généralement en de longues cohortes d'employées subalternes, occupées à la saisie ou à des opérations bureautiques assez banales. Il est vrai aussi que l'importante diffusion des micro-ordinateurs des années 80 n'a pas semblé passionner autant, et de loin, les femmes que leurs maris - ou leurs enfants -. Ada de Lovelace aurait-elle acheté aujourd'hui un Apple ou l'aurait-elle jugé indigne de sa perspicacité?

#### Le calcul mécanique à la portée de tous

Entre Babbage et les machines des années quarante, il y eut bien entendu de nombreuses évolutions que nous ne pouvons présenter que d'un mot. Les calculatrices numériques à usage commercial se perfectionnaient régulièrement, de l'Arithmomètre de Thomas de Colmar à l'"Adding and Listing Machine" de William Burroughs (1886) et à la banale caisse enregistreuse, inventée en 1879 et développée par la NCR (National Cash Register) fondée en 1884 par John Patterson. Ce véritable despote fut d'ailleurs celui qui apprit au jeune Thomas Watson le métier de vendeur, puis de dirigeant d'entreprise; certains

ne manquent pas de dire qu'il lui passa également ses tendances légèrement autoritaires... Il faut surtout signaler l'oeuvre de l'ingénieur germano-américain Herman Hollerith (1860-1929). Exploitant une remarque de son futur beau-père Billings, il utilisa des cartes perforées inspirées de celles de Jacquard pour aider au dépouillement du recensement de 1880, et créa la "Tabulation Machine Company" en 1896 pour exploiter les nombreuses tabulatrices automatiques électromécaniques qu'il avait inventées et mises au point.

Par suite d'une fusion, sa compagnie devint en 1911 la CTR ("Computing Tabulating Recording Company") que dirigera, dès 1914, Thomas Watson - démissionné de la NCR fin 1913 par l'irascible Patterson -. Nul n'ignore que cette entreprise prendra en 1924 le nom d'"International Business Machines", promis au sort que l'on sait. Hollerith ne s'entendra pas avec Watson (il ne sera pas le seul) et quittera la CTR en 1921. Il restera dans l'histoire comme le maître de la mécanographie. Son rival James Powers, qui lui subtilisera la commande du gouvernement américain pour le recensement de 1910, sera, pour sa part, à l'origine (en 1911) de la "Powers Accounting Machine Company" qui se fondra en 1927 dans la "Remington Rand Corporation", devenue enfin "Sperry Rand Corporation" en 1955: la démographie américaine fut donc à l'origine de deux des géants de l'ordinateur. IBM fabriquera notamment des calculatrices à cartes perforées comme la "Multiplier 601", dont une variante améliorée fut offerte au "Watson Astronomical Computing Bureau" (l'un des deux laboratoires créés, équipés et offerts à l'Université de Columbia, à la demande de celle-ci, en 1929), dirigé par Wallace J. Eckert, troisième astronome de cette préhistoire de l'informatique - à ne pas confondre avec un concepteur de l'ENIAC du nom de John Prespert Eckert -.

#### Les débuts de l'informatique allemande: Konrad Zuse

La véritable origine des ordinateurs se situe quelque part entre 1936 et 1948. Le premier appareil à citer est le Z-1 de l'ingénieur allemand Konrad Zuse (né en 1910), inconnu des profanes - tout comme trois siècles auparavant, son compatriote Schickard vit son prototype risquer de tomber dans un oubli total au profit des Pascalines -. C'était un calculateur numérique entièrement mécanique

fabriqué entre 1936 et 1938... dans le salon de sa famille. Les trois modèles suivants (Z-2 en 1939, Z-3 en 1941 et Z-4 en 1945) utiliseront des relais électromagnétiques. Dans ses "Versuchsmodellen" (modèles expérimentaux) Zuse avait adopté le système binaire. Il mit également au point le calcul en virgule flottante et un langage de programmation dont le nom sonne bizarrement à des oreilles françaises: Plankalkul...

Le Z-4 était incontestablement un véritable ordinateur (non électronique) qui fonctionna notamment à Zurich de 1950 à 1954. La petite société que Zuse avait créée en 1949 fut contrôlée en 1964 par l'entreprise suisse Brown Boveri, puis forma le premier noyau informatique de Siemens en 1967. L'importance du rôle de Zuse n'est donc pas seulement historique: le travail de ce pionnier a encore des retombées économiques évidentes en Europe. S'il est difficile d'en trouver trace dans les histoires des débuts de l'informatique circulant généralement dans le public, c'est évidemment à cause de la guerre dont les conséquences ne sont pas toutes effacées de nos mémoires. Zuse a sans aucun doute contribué à l'effort militaire allemand; certains pensent qu'il fut nazi, et qu'il l'est même peut-être aujourd'hui encore. Quoi qu'il en soit, on doit rendre hommage au talent exceptionnel de cet ingénieur solitaire; dans d'autres conditions, ses prototypes auraient évidemment connu gloire et postérité.

#### L'extravagant Mr Turing et ses machines en tout genre

Pendant la guerre également furent mis au point, et utilisés pour les besoins du décryptage britannique, les calculateurs spécialisés "Robinson", puis "Colossus" à tubes à vide (1943), dûs essentiellement au génie du mathématicien et logicien Alan Mathison Turing (1912-1954). Cet homme parfois instable mais fascinant participera encore par la suite à la création des premiers ordinateurs anglais d'après guerre comme le Pilot ACE (prototype du "Automatic Calculating Electronic Machine") de 1948 et indirectement, un an plus tard, du MADM ("Manchester Automatic Digital Machine"). Il réalisa l'un des premiers programmes simulant un (modeste) joueur d'échecs. Il souffrit vers la fin de sa vie d'une très grande instabilité nerveuse et fut peut-être acculé au suicide pour des questions d'homosexualité.



Si importantes qu'aient été ses réalisations concrètes, ses travaux scientifiques majeurs sont pourtant d'ordre théorique: une contribution fondamentale à l'intelligence artificielle naissante ("Computing Machinery and Intelligence" en 1950: de subtils tests pour savoir si une machine "pense") mais, surtout, une étude de 1936 sur les fondements des mathématiques où il définissait les fonctions dites "calculables" (d'importance capitale en logique formelle) et introduisait les classiques "machines de Turing". Ces dernières, totalement abstraites, ne doivent en aucun cas être confondues avec celles qu'il construisit par la suite, mais fournissent la base naturelle de la science informatique - trop souvent occultée à nos yeux par les prouesses purement techniques -. Il travailla aux Etats-Unis en logique pure, notamment à l'Institut d'Etudes Avancées de Princeton avec von Neumann entre 1936 et 1938, avant de revenir en Angleterre et d'être presque aussitôt sollicité par les services secrets britanniques et parvenir à "casser" les codes de la machine allemande Enigma... puis croquer une pomme enduite de cyanure (!) le 8 juin 1954.

L'informatique a-t-elle vaincu l'Allemagne et le Japon?

On lit souvent que ce furent les premiers ordinateurs qui permirent aux alliés de gagner la seconde guerre mondiale. C'est inexact. Les "Colossus" de Turing, comme l'"Analyseur différentiel" de Vannevar Bush du MIT (calculateur analogique électromécanique datant de 1930), avec de nombreux autres appareils dont des calculatrices IBM à Los Alamos, permirent certes de décoder des messages allemands ou de mettre au point les bombes d'Hiroshima et de Nagasaki. Mais il s'agissait chaque fois de "super Pascalines" de grande puissance, adaptées à un but particulier; elles n'avaient pas l'universalité qui caractérise un ordinateur. Les deux machines les plus célèbres de cette époque, le MARK I (Harvard-IBM) et l'ENIAC, arrivèrent également trop tard pour jouer un rôle efficace, même si la dernière fut sans doute utilisée secrètement dès décembre 1945 pour des études préliminaires sur la bombe H (les calculs étaient d'ailleurs destinés également à tester l'ENIAC encore en enfance: le calcul inaugural officiel ne sera effectué que le 15 février 1946).

Comment une grande université et un constructeur de machines

mécanographiques ont réalisé le rêve de Babbage

La décennie des années quarante vit, en tous cas, la mise au point des premiers ordinateurs, même si les problèmes de priorité reçoivent naturellement des réponses différentes suivant les critères que l'on est amené à utiliser. La machine Harvard-IBM de Howard Hathaway Aiken (1900-1973) fut financée par Thomas Watson à hauteur de plus d'un million de dollars entre 1939 et 1943, comme une réalisation conjointe de sa compagnie et de l'Université où Aiken était mathématicien. C'était exactement une réalisation du concept d'"Analytical Engine" de Babbage, mais utilisant toute la puissance des relais électromagnétiques. Cet immense appareil (17 m de long, 2 m 50 de haut, 800.000 pièces, 5 tonnes, 850 km de câbles électriques...) fut construit au laboratoire d'Endicott, chez IBM, jusqu'en janvier 1943, puis transporté à Harvard et inauguré officiellement le 7 août 1944 - un an moins un jour avant Hiroshima -. Thomas Watson se montra furieux de ce que l'Université n'ait pas alors rendu, à lui-même et à ses ingénieurs (comme Clair Lake), l'hommage que méritait leur contribution. Il prit aussitôt la résolution de faire construire par la compagnie ses propres calculatrices dans l'avenir, et d'engager ses mathématiciens privés pour la recherche pure; ses laboratoires sont, tout particulièrement de nos jours, des centres très actifs où les préoccupations théoriques sont bien loin d'être négligées.

Le nom officiel du MARK I est ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator). Ce n'était pas un ordinateur dans la mesure où les instructions n'étaient pas intérieures à la machine, mais portées par une bande de papier perforée. Il servit notamment à dresser des tables numériques importantes, comme celles des fonctions de Bessel, fondamentales pour toutes les applications à la physique. Certains lui donnant, pour cela, le sobriquet de Bessie, en hommage au nom de l'astronome allemand (un de plus!) qui les avait définies un siècle plus tôt. Sa célébrité fut immense aussitôt après la guerre. On créa la bien funeste appellation de "super cerveau" pour lui et ses descendants: le laboratoire de calcul d'Aiken en fabriqua plusieurs versions, destinées notamment à l'Armée, jusqu'au MARK IV de 1952. La mathématicienne Grace Brewster Murray, née en 1906, officier de marine comme son mari Vincent Hopper (tué en 1945), fut l'un des

programmeurs des trois premiers MARK, et sans doute le plus important.

#### L'arrivée triomphale de l'électronique

Presque au même moment, et de façon tout-à-fait indépendante, était mis au point l'ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer). Il fut construit par la Moore School of Electrical Engineering de l'Université de Pennsylvanie, à la demande du Ballistic Research Laboratory d'Aberdeen (Maryland) pour améliorer le calcul de tables de tir. La date du contrat - juin 1943 - montre bien que la guerre joua un grand rôle dans cette décision. Comme le MARK I, l'ENIAC utilisait des nombres décimaux et non binaires. C'était également une machine multi-tâches; la programmation s'effectuait extérieurement à la machine, à l'aide d'un panneau de connexions dont le décâblage et le recâblage demandaient beaucoup de temps. Il avait une mémoire de 20 mots: quel lycéen ne la trouverait pauvre aujourd'hui?

Mais sa grande nouveauté consistait en l'emploi de 20.000 tubes à vide - comme sur les appareils radio de l'époque - à la place des bruyants et lourds relais électromagnétiques. Pour cette seule raison, ce premier calculateur universel électronique fut peut-être le premier ordinateur. La rapidité des calculs était donc bien meilleure: en cinq secondes, la machine Harvard-IBM multipliait deux nombres de dix chiffres alors que l'ENIAC pouvait effectuer presque deux mille multiplications de ce genre! Sa célébrité fut également extraordinaire, surtout dans les milieux universitaires, car l'Armée le mit gratuitement plusieurs fois à leur disposition; il fut bien vite connu sous le nom trompeur de "cerveau électronique".

Ce monstre de 30 tonnes, 160 mètres carrés, d'une puissance de 150 Kilowatt, était très approximativement l'équivalent d'une calculatrice programmable de poche comme la HP 65 (né en 1974) ou ses innombrables descendants. Il fonctionna jusqu'en 1955 pour les besoins militaires américains. C'était l'œuvre de plusieurs personnes. Parmi elles, figurent initialement John von Neumann (au titre de conseiller de Ballistic Lab) que nous retrouverons encore dans un instant, mais surtout le physicien John William Mauchly (1907-1980) et l'ingénieur John Prespert Eckert (né en 1919) qui s'étaient rencontrés à

l'occasion d'un cours d'électronique donné en 1941 à la Moore School. A vrai dire certains ajoutent un quatrième John à cette liste car Mauchly avait rendu visite, en 1941 également, à John Vincent Atanasoff (né en 1903), physicien théoricien à l'Iowa State College à Ames, qui avait déjà construit en 1939, avec l'aide de son étudiant Clifford Berry, une machine à calculer automatique assez rudimentaire mais à tubes à vide. Dire dans quelle mesure, comme l'a toujours prétendu Atanasoff devant la justice, l'ENIAC n'est qu'un avatar de son calculateur est impossible aujourd'hui, car il fut démonté ... pour récupérer les tubes à vide!

#### John von Neumann, patriarche de l'informatique

La programmation de l'ENIAC fut principalement confiée à Adèle Goldstine dont l'époux, l'universitaire Herman Heine Goldstine (né en 1913, futur responsable chez IBM), avait profité d'une rencontre de hasard dans un train entre Aberdeen et Philadelphie avec von Neumann, en 1944, pour le mettre au courant de l'avancement des performances que l'on espérait du futur calculateur. Très intéressé, von Neumann se fit détacher en septembre 1944 à la Moore School et son influence sur les débuts de l'informatique devint aussitôt prépondérante. Ce mathématicien hongrois (de son vrai prénom Janos) né le 28 décembre 1903 à Budapest, "visiting professor" dès 1930 à l'Université de Princeton, professeur à l'Institut d'Etudes Avancées de cette ville en 1933 (comme Albert Einstein), naturalisé américain en 1937, retourna d'ailleurs à l'IAS (Institute of Advanced Study) dès 1946. Il y mit par exemple au point en 1951, avec Goldstine, un ordinateur portant justement les initiales de l'Institut.

Parmi ses réalisations informatiques essentielles, notons les plans de l'EDVAC (dont nous reparlerons); il a au moins très largement participé à l'invention des mémoires à tores de ferrites et, plus important encore, du concept de programme enregistré - il fit d'ailleurs modifier l'ENIAC par Adèle Goldstine et sa propre femme Klara, pour y introduire la possibilité d'une programmation interne dont la première démonstration eut lieu le 16 septembre 1948 -, et rédigé deux des textes fondamentaux de cette discipline naissante ("First draft of a report on the EDVAC" de 1945 et, avec Goldstine et A.W.Burks, "Preliminary discussion of the logical design of an

electronic instrument" de 1946) où fut défini le concept d'ordinateur "à la von Neumann", encore incontesté jusqu'au début des années 80.

Il mourut le 8 décembre 1957. Son oeuvre mathématique pure n'est pas moins importante - il contribua par exemple puissamment au développement des fondements axiomatiques des ensembles, de la théorie de la mesure et de la mécanique quantique, et introduisit la notion d'algèbres de von Neumann dont la classification vaudra en 1982 une médaille Fields (équivalent du prix Nobel) au français Alain Connes -. Enfin son livre sur la théorie des jeux avec Oskar von Morgenstern (1944) eut une énorme influence en recherche opérationnelle et en économie mathématique. On sait aussi quel rôle essentiel il joua à Los Alamos comme conseiller d'Oppenheimer, lors de la mise au point des engins nucléaires, de celui d'Hiroshima à la bombe à hydrogène. Quelque jugement que l'on porte après coup sur ce genre de travaux, personne ne nie que ceux qui ont su relever un défi technique de cette taille ne pouvaient qu'être des scientifiques de tout premier plan, et von Neumann était l'un des meilleurs.

#### Le début des grandes compagnies

L'ENIAC fut suivi par les réalisations que Mauchly et Eckert mirent au point, à partir de 1946, pour leur société privée "Electronic Control Company", devenue ensuite "Eckert Mauchly Computer Corporation" avant d'être rachetée en 1950 par la Remington Rand (qui fusionnera avec Sperry en 1955). Citons le BINAC (BINary Automatic Computer) de 1949 et surtout l'excellent UNIVAC I (UNIVersal Automatic Computer), programmé par Grace Hopper, conçu pour le recensement de 1950. Ce dernier modèle fut commercialisé pour la gestion à partir de 1951; Remington Rand en vendit 15 exemplaires. Ce coup d'éclat commercial faillit ruiner IBM, qui avait très malencontreusement refusé la proposition d'Eckert et Mauchly de construire leur UNIVAC. En novembre 1952, la chaîne CBS put annoncer bien avant ses concurrentes la victoire d'Eisenhower sur son challenger Adlai Stevenson, grâce à une simulation effectuée en 45 minutes sur un exemplaire d'UNIVAC I. (Thomas Watson, rival acharné de James Rand, était un grand ami du président élu: il dut trouver la farce bien amère).

Si nous sommes aujourd'hui blasés par ce genre de performances, il

n'en était pas alors de même, et ce coup de publicité eut un effet considérable. A cette époque, Remington Rand - d'où naîtra en 1957, à la suite de la défection de William Norris, Control Data Corporation qui rendra célèbre Seymour Cray, futur père des super-ordinateurs qu'il créera sous son nom à son tour... - semblait donc bien partie pour devenir le numéro un. Quelques années plus tard, IBM subira encore un très grave revers avec le lancement, en 1960, du "géant" STRETCH, qui lui coûtera vingt millions de dollars pour neuf exemplaires construits. Comment cette compagnie, universellement admirée, souvent redoutée ou même haïe, conquerra finalement une suprématie aussi absolue dans un domaine si mouvant - relevant par exemple avec brio le défi de la micro-informatique en 1981 - est une longue histoire que nous ne pouvons développer ici: il suffisait de dire que cette insolente réussite fut loin d'être évidente dès les débuts de l'ordinateur, même si elle y joua un rôle de tout premier plan.

#### International Business Machines à l'assaut du trône

Revenons maintenant à ces temps héroïques pour voir IBM, justement, présenter une machine capitale: le premier calculateur universel à programme enregistré (mais en retard certain sur l'ENIAC dans la mesure où il était à la fois électromagnétique et électronique): le SSEC (Selective Sequence Electronic Calculator) pour lequel elle revendique le titre envié de premier ordinateur au monde. Il fut construit par une équipe notamment dirigée par Frank Hamilton (l'un des réalisateurs du MARK I), avec Wallace Eckert parmi les conseillers. Le 27 janvier 1948, un calcul de tables astronomiques donnant diverses positions lunaires eut lieu à New-York au cours de la présentation du nouvel appareil. Ce jour est parfois présenté comme l'aube de l'ère informatique.

En effet son programmeur Kenneth Clark avait codé les instructions du SSEC sous forme numérique, ce qui permettait d'en modifier l'effet en fonctions des résultats du calcul et, surtout, les rendait de même nature que les nombres traités par elles: le programme était maintenant entré dans le coeur même de l'appareil. De plus, cette machine fut l'une des premières à connaître une exploitation commerciale: elle ne fut pas mise en vente mais, tout en servant aux besoins de la compagnie, elle fut longtemps disponible 590 Madison

Avenue (dans Manhattan) pour 300 dollars de l'heure de location, jour et nuit, à qui en voulait: il paraît que ses services étaient retenus six mois à l'avance. C'était sans aucun doute déjà un ordinateur et, à un critère près, la première machine dite de von Neumann (bien que ce dernier n'eut aucun rôle direct dans sa conception).

Nous avons déjà vu que l'une des caractéristiques fondamentales de l'informatique moderne était justement le fait de mettre sur un même plan données et instructions, ce qui en facilite énormément la programmation devenue "intégrée". Von Neumann passe généralement, et sans doute non sans raison, pour le père de cette innovation capitale. Cette attribution est, comme il est fréquent, combattue avec acharnement: en particulier Mauchly et Eckert soutiennent qu'ils y eurent au moins leur part; on pense aussi qu'un certain Richard Clippinger, du Ballistic Laboratory, avait évoqué cette possibilité lors d'une conversation avec le mathématicien hongrois. Des querelles analogues parsèment le champ entier de cette aventure, en en soulignant peut-être encore davantage le côté fascinant.

#### Vers un "standard": les machines de von Neumann

Toujours est-il que les plans de l'EDVAC, essentiellement dûs à von Neumann, furent ceux d'un ordinateur dont le modèle restera incontesté pendant plus de trente ans (et sans doute bien davantage, si l'on excepte de très grosses machines "vectorielles" tournées vers l'intelligence artificielle ou les calculs monstrueux qu'exige par exemple la météorologie et des applications militaires qu'on imagine sans peine). Diverses raisons firent que l'Electronic Discrete Variable Automatic Computer, conçu pour le laboratoire d'Aberdeen dès 1945, ne fut opérationnel que vers 1952 et parut tout de suite démodé. Mais il marque une page dans cette histoire: celle du premier système stabilisé, celui à partir duquel les progrès, si constants soient-ils, ne sont plus guère que des raffinements - parfois considérables - et non plus des révolutions.

Sa "descendance" (qui le précéda donc parfois dans le temps) en assura l'influence éclatante: parmi elles, on compte tout particulièrement les remarquables machines mises au point par les universitaires britanniques, l'EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) de Cambridge et, bien qu'un peu plus limitée



dans ses ambitions, la MADM (Manchester Automatic Digital Machine). La seconde était l'œuvre du professeur M.H. Newmann; elle comportait par exemple des mémoires révolutionnaires dites "à tubes de Williams", même sur le prototype ("Baby") de 1948. L'EDSAC utilisait, pour sa part, des "lignes à retard". Elle est due au physicien Maurice Wilkes, né en 1913; elle tourna la première fois le 6 mai 1949 et fut, entre autres qualités, à l'origine des mnémoniques d'assemblage, c'est-à-dire d'abréviations symboliques des instructions en langage machine soulageant quelque peu la rude tâche des programmeurs.

#### Les débuts de l'informatique française

Bien entendu, dès 1950, tenir à jour une liste plus ou moins complète des types d'ordinateurs, même des seuls qui aient effectivement fonctionné, n'est plus pensable tant il y eut foisonnement. On ne comprendrait pas tout de même, surtout dans un ouvrage français sur l'informatique, que ne soit pas au moins signalée la première machine construite dans le pays de Pascal, à l'origine (lointaine) de la compagnie Bull - comme on l'appelle de nouveau depuis 1983 - en passant par l'intermédiaire de la CII (Compagnie Industrielle pour l'Informatique, 1966), regroupement de notre industrie nationale imposé petit à petit à partir du premier Plan Calcul du Général de Gaulle. Cet ordinateur de 1952 porte le nom étrange de... CUBA, c'est-à-dire Calculateur Universel Binaire de l'Armement. C'est encore un fils de l'EDVAC, mais à l'originalité bien marquée qui suffirait à le distinguer dans une lignée fort longue en rejets de qualité, par exemple à cause de l'utilisation d'un tambour comme mémoire principale.

Il fut réalisé par la société SEA (Société d'Electronique et d'Automatisme) de Courbevoie, fondée et dirigée par l'ingénieur François H. Raymond, professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers, remarquable constructeur et auteur d'ouvrages universitaires devenus classiques et très connus en France comme à l'étranger. Les ordinateurs de F. Raymond furent tous à la pointe technique de leur époque, tant pour le matériel que pour le logiciel: René Moreau, bien que haut responsable chez IBM France, a été le premier à tirer de l'obscurité le très performant langage PAF

(Programmateur Automatique de Formules), écrit en 1958 par D.Starynkewitch pour la CAB 500 (Calculatrice Arithmétique Binaire) de la SEA, précurseur du BASIC américain de 1965.

La CII laissa d'abord la compagnie BULL (française en dépit de son nom suédois) en dehors du groupe. Il pouvait donc exister une concurrence active entre deux entreprises nationales. Le premier ordinateur BULL, le GAMMA ET (Extension Tambour), n'avait vu le jour qu'en 1958, six ans après le CUBA - mais la SEA resta trop longtemps méconnue en raison de la discrétion imposée par son commanditaire militaire (le Laboratoire Central de l'Armement) -. La machine française la plus célèbre fut sans doute l'excellent GAMMA 60 de BULL (1960), porteur de nombreuses innovations de qualité, dont l'insuccès commercial (résultant peut-être d'une trop faible surface financière gênant les investissements tous azimuts, notamment logiciels) pesa lourdement sur notre industrie pour longtemps. BULL passa sous le contrôle de General Electric en 1964, puis sous celui d'Honeywell en 1970, et contrôla la CII devenue CII-HB. Suite à la nationalisation de 1982, CII-HB est désormais présent sous le simple nom de Bull.

#### La fin de la préhistoire

La suprématie américaine ne devint évidente qu'aux environs des années 1964, date du lancement des IBM 360; les qualités de la nouvelle ligne de produits - il faut employer aujourd'hui cet horrible terme, car il est indispensable, comme dans le monde de l'automobile, de varier à l'infini les modèles à partir d'un noyau commun -, mais aussi la politique de vente de la compagnie et ses succès dans la course à l'espace mirent l'industrie informatique de tous les pays, sans exception, en très grande difficulté. La société anglaise comparable à la CII, International Computers Limited (ICL, issue par exemple d'ordinateurs comme le MADAM), elle aussi bâtie comme un rempart anti IBM, connut également des jours des plus noirs (mais coupés de quelques périodes relativement fastes) et a été indirectement rachetée en 1984 par un constructeur américain. La CII, sous ce nom ou même celui de BULL, sembla condamnée pour très longtemps au déficit chronique. Le Japon est évidemment l'un des principaux points de résistance. De leur côté, les européens avaient

déjà tenté de réagir à plusieurs reprises en lançant dans le passé des consortiums à la vie brève (UNIDATA entre CII, Siemens et Philips, avortée en 1976), et plus récemment des projets peut-être un peu moins ambitieux sur des créneaux plus précis (ESPRIT, European Strategic Program for Research and development Information Technology, 1984), des réglementations et procès anti-trusts incessants, imitant simplement en cela, avec plus ou moins de succès, les concurrents américains d'IBM-eux-mêmes.

Mais, que l'on aime ou non, il faut bien reconnaître la vérité: au milieu des années 80, l'histoire des débuts de l'ordinateur, individuel y compris, pourrait n'apparaître que comme le long prologue nécessaire à la conquête d'une orgueilleuse primauté: celles des "machines bleues" du géant mis au monde par Thomas John Watson Senior. L'ordinateur que Stanley Kubrick rendit fou dans son "Odyssée de l'Espace" s'appelait HAL; l'allusion est évidente même pour qui n'est pas cryptographe professionnel. Combien de lettres orneront les flancs des complexes informatiques satellisés, maîtres du ciel, qui surplomberont réellement nos têtes en 2001? Probablement trois, comme sur les ordinateurs de la NASA, embarqués ou au sol, qui permirent l'alunissage d'Armstrong dans la fameuse nuit du 20 juillet 1969...

Il est vrai que l'on pourrait presque transcrire, avec un peu d'imagination grinçante, la devise fameuse couvrant des millions de petits billets verts en un slogan triomphant: in IBM we trust!