

L i v r e t r o i s i è m e

Aux Anciens Établissements
D'Ieteren Frères

1957 - 1965



1. Une famille d'entrepreneurs ambitieux	3
2. Un début de parcours classique	4
3. Le calculateur électronique IBM 604	11
3.1. - Description de l'IBM 604	11
3.2. - La programmation d'un calcul	13
3.3. - Le système de numération binaire	19
3.4. - Fonctionnement de la triode	21
3.5. - L'électron, c'est quoi ?	23
3.6. - L'IBM 604, calculateur ou ordinateur ?	23
4. L'ordinateur IBM 1401	24
4.1. - Qu'est-ce qu'un ordinateur ?	24
4.2. - Les unités composantes du 1401	26
4.3. - Le fonctionnement de l'ordinateur	29
4.4. - Les particularités du 1401	29
4.5. - La réalisation d'un programme	33
4.6. - Prédécesseurs et successeurs du 1401 chez IBM	39
4.7. - Transistors et semi-conducteurs	40
4.8. - La mémoire à tores de ferrites	43
4.9. - Le 1401, un règne éphémère	45
5. Des souvenirs	46

1. UNE FAMILLE D'ENTREPRENEURS AMBITIEUX

Qui, en Belgique, ne connaît pas l'entreprise D'Ieteren ? Depuis longtemps son nom est associé à celui des voitures Volkswagen et Audi, entre autres. Aujourd'hui, elle est officiellement connue sous le vocable « Groupe D'Ieteren ».

Lorsque j'ai été engagé dans l'entreprise, en 1957, elle portait le nom de « Anciens Établissements D'Ieteren Frères ». L'histoire de cette entreprise est, en effet, l'histoire d'une famille.

En 1805, Jean-Joseph D'Ieteren exerce, comme son père, le métier de charron. En 1857, un de ses descendants, Alexandre, étend ses activités à celles de menuisier et de garnisseur. Sous le patronage de ses fils, Alfred et Émile, de nombreuses voitures hippomobiles sortent, carrossées et garnies, des ateliers D'Ieteren. La première voiture automobile carrossée par l'entreprise D'Ieteren est présentée sur le marché en 1897. Au cours des premières années du vingtième siècle, Lucien et Albert, les fils d'Alfred, acquièrent une réputation internationale dans le métier de carrossier, qu'ils exercent sur des voitures tant belges qu'étrangères. En 1926, Lucien et son oncle Émile font leur entrée sur le marché américain.

Par ses relations outre-Atlantique, Lucien acquiert, en 1931, l'importation et la distribution de voitures américaines, dont celles de la marque Studebaker. Tout en maintenant son activité de carrossier, Lucien se voit confier l'assemblage de ces voitures dans l'usine qu'il vient de faire construire.

En 1948, Pierre est à la tête de l'entreprise. En 1950, D'Ieteren devient l'exportateur exclusif de Porsche. Pierre conclut ensuite avec Volkswagen un contrat d'importation des voitures VW. Il fait construire l'usine de Forest, dans laquelle, à partir de 1954, les Coccinelles seront assemblées.

Touchée par la crise pétrolière des années '70, la direction D'Ieteren cède l'usine de Forest au constructeur Volkswagen, qui lui accorde la représentation des autres marques du groupe, dont celle d'Audi, en 1974.

En 1992, le Groupe D'Ieteren obtient l'importation exclusive des voitures Skoda. En 1999, il s'enrichit par l'acquisition de la société Belron, mieux connue sous les appellations Carglass et Autoglass.

En 2001 et 2002, le Groupe devient distributeur respectivement des marques Bentley et Lamborghini.

(Extrait du site Internet de l'entreprise)

2. UN DÉBUT DE PARCOURS CLASSIQUE ...

tel que l'ont connu beaucoup d'informaticiens de ma génération !

Mon tout premier emploi, je l'ai exercé chez SOGRAMO, société représentant en Belgique le constructeur de voitures FIAT et située rue de l'Amazone, 49, à Ixelles - Bruxelles. Entré le 17 septembre 1956, quelques semaines après la fin de mon service militaire, j'ai travaillé dans cette société comme employé du magasin central de pièces détachées jusqu'au 14 juin 1957.

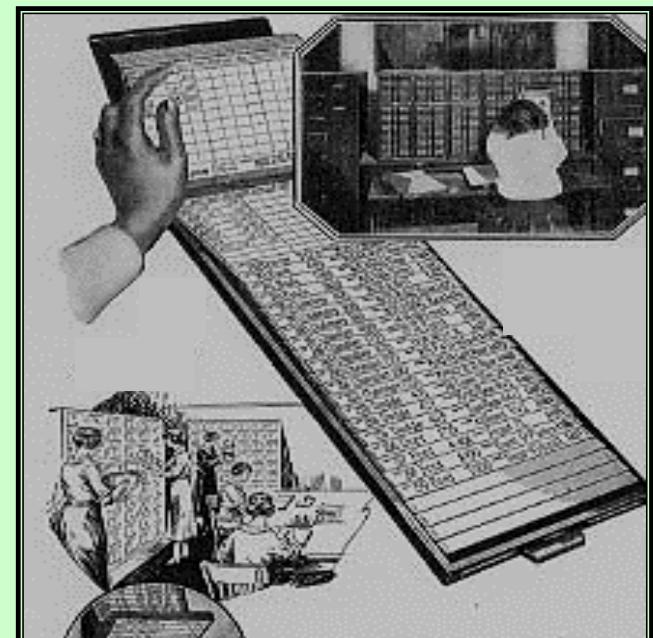
Quelques mois après mes débuts chez SOGRAMO, mon chef de service, Monsieur GUISSET, quitta la société pour entrer aux Anciens Établissements D'Ieteren Frères, dont le siège social était situé non loin de là, au n° 50 de la rue du Mail. À cette époque, l'entreprise était bien connue par son usine de montage des voitures VOLKSWAGEN et STUDEBAKER. Peu après son départ, il m'informa d'un emploi vacant dans son service. Le travail proposé correspondait exactement à celui que je faisais chez SOGRAMO : enregistrer sur des fiches les entrées et les sorties de pièces de voiture du magasin desservant les ateliers de la rue du Mail. J'envoyai sans tarder ma candidature. Ayant été reçu par Monsieur BRUYNS, un engagement fut rapidement conclu, mon entrée étant prévue le 15 juin 1957.

En me présentant ce jour-là dans les bureaux de la rue du Mail, je fus appelé chez le directeur administratif, Monsieur DAVIGNON, qui me proposa, dans des conditions identiques, le même emploi au magasin central de pièces détachées situé à Forest, à côté de l'usine de montage. J'acceptai et, dans l'heure, je prenais la navette de la société qui m'emménageait d'Ixelles à Forest et me déposait au 201 du Boulevard de la 2^{ème} Armée Britannique. La navette du destin ... ?

Le magasin central approvisionnait en pièces détachées de voitures les concessionnaires du réseau D'Ieteren de Belgique. Pour leur approvisionnement, ceux-ci disposaient, par mois, de deux commandes dites « de stock ». Le magasin fournissait également, en commandes dites « comptoir », ces mêmes concessionnaires ainsi que tout autre garagiste.

L'expérience aidant, je m'adaptai très vite à mon travail dans une équipe de cinq personnes. En fait, la tenue des stocks consistait à enregistrer sur des fiches, de façon manuscrite, tous les mouvements de pièces détachées du magasin central. L'écriture se faisait sur la base des documents d'entrée et de sortie transmis, soit par les comptables, soit par les magasiniens. Chaque pièce possédait sa fiche. À chaque écriture on calculait le solde disponible de la pièce mouvementée.

L'ensemble de ces fiches était contenu dans de minces tiroirs que l'on extrayait horizontalement de leur armoire en les laissant reposer obliquement sur la tablette du bureau pour permettre l'écriture. Chaque tiroir contenait une cinquantaine de supports de fiches. Ces supports étaient fixés à chaque bord du tiroir au moyen d'un axe qui permettait de relever tous les supports précédant celui qui contenait la fiche recherchée. Le numéro de pièce était indiqué et visible au bas de chaque fiche. Ce système de tenue des stocks était universellement connu et portait le nom de **KARDEX**. Le stock VW comportait environ 12 000 pièces. Il y en avait plusieurs dizaines de milliers pour STUDEBAKER. À ces nombres, on pouvait ajouter quelques milliers de pièces, les plus fréquemment demandées, pour les voitures PORSCHE et PACKARD.



Armoires, tiroirs et fiches KARDEX

Les services du magasin central étaient alors sous la direction de Monsieur GOLER. Le souvenir que j'ai gardé de mon passage dans cette entreprise et dans ce service m'a marqué pour la suite de ma vie professionnelle, tant par le respect des personnes que le respect de l'engagement au travail qu'inculquaient et pratiquaient magistralement mes deux chefs de service, Monsieur MARTIN et Monsieur MESTDAGH.

À la fin de l'année 1957, je fus proposé par mes chefs de service et désigné par la direction pour suivre une formation de mécanographe chez IBM. Ce choix m'intégrait ainsi dans un projet tout récent de mécanisation du service qui avait pour objectif la tenue mécanisée des stocks du magasin central au moyen d'un système basé sur la carte perforée. J'étais adjoint à l'un de mes collègues, Willy PIRKIN, qui, par l'âge et les connaissances acquises dans le service, fut désigné comme responsable technique de la mécanisation. Au moment de notre désignation, l'étude était déjà bien entamée ; elle s'inspirait de l'**expérience de l'usine mère allemande** de WOLFSBURG et était conduite par le délégué d'IBM Belgique, Jean HOTON. Je retrouverai avec plaisir celui-ci à la direction du siège IBM de Charleroi, huit ans plus tard, en 1965, lors de mon entrée à l'Union des Classes Moyennes de Namur.

Nous suivîmes, pendant le premier trimestre de l'année 1958, deux séries de cours : cours de base et cours de perfectionnement. Ils étaient donnés par l'instructeur Jean CHARLENT dans les locaux du Centre d'Éducation d'IBM situé au Boulevard Léopold II. La durée de chaque cours était de l'ordre de trois semaines. Dans un vacarme mémorable et un tohu-bohu indescriptible, la ville de Bruxelles finissait à cette époque, sur cette artère, la construction du viaduc reliant la place de Brouckère à la basilique de Koekelberg, dans le cadre des aménagements de circulation prévus pour l'Exposition Universelle '58. Celle-ci me donna, par ailleurs, l'occasion d'approcher et de voir deux des ordinateurs IBM de la première génération : un 650 et un 705.

À l'initiative d'IBM, nous fûmes autorisés par notre direction à faire un **stage de pratique** dans une entreprise située à Anderlecht, les LAINES D'AOUST. Son équipement était similaire à celui commandé par notre employeur. Nous avons abandonné progressivement le travail au KARDEX. Lorsque nous n'étions ni au cours ni en stage, nous préparions, sous la supervision de Jean HOTON, la programmation du futur traitement des stocks au moyen de tableaux de connexions propres à chaque machine.

Les machines furent livrées en juin 1958 et l'application de gestion des stocks démarra en juillet. L'équipement IBM comprenait une tabulatrice 420, une calculatrice 602A, une reproductrice 519, une triuse 082, une interclasseuse 077, une traductrice de perforations, une perforatrice, une vérificatrice de cartes. Fin '59, la calculatrice électromécanique 602A fut remplacée par un calculateur électronique IBM 604. En raison de la chaleur dégagée par les centaines de lampes (triodes ou tubes électroniques) qui équipaient cette machine, un système de ventilation et de récupération de la chaleur fut installé dans l'atelier.

Outre la tenue du fichier « Stock », les principaux traitements mécanographiques du magasin central, tels qu'ils avaient été programmés, consistaient en :

- l'enregistrement et le traitement des commandes des clients,
- l'impression des documents destinés aux magasiniers pour la préparation de ces commandes,
- la facturation des pièces livrées,
- une proposition de commande aux fournisseurs du magasin central,
- la réception et le traitement des pièces livrées par les fournisseurs.



Un atelier de mécanographie dans les années '50

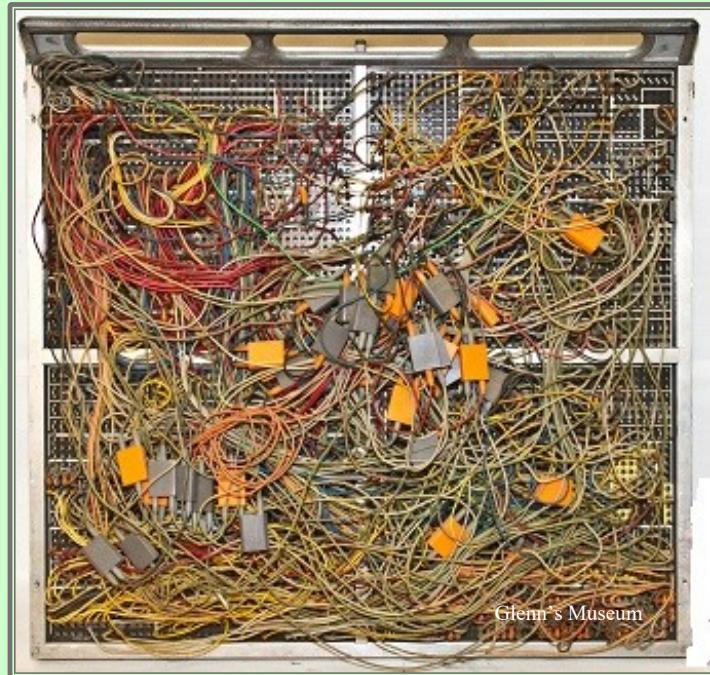
Du personnel supplémentaire fut engagé dans le service mécanographique afin de développer le traitement de deux nouvelles applications : le calcul des salaires des quelque 5 000 travailleurs de la société ainsi qu'une application de contrôle de l'alimentation en pièces de la chaîne de montage de l'usine toute proche.

Il était rare pour un opérateur de passer d'une application à une autre. Le travail sur ces machines comportait, en effet, deux fonctions : d'une part, le montage (ou la programmation) des tableaux de connexions pendant la phase de conception et de mise au point des solutions, et d'autre part, l'alimentation sous contrôle quasi permanent, des différentes machines au moyen des fichiers de cartes perforées pendant le traitement des applications.

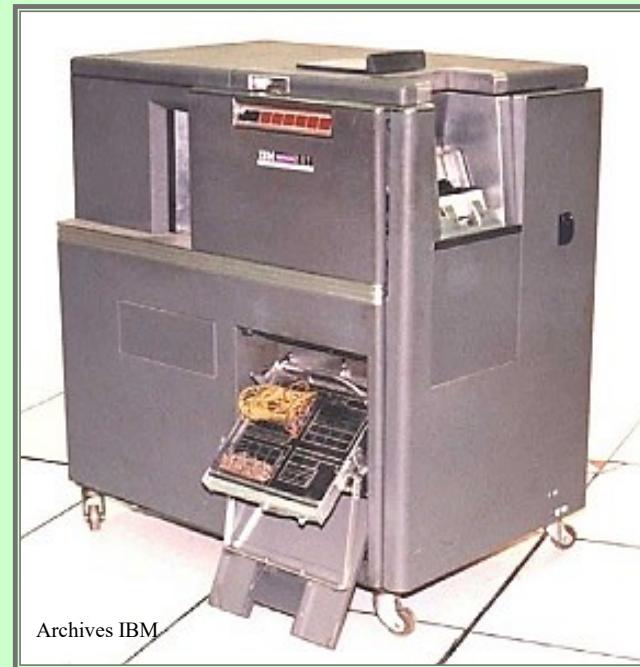
Si ce n'est pour décrire ci-après la programmation du calculateur électronique 604, je ne m'étendrai pas sur l'utilisation de chacune de ces machines, ni sur les avantages acquis de la mécanisation tant pour les utilisateurs que pour les clients du magasin central. Le travail réalisé sur ces machines et leurs particularités techniques sont décrits dans le Livre 1 que j'ai intitulé « Histoire de la mécanographie ».

Néanmoins, parmi les solutions originales et vraiment productives apportées au magasin central par la mécanisation, je citerai, dans le traitement des commandes « de stock », la sortie d'une carte perforée, appelée « **carte prélevement** », considérée comme **élément majeur** dans la préparation et la livraison des pièces, dans la tenue des stocks et dans la facturation.

Il s'agissait, en fait, de deux cartes contigües pliées l'une sur l'autre présentant, dans ce double format, trois parties détachables. En cas de livraison de la pièce demandée, le magasinier détachait le premier talon de la partie gauche de la carte et l'attachait à la pièce. Si la livraison n'avait pu se faire, le second talon était remis au service administratif du magasin qui le traitait comme « back-up », pour commande à suivre au fournisseur de cette pièce. La troisième partie de la carte, attestant d'une bonne livraison, était remise au service mécanographique en vue de la tenue des stocks et de la facturation aux clients.



*Un tableau de connexions de la tabulatrice IBM 407
« un tableau par job » !
En raison de la complexité qu'ils présentaient
certains tableaux étaient préservés de tout démontage.*



*Une traductrice de cartes IBM 557
et son tableau de connexions.
Celui-ci est déposé sur un support mobile
avant introduction dans le logement*

Au début de l'année 1960, le service des études de la société introduisit auprès de la direction générale un projet d'acquisition d'un ordinateur pour remplacer progressivement les machines mécanographiques. La gestion du service informatique fut alors transmise de la direction du magasin central à celle du service des études. L'équipement commandé était un

ordinateur IBM 1401. Il fut livré avec plus d'un an de délai. Un local approprié (faux plancher et air conditionné) fut aménagé dans une petite maison, propriété de la société située au Boulevard de la 2^{ème} Armée Britannique, non loin du magasin central et de l'usine de montage.

L'ordinateur, dans sa configuration, comportait les unités suivantes :

1. une **unité centrale** IBM 1401 de 4 K (4 000 positions de mémoire) à laquelle était jointe une unité IBM 1406 de 8 K, portant la dimension de la mémoire centrale à 12 K,
2. un **lecteur-perforateur** de cartes IBM 1402 : 800 cartes/minute en lecture et 250 cartes/minute en perforation,
3. une **imprimante** IBM 1403 : 600 lignes d'impression/minute,
4. quatre **unités de bandes magnétiques** IBM 729,
5. une **unité de disques** IBM 1405, modèle 2, (dérivé du Ramac 305) d'une capacité de 50 disques équivalente à 20 mb (20 000 000 de positions),
6. une **console** IBM 1407, procurant à l'opérateur et au programmeur un contact direct avec la mémoire interne de l'unité centrale.



Du personnel nouveau fut engagé et formé à la programmation de cet ordinateur dans le but de transposer sur le nouvel équipement les applications mécanographiques existantes.

Pendant toute cette phase de transition, j'assumai seul le traitement des stocks du magasin central sur les machines mécanographiques, (que l'on appelait aussi « machines classiques »), car mon collègue Willy PIRKIN avait quitté la société. Je participai, en fonction du temps dont je disposais, au développement de la nouvelle application destinée au traitement des salaires du personnel de l'entreprise.

Lorsque l'application mécanographique du magasin central fut entièrement convertie au traitement sur ordinateur, je fus transféré dans l'équipe affectée au nouvel équipement pour y remplir la fonction d'opérateur et libérer progressivement les programmeurs de cette tâche. La présence de supports magnétiques, disques et bandes, contenant la plus grande partie des anciens fichiers de cartes perforées, allégeait sensiblement le travail de l'opérateur sur cet ordinateur. Disposant des brochures techniques, je pus, chaque fois que mes prestations le permettaient, me familiariser à la fois au matériel et au langage de programmation. Je fus même autorisé par mon chef de service, Monsieur BLAISE, à disposer de la machine pendant plusieurs soirées lorsque le travail journalier planifié était terminé. Je pouvais ainsi tester à mon aise et avec beaucoup de motivation les programmes que j'avais réalisés. Certains de ceux-ci, commandés par les responsables d'application, furent intégrés dans les chaînes de traitement. J'ai conservé, à titre de souvenir, plusieurs dossiers d'étude et de programmation dont celui de la régularisation des retenues ONSS sur les salaires de l'année 1963.

Pour parfaire ma formation, mon directeur de service m'autorisa à suivre le cours de base qu'il jugeait complémentaire à mon apprentissage personnel. Je suivis, pendant le second semestre de l'année 1962, un de ces cours donnés par IBM, au Boulevard Léopold II. Je conservai ma fonction d'opérateur - programmeur jusqu'au moment où je quittai la société, le 30 juin 1965, pour implanter et diriger un atelier de mécanographie à l'Union des Classes Moyennes (UCM) de la province de Namur.



*L'usine d'assemblage au Boulevard de la 2^{ème} Armée Britannique à Forest
(extrait du site D'Ieteren)*



Au début des années '50

Aujourd'hui

Je clôturerai, dans les pages suivantes, le récit de mes années passées aux Anciens Établissements D'Ieteren Frères par une description technique du fonctionnement de deux machines représentatives de la première et de la deuxième génération d'ordinateurs, à savoir **le calculateur électronique IBM 604 et l'ordinateur IBM 1401** ; la première génération représentant les appareils dits « à tubes électroniques » (ou triodes), la seconde génération inaugurant, dès le début des années '60, la présence de transistors dans les ordinateurs en lieu et place des triodes.

3. LE CALCULATEUR ÉLECTRONIQUE IBM 604

3.1. Description de l'IMB 604

Depuis son installation, le parc de machines affecté au traitement des applications mécanographiques du magasin central comportait une calculatrice électromécanique IBM 602A. À la fin de l'année '59, cette unité fut remplacée par un calculateur électronique IBM 604. Son acquisition était dictée par la complexité croissante des calculs perçue notamment dans la nouvelle application réalisée pour le calcul des salaires du personnel de l'entreprise.

Les premiers modèles de ce calculateur étaient apparus aux États-Unis au cours de l'année 1949. IBM les a perfectionnés au fil du temps. Dix ans après le début de sa commercialisation, cette machine s'intégrait encore parfaitement dans un atelier mécanographique en raison de ses capacités attribuées aux dispositifs électroniques.

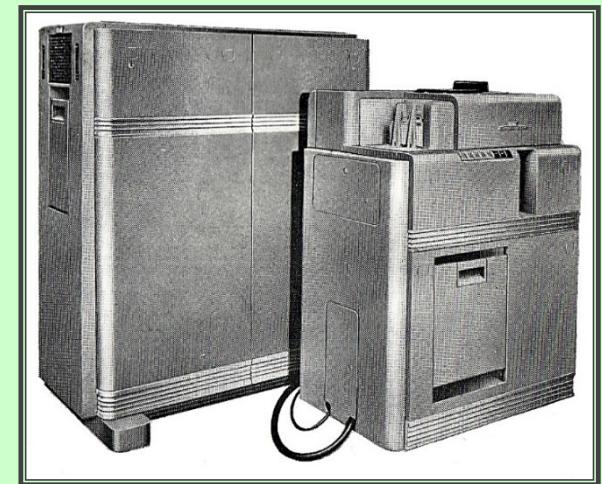
Sa fabrication et sa commercialisation se situent dans cette période (1950 - 1960) à laquelle appartiennent les ordinateurs de la première génération. Dès sa naissance, en effet, l'IBM 604 recourt aux triodes et aux procédés électroniques pour toutes les opérations fondamentales de calcul. La carte perforée constitue néanmoins sur cette machine l'unique support d'informations en entrée et sortie des données. L'IBM 604 est composé de deux unités reliées par câbles :

- l'IBM 521, unité de lecture des données et de perforation des résultats,
- l'IBM 604, unité de calcul proprement dite.

Chaque unité possède son panneau câblé, appelé aussi tableau de connexions. Les transferts de données sont programmés sur le tableau de l'unité 521 : transfert vers l'unité 604 des données lues sur l'unité 521, transfert vers l'unité 521 des résultats obtenus sur l'unité 604. Les calculs sont programmés sur le tableau de l'unité 604 ; ils sont effectués par des pas de programme (70 maximum) qui se déroulent séquentiellement dans l'intervalle de lecture de deux cartes sur l'unité 521.

L'unité 521, comme toutes les machines mécanographiques, est une machine à cycles. Elle assume toutes les fonctions d'entrée et de sortie au moyen de deux stations de lecture (80 balais de lecture) et d'une station de perforation (80 poinçons). À vitesse constante, elle traite 100 cartes perforées par minute.

Au premier cycle de la machine, les données sont lues par une première station de lecture et transférées dans l'unité de calcul. Les calculs sont effectués à l'inter cycle et aussitôt transférés à la station de perforation. Au second cycle, les résultats sont perforés dans la carte. Au troisième cycle, les résultats obtenus sont lus par la deuxième station de lecture et transférés dans le calculateur. Les calculs sont à nouveau effectués et les résultats obtenus à la fin du troisième cycle sont comparés avec ceux perforés dans la carte. Une discordance arrête la machine.



L'unité 604

L'unité 521

Description du fonctionnement :

Au 1^{er} cycle :

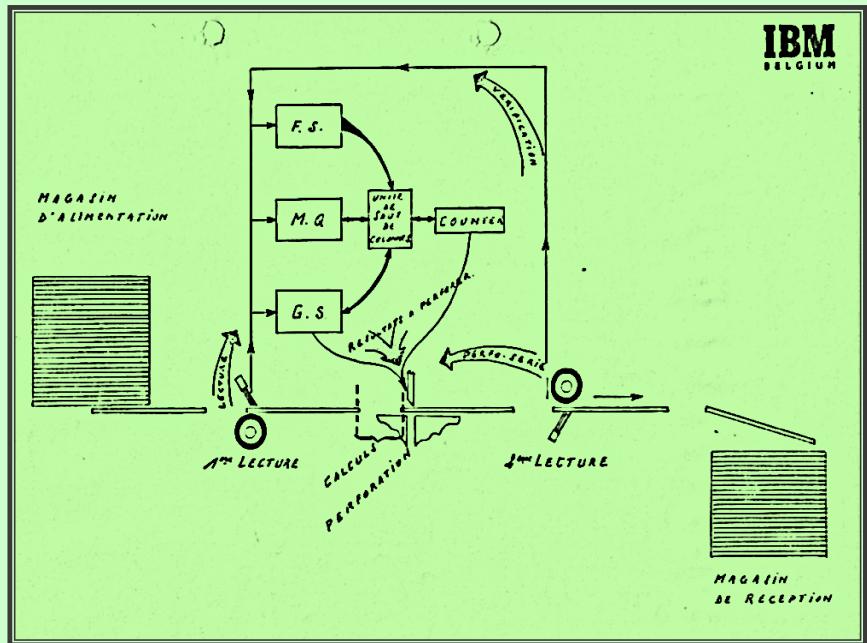
1^{re} carte : lecture à la 1^{re} station et transfert des données au calculateur
 à l'inter cycle : calculs sur les données de la première carte

Au 2^{eme} cycle :

1^{re} carte : perforation des résultats
 2^{eme} carte : lecture à la 1^{re} station et transfert des données au calculateur
 à l'inter cycle : calculs sur les données de la deuxième carte

Au 3^{eme} cycle :

1^{re} carte : lecture à la 2^{eme} station et transfert des données au calculateur
 2^{eme} carte : perforation des résultats
 3^{eme} carte : lecture à la 1^{re} station et transfert des données au calculateur
 à l'inter cycle : calculs sur les données de la première carte
 calculs sur les données de la troisième carte, pour vérification



Mécanisme et fonctionnement de l'unité 521

Tous les calculs élaborés, si complexes soient-ils, sont exécutés à la vitesse de 100 cartes par minute, c'est-à-dire en 0,67 seconde. Suivant les fonctions programmées de lecture, de calcul et de perforation, les mémoires et le compteur de l'unité 604 enregistrent les données, mémorisent celles-ci et restituent les résultats obtenus, soit pour les perforer immédiatement dans la carte qui contient les données, soit pour les incorporer dans des opérations ultérieures à long développement.

Les données nécessaires aux opérations peuvent être lues dans une seule carte et les résultats seront perforés dans cette carte. Les données peuvent être lues dans plusieurs cartes consécutives appartenant à un même groupe logique de cartes à la fin duquel les résultats seront perforés dans une carte destinée à les recevoir.

L'unité de calcul 604 comprend en interne :

- une unité de 70 pas de programme au moyen desquels se déroulent successivement toutes les opérations programmées de calcul,
- un compteur de 13 positions dans lequel s'effectuent les opérations arithmétiques,
- des mémoires-facteurs dans lesquelles sont enregistrées les données entrantes,

- un canal de huit lignes pour le transfert des données entre les mémoires,
- des mémoires-générales dans lesquelles sont enregistrées les données entrantes et les données sortantes,
- une unité MQ propre à la multiplication et à la division : elle construit le produit pendant la multiplication et le quotient pendant la division,
- un dispositif de saut de colonnes pour pratiquer l'arrondi en déportant vers la droite le nombre de positions programmé.

3.2. Programmation d'une multiplication avec vérification simultanée

L'exemple suivant permet de suivre la séquence des opérations d'entrée et de sortie sur l'unité 521 et celles qui se déroulent dans le calculateur.

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = \mathbf{P}$$

$$\mathbf{A1} \times \mathbf{B1} = \mathbf{P1} - \mathbf{P} = \mathbf{0}$$

L'unité de programme effectue successivement deux multiplications. A est un nombre de 4 chiffres comportant 2 décimales. B est un nombre de 3 chiffres comportant 2 décimales. Le produit est un nombre de 7 chiffres comportant 4 décimales.

A x B = P

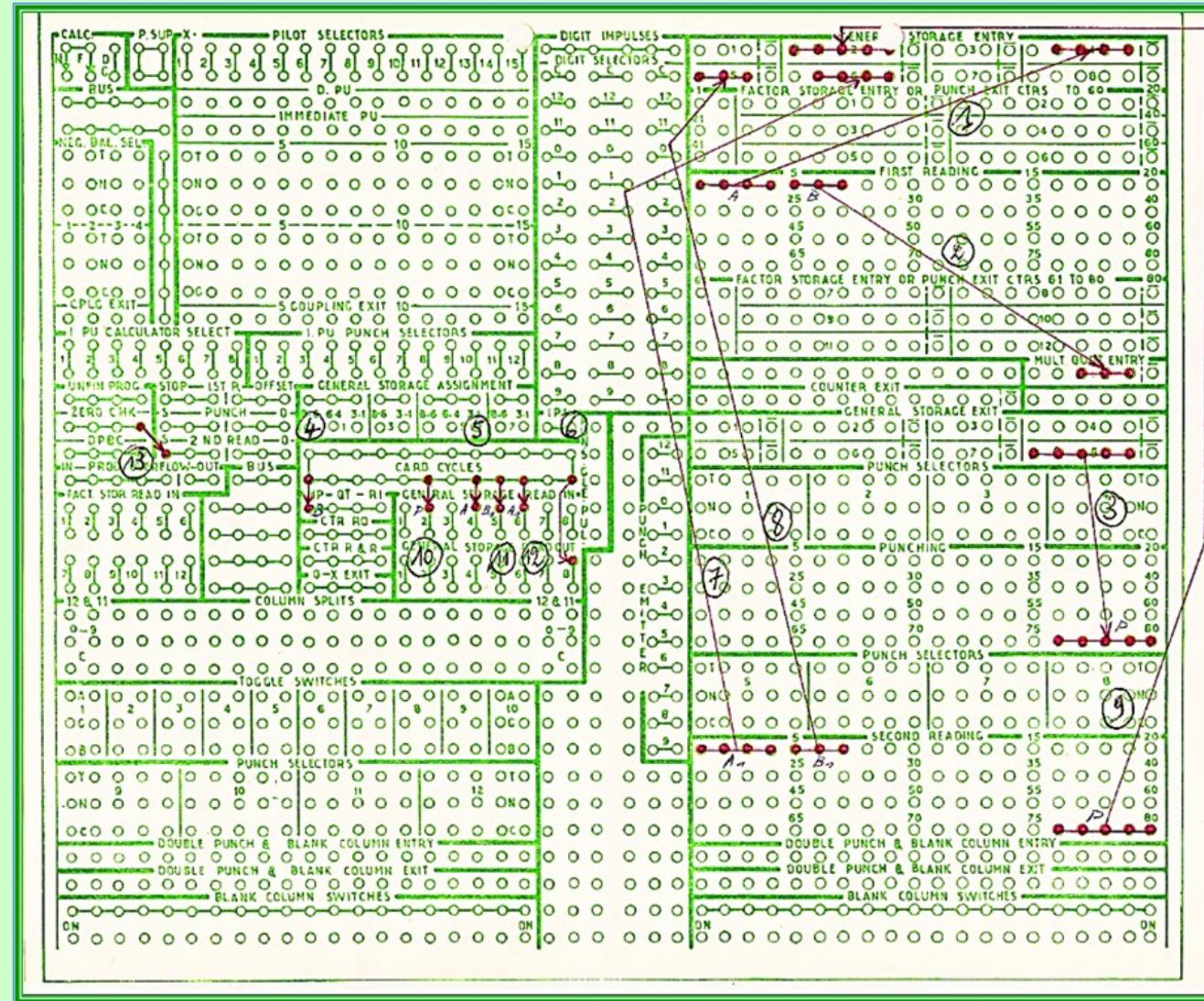
Les transferts en mémoire des données lues sur l'unité 521 et le déroulement des pas de programme sur l'unité 604 sont démontrés par les connexions programmées sur les tableaux présentés ci-après.

À l'unité 521 :

1. lecture du multiplicande A à la 1^{ère} station (positions 1 à 4 de la carte) et transfert dans la mémoire 4
2. lecture du multiplicateur B à la 1^{ère} station (positions 5 à 7 de la carte) et transfert directement dans l'unité MQ
3. le produit P est transféré de la mémoire 8 vers les poinçons de perforation (positions 76 à 80 de la carte)
- 4, 5 et 6 : activation de ces transferts

À l'unité 604 : déroulement des pas de programme

- 1^{er} pas - lecture du multiplicande A qui se trouve dans la mémoire 4
 - commande de la multiplication du multiplicande A par le multiplicateur B contenu dans l'unité MQ
- 2^{ème} pas - commande de l'arrondi sur le produit P
 - indication de l'arrondi sur la 2^{ème} position de droite
- 3^{ème} pas - transfert du produit dans la mémoire de sortie 8
 - le produit est délesté des 2 premières positions de droite
 - remise à zéro du compteur



A1 x B1 = P1 - P = 0

À l'unité 521 :

1. lecture du multiplicande A1 à la 2^{ème} station (positions 1 à 4) et transfert dans la mémoire 6
2. lecture du multiplicateur B1 (positions 5 à 7) et transfert en mémoire 5
3. lecture du produit P (positions 76 à 80) et transfert dans la mémoire 2
- 10, 11 et 12 : activation de ces transferts
13. arrêt de la machine en cas d'erreur (test du solde zéro)

À l'unité 604 :

- 4^{ème} pas - transfert du multiplicateur A1 de la mémoire 6 dans l'unité MQ
 - activation de ce transfert
- 5^{ème} pas - lecture du multiplicande B1 qui se trouve dans la mémoire 5
 - commande de la multiplication pour obtenir dans le compteur le produit P1
- 6^{ème} pas - commande de l'arrondi sur le produit P1
 - indication de l'arrondi sur la 2^{ème} position de droite
- 7^{ème} pas - lecture du produit P qui se trouve dans la mémoire 2
 - le produit P1 est délesté des 2 premières positions de droite
 - soustraction du produit P du produit P1
- 8^{ème} pas - test du solde zéro
 - ajustement des positions après arrondi
 - commande de fin de programme

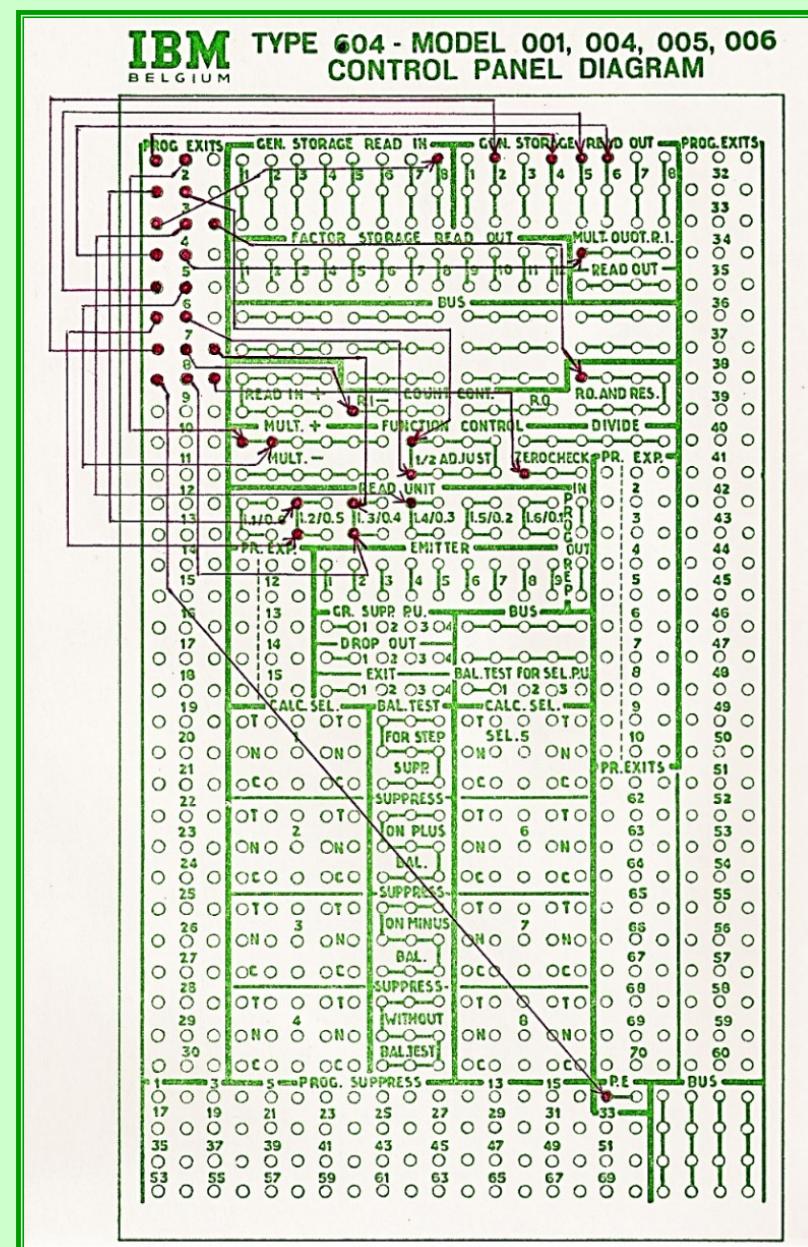
Au 2^{ème} cycle de l'unité 521, le produit P est perforé dans les positions 76 à 80 de la carte. Une discordance constatée entre le produit P et le produit P1 (test du solde zéro) provoque un arrêt de la machine ; la carte erronée peut être extraite du magasin de réception.

Un pas de programme est en fait une impulsion électrique qui déclenche une fonction telle que l'entrée d'une donnée dans une mémoire, la commande d'une opération arithmétique, la remise à zéro du compteur, etc...

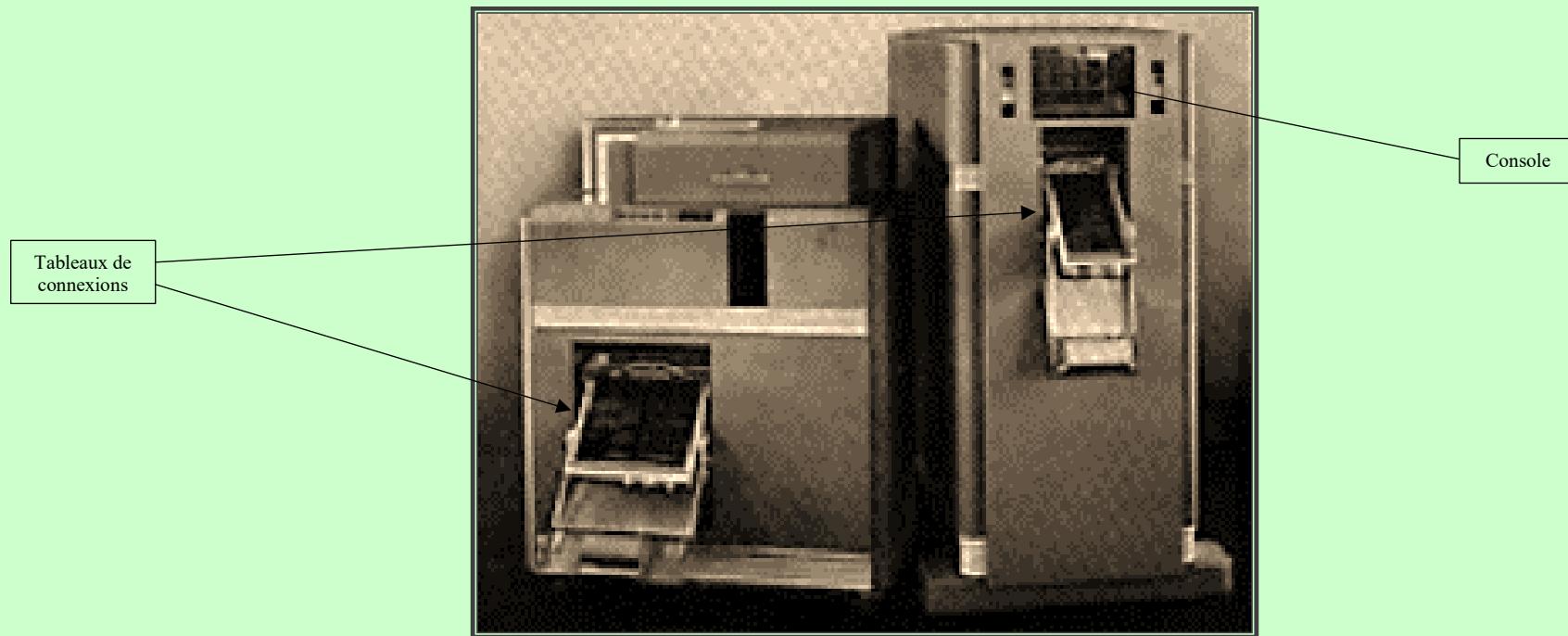
Tous les pas de programme se déroulent entre chaque cycle de l'unité 521.

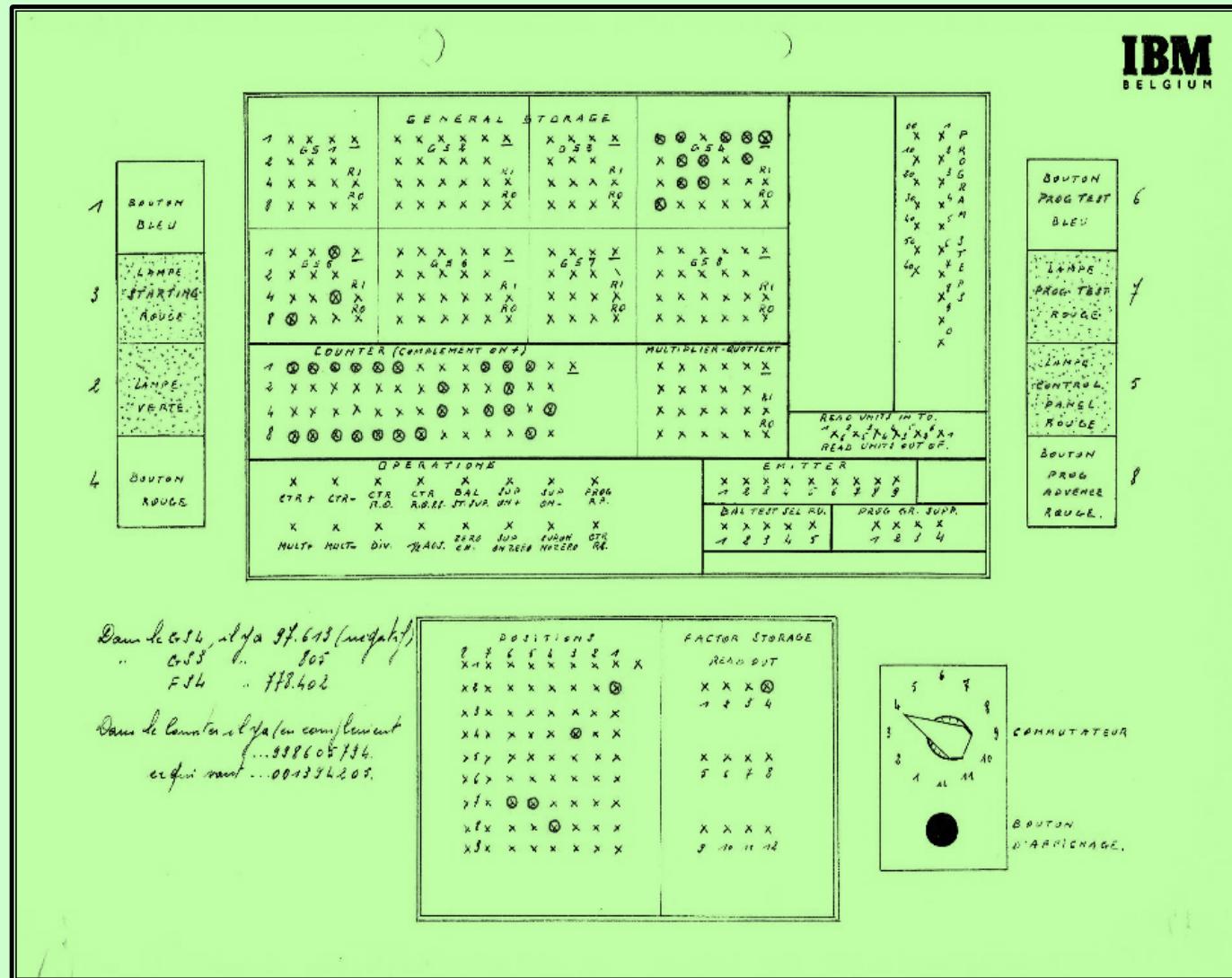
Comme on peut le remarquer sur le tableau de connexions de l'unité 604, trois plots d'impulsion sont disponibles à chaque pas de programme. Ces impulsions ne préfigurent-elles pas en quelque sorte les instructions en langage symbolique des futurs programmes d'ordinateurs ?

À hauteur d'homme, sur la face avant de l'unité 604, une console lumineuse permet, par ses lampes témoins, d'afficher le contenu des mémoires et du compteur tout en suivant pas à pas, pendant le test d'un programme, le déroulement cycle par cycle des opérations.



*Le tableau de connexions de
l'unité 604*





La console de l'unité de calcul 604 - représentation binaire des nombres en mémoire

3.3. Le système de numération binaire

Depuis des siècles, que ce soit à l'aide de ses mains ou de machines conçues et fabriquées pour lui faciliter la vie, l'homme lit les nombres, l'homme écrit les nombres, l'homme effectue les opérations arithmétiques dans un système de **numération décimal**, un code de **numération à base 10**.

Depuis leur création, les ordinateurs fonctionnent dans le système **de numération binaire**, un code de **numération à base 2**. Le système binaire est le système de numération à base la plus faible ; il n'utilise que les chiffres 0 et 1.

Les historiens rapportent que le système était connu bien avant notre ère chez les Chinois et les Égyptiens. En 1694, le mathématicien allemand **Gottfried LEIBNZ** est le premier à présenter l'utilité du système de numération binaire dans les calculateurs ; au terme de ses recherches, il avait automatisé la multiplication et la division.

Dans le système décimal, la valeur numérique de 371 équivaut à :

$$\begin{array}{rcl}
 3 \times (10 \text{ à la puissance } 2) = 300 & + & 300 \\
 7 \times (10 \text{ à la puissance } 1) = 70 & + & 70 = 370 \\
 1 \times (10 \text{ à la puissance } 0) = 1 & + & 1 = 371
 \end{array} \quad \text{soit en représentation décimale } \mathbf{371}$$

Par comparaison, dans le système binaire, cette valeur équivaut à :

$$\begin{array}{rcl}
 1 \times (2 \text{ à la puissance } 8) = 256 & + & 256 \\
 0 \times (2 \text{ à la puissance } 7) = 0 & + & 0 \\
 1 \times (2 \text{ à la puissance } 6) = 64 & + & 64 = 320 \\
 1 \times (2 \text{ à la puissance } 5) = 32 & + & 32 = 352 \\
 1 \times (2 \text{ à la puissance } 4) = 16 & + & 16 = 368 \\
 0 \times (2 \text{ à la puissance } 3) = 0 & + & 0 \\
 0 \times (2 \text{ à la puissance } 2) = 0 & + & 0 \\
 1 \times (2 \text{ à la puissance } 1) = 2 & + & 2 = 370 \\
 1 \times (2 \text{ à la puissance } 0) = 1 & + & 1 = 371
 \end{array} \quad \text{soit en représentation binaire : } \mathbf{101110011}$$

Toute donnée présentée en mode décimal à un ordinateur est convertie par un dispositif interne de la machine avant son introduction en mémoire.

À chaque position de la mémoire d'un ordinateur correspond un composant électronique : un tube électronique sur les premières machines, une ferrite à partir des ordinateurs de deuxième génération. En tant qu'élément électronique, chaque position de la mémoire (triode ou ferrite) ne peut, comme une porte, se présenter que sous deux états : ouverte ou fermée, c'est-à-dire, une position binaire que l'on traduit aussi en diverses expressions, telles que : « oui ou non », « on ou off » ou encore par « 0 ou 1 ». Dans le contexte électronique, on peut dire aussi que le courant « passe » ou « ne passe pas » par cette position de la mémoire.

La mémoire d'un ordinateur est organisée sous la forme de « **mots** » (word en anglais) dont la longueur, dans les premiers ordinateurs, équivaleait généralement à 8 ou 16 positions. Au fil du temps, la longueur du mot atteindra 32 ou 64 positions. Dans la langue anglo-saxonne, le mot « position » est devenu « bit » selon la traduction abrégée de l'anglais « **binary digit** ». Une donnée est donc enregistrée dans un mot, dans un espace de mémoire formé de plusieurs bits. Chaque position du mot représente une valeur propre à la position qu'elle occupe dans le mot, soit le double de la valeur de la position qui la précède ($x^{\text{ème}} \text{ puissance de } 2$). A titre d'exemple, dans un mot de 8 positions, chacune d'elles présente les valeurs suivantes :

Positions de la mémoire :

	8	7	6	5	4	3	2	1
--	---	---	---	---	---	---	---	---

Valeurs en binaire des positions :

	128	64	32	16	8	4	2	1
--	-----	----	----	----	---	---	---	---

Représentation du **nombre 50** en mémoire

	0	0	1	1	0	0	1	0
--	---	---	---	---	---	---	---	---

Les valeurs, dans un mot de 16 bits :

16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
32768	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

Principes d'addition et de soustraction en binaire :

$0 + 0 = 0$ $0 + 1 = 1$ $1 + 0 = 1$ $1 + 1 = 0$ avec report de 1

$0 - 0 = 0$ $0 - 1 = 1$ avec report de 1 $1 - 0 = 1$ $1 - 1 = 0$

Dans le système binaire, les multiplications et les divisions se font respectivement par additions ou soustractions successives. Ci-après, deux exemples d'opérations arithmétiques effectuées en binaire :

Addition (A + B)

Reports	11	11	1	1
A	01101101	109		
+ B	00100101	37		
<hr/>				
	10010010	146		

Soit $128+0+0+16+0+0+2+0 = 146$

Multiplication (A x B)

A	01101101	109
B	1001	9
<hr/>		
Reports	11	1
	01101101	981
	00000000	
	00000000	
	01101101	
<hr/>		
	01111010101	

Soit $0+512+256+128+64+0+16+0+4+0+1=981$

En général, les processeurs d'ordinateurs traitent les données mémorisées par groupes de 8 bits. Cette portion de mémoire a reçu le nom de **byte** en anglais, **octet** en français.

La mémoire d'un ordinateur ne contient pas que des chiffres. Elle contient également les lettres de l'alphabet, majuscules et minuscules distinctement, ainsi que plusieurs caractères spéciaux, dont les signes de ponctuation. À leur enregistrement dans la mémoire des ordinateurs, ces caractères sont convertis en binaire suivant la valeur décimale qui leur a été attribuée par un **code international appelé ASCII** (American Standard Code for Information Interchange). Chaque caractère est mémorisé dans un mot de 8 bits. Pour garantir une uniformité dans ce système de conversion, une valeur ASCII a été également attribuée aux chiffres. Exemples :

Caractères	Valeur décimale ASCII	Conversion binaire
0	48	00110000
5	53	00110101
9	57	00111001
A	65	01000001
Z	90	01011010
a	97	01100001
z	122	01111010

Afin de rendre plus proche la lecture en code binaire de la lecture en code décimal, les constructeurs d'ordinateurs ont inventé un autre système de codification binaire : le **Décimal Codé Binaire** (DCB). Dans ce système chaque chiffre d'un nombre décimal est codé en quatre positions binaires. Exemple appliqué au nombre 137 :

En binaire pur : 10001001

$$128+0+0+0+8+0+0+1$$

En binaire DCB : 0001 0011 0111

$$\begin{array}{ccc} 1 & 3 & 7 \end{array}$$

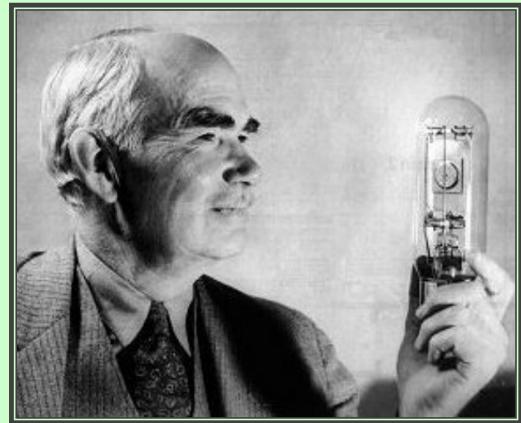
3.4. Fonctionnement de la triode

Le recours à la triode dans la fabrication des calculateurs électroniques et des ordinateurs de première génération est l'aboutissement d'une recherche vouée à trouver, dans le traitement des données, un moyen plus rapide que ceux utilisés dans les machines de la mécanographie, notamment les relais électromécaniques. De leurs travaux, les chercheurs ont conclu que le moyen le plus rapide répondant à leur besoin était l'**électron**.

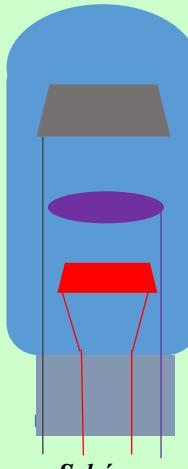
Dans l'évolution de l'**électronique**, la triode succède à la diode. Celle-ci a été définitivement mise au point en 1903 par le physicien anglais John Flemming dans le but premier de transformer un courant alternatif en courant continu à l'aide de deux électrodes (anode et cathode, conducteurs de courant). En 1906, l'inventeur américain, Lee De Forest perfectionne la diode par l'apport d'une troisième électrode.

La triode est constituée d'une ampoule en verre renfermant sous vide 3 éléments métalliques aux propriétés bien spécifiques : une **cathode**, une **anode** et une **grille** disposée entre les deux. Le tube à vide peut être utilisé comme oscillateur, amplificateur ou détecteur de courant électrique en fonction de la tension appliquée.

La triode, devenue le premier dispositif amplificateur d'un signal électronique, sera d'abord utilisée au cours du 20^{ème} siècle dans le développement des postes de radio, du cinéma parlant et de la téléphonie avant son introduction dans les premiers ordinateurs.



Lee DE FOREST et le tube à vide (ou triode)



Anode - plaque

Grille

Cathode - filament

Schéma

La mémoire des premiers calculateurs et ordinateurs électroniques est constituée de triodes. Ces triodes sont alignées et fixées sur des supports adéquats. La mémoire est formée de mots dont la longueur est définie à la construction de l'ordinateur. Chaque mot est composé d'un nombre de triodes correspondant à sa longueur. Chaque triode représente une position du mot.

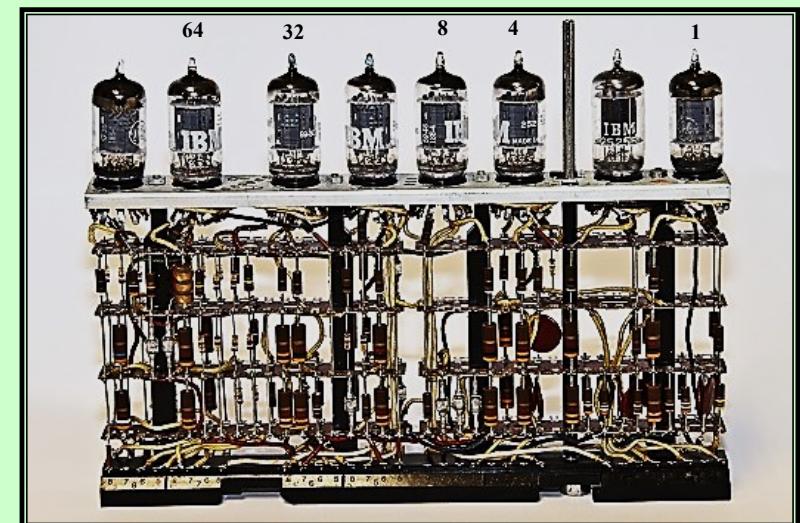


Dans la figure ci-contre les triodes chiffrées représentent, à titre d'exemple, le nombre 109. Selon la numérotation binaire, les triodes chiffrées sont positionnées à 1 (le courant passe). Les triodes non chiffrées sont positionnées à 0 (le courant ne passe pas).

Utilisé dans les premiers ordinateurs comme **commutateur** de signaux électriques, le tube à vide répond adéquatement aux spécificités du traitement de l'information dans le système de numération binaire ; la lampe, allumée ou éteinte, représente le 1 ou le 0 du système binaire. Un tube à vide peut être combiné à volonté avec d'autres tubes de manière à réaliser des circuits arithmétiques et logiques.

Comment s'opère le positionnement d'une triode ? Comment, dans le système binaire, peut-elle être positionnée à 0 ou à 1 ?

La cathode est une plaque métallique qui sous l'effet de la chaleur produite par un filament chauffant de tungstène libère des électrons négatifs formant dans le tube



un nuage électronique (émission cathodique). Face à la cathode se trouve l'anode qui, pour sa part, libère des électrons positifs. Par l'attraction des contraires, selon la loi de la nature, les électrons négatifs de la cathode rejoignent les électrons positifs de l'anode établissant ainsi un courant électrique. Autrement dit, le courant passe et la triode peut être considérée comme positionnée à 1.

Le positionnement à 0 de la triode peut être réalisé par l'impulsion d'un courant électrique défini chargeant la grille d'électrons négatifs. Les électrons négatifs de la cathode et de la grille se repoussant, le courant ne passe donc pas.

L'encombrement de la triode et la chaleur dégagée par l'échauffement de la cathode feront obstacle au développement à long terme de la triode. À la fin des années '50, la triode sera remplacée par le transistor.

3.5. L'électron, c'est quoi ?

D'où vient le mot ? Les Grecs appelaient « elektron » cette résine (ambre jaune) produite par un conifère et qui produit par frottement de l'électricité statique. L'électron est la plus petite particule de toute matière. C'est, avec les protons et les neutrons, un des éléments de l'atome. Les électrons sont de charge négative ; sous la forme d'onde ou de particule, ils gravitent autour du noyau de l'atome. Celui-ci contient les protons de charge positive et les neutrons de charge neutre.

Les scientifiques nous apprennent que la vitesse de l'électron varie de 2.100 à 2.400 kms à la seconde et que sa taille équivaut à 10^{-17} . (La vitesse de la lumière est d'un peu moins de 300.000 kms à la seconde.

3.6. L'IBM 604, calculateur ou ordinateur ?

On les appelle et on les considère généralement comme des « ordinateurs » les premières machines, restées célèbres, qui ont été fabriquées au cours de la décennie '40, tels le MARK 1, l'ENIAC et quelques autres.

En réalité, pour les spécialistes et historiens, le premier ordinateur digne de ce nom est l'EDVAC, construit aux Etats-Unis et mis en exploitation à la fin des années '40. Trois éléments le distinguent de ses prédecesseurs et lui valent cette attribution, à savoir : le programme est enregistré, selon la théorie de von Neumann, il recourt aux tubes électroniques et les données sont traitées en mode binaire.

Dans les machines précédentes, le programme est conçu par câblage sur des panneaux extérieurs de l'appareil, comme sur les machines utilisées en mécanographie. Le mécanisme interne recourt à des relais électromécaniques et les données sont parfois traitées en mode décimal.

L'IBM 604 traite les données en mode binaire et son fonctionnement interne recourt bien aux tubes électroniques. Toutefois, la programmation des calculs s'opère par câblage sur des panneaux extérieurs de la machine ; pour cette seule raison, l'IBM 604 ne peut être considéré comme un ordinateur mais bien comme un calculateur électronique.

4. L'ORDINATEUR IBM 1401

Le travail réalisé sur cet ordinateur représente pour moi, non seulement mes premiers pas dans un monde totalement inconnu et plein de découvertes, mais aussi les premières heures de mon apprentissage à la programmation sur ordinateur.

J'ai conservé précieusement mon manuscrit du cours de base. Je l'avais personnellement complété, quelques mois après avoir suivi ce cours, des fonctions propres aux supports magnétiques (disques et bandes) intégrés dans l'équipement sur lequel je travaillais. Des différents chapitres de cet ouvrage qui comporte plus de trois cents feuillets manuscrits, je résumerai en quelques pages les caractéristiques essentielles du 1401.

4.1. Qu'est-ce qu'un ordinateur ?

Comment, à cette époque, décrivait-on un ordinateur ? Les premières pages du cours présentent l'ordinateur 1401 : ce qu'il est, ce qu'il fait, comment il le fait.

C'est un ensemble de machines à fonctions spécialisées qui forment par conception un tout équilibré. Comme tout ordinateur, c'est une cellule autonome à compétence universelle, c'est-à-dire :

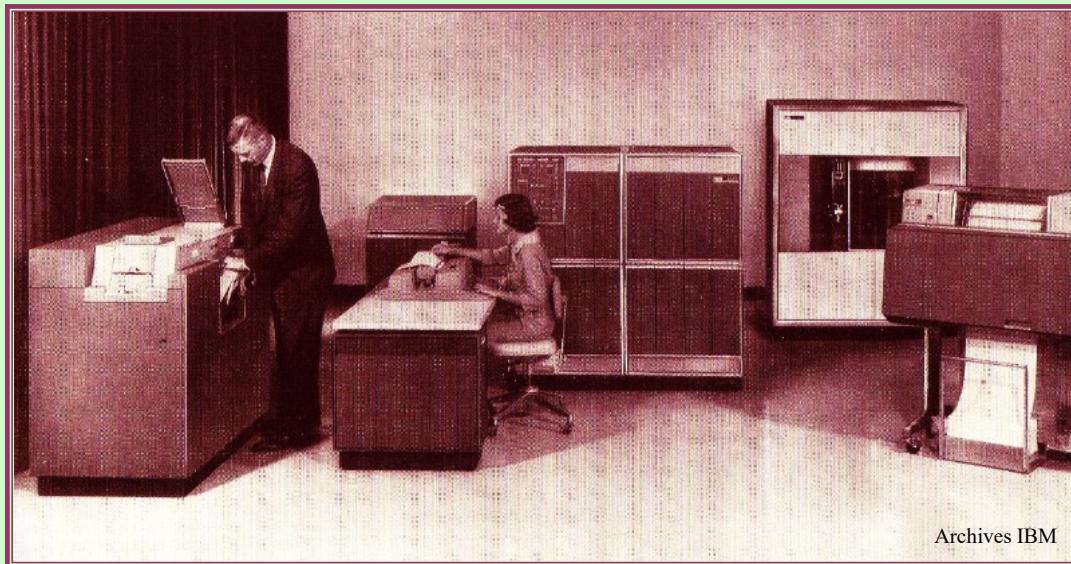
1. *qu'il trouve en lui-même toutes ses règles d'actions ;*
2. *qu'il est gouverné par l'unité centrale (C.P.U – Central Processing Unit) qui assure toutes les fonctions de commande et d'auto-vérification.*

Il traite les informations qui lui sont confiées suivant un programme qu'il aura préalablement enregistré. Ce programme est une suite d'instructions auxquelles l'ordinateur se réfère pour exécuter le travail qui lui est soumis ; il procure à l'ordinateur un automatisme total. En effet, ces instructions constituant des informations spécifiques pour l'ordinateur, celui-ci les interprète comme une suite d'opérations simples à accomplir. C'est ainsi qu'en observant les instructions de son programme, l'ordinateur est capable :

1. *de décisions à chaque embranchement dans le déroulement des opérations ;*
2. *d'altérer son propre programme en fonction des conditions rencontrées.*

L'ordinateur 1401 accomplit son travail avec toutes les caractéristiques propres à tout ordinateur, notamment :

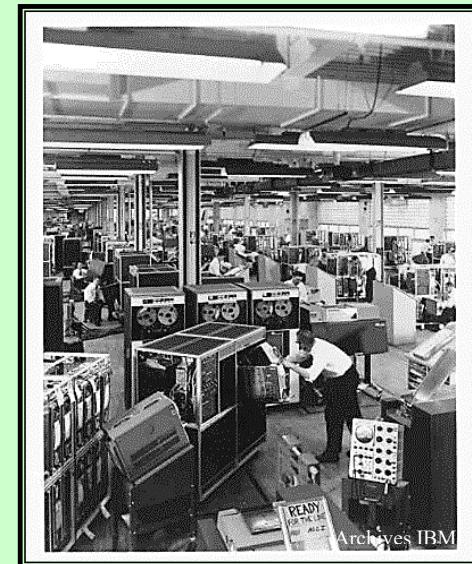
1. *à une vitesse d'exécution électronique : le temps d'accès ou cycle de base du 1401 est de 11,5 microsecondes (0,000.011,5 seconde)*
2. *avec un contrôle automatique et constant s'effectuant sur toutes les opérations.*



Archives IBM

L'IBM 1401 en 1959 : lecteur-perforateur de cartes, console, extension de l'unité centrale, unité centrale, disques et imprimante (ne figurent pas sur ce cliché les armoires de bandes magnétiques que l'on peut toutefois apercevoir au centre du cliché ci-contre).

L'origine du mot « ordinateur » ? C'est à la demande d'IBM France que le professeur de la Sorbonne, Jacques Perret, proposa, en 1955, de traduire le mot anglais « Computer » par « Ordinateur ». La proposition fut acceptée par IBM et généralisée dès lors dans la littérature francophone.



Chaîne de montage de l'IBM 1401 en 1959

Archives IBM

4.2. Les unités composantes du 1401

4.2.1. L'unité centrale 1401

Elle appartient à la seconde génération d'ordinateurs. Ces circuits sont imprimés et utilisent exclusivement des transistors et des diodes. Elle contient une mémoire centrale, de 1 400, 2 000 ou 4 000 positions, des circuits arithmétiques et logiques. Toutes les opérations s'effectuent directement en mémoire. Il n'y a pas d'accumulateur, chacune des positions de la mémoire pouvant en assurer la fonction (mémoire de type ADD TO MEMORY ou mémoire additive).

Une console ou panneau de commande autorise une communication directe entre l'opérateur et l'intérieur du système. L'unité séparée 1406 permet d'étendre la capacité de la mémoire interne de l'unité centrale à 8 000, 12 000 ou 16 000 positions. Le 1401 peut exécuter en une minute 193 300 additions de nombres de 8 chiffres ou 25 000 multiplications de 6 chiffres par 4 chiffres.

La console de l'unité centrale de l'ordinateur 1401



4.2.2. Le lecteur - perforateur de cartes 1402

Ses performances : **800 cartes à la minute en lecture, 250 en perforation**. Le contenu d'une carte lue (80 colonnes) est systématiquement enregistré dans les positions 1 à 80 de la mémoire ; les positions 101 à 180 contiennent les données qui doivent être perforées. L'unité est pourvue de 5 cases de réception des cartes autorisant une sélection ou une fusion des cartes à la sortie du lecteur et/ou du perforateur. Outre la lecture et la perforation des fichiers de données, cette unité réalise également la conversion du programme source (en langage symbolique) en programme objet (langage machine).

Les mécanismes de lecture et de perforation de cartes sont bien connus de tous ceux qui ont travaillé en mécanographie. La lecture des perforations d'une carte s'opère par le passage de la carte sous une série de 80 balais. Le contenu de la carte est envoyé dans les positions de la mémoire qui lui sont réservées. La perforation de données dans une carte est effectuée par une série de 80 poinçons.

4.2.3. L'imprimante 1403

Ses performances standard : **600 lignes de caractères alphanumériques par minute**, 132 caractères par ligne, 10 caractères au pouce, interligne d'1/6 pouce. **L'unité 1403 recourt à un tout nouveau système d'impression**. Celui-ci est formé d'une **chaîne** porte-caractères amovible, tournant horizontalement et défilant sans arrêt devant le papier. Tout caractère est imprimé par la frappe d'un des 132 marteaux lorsque ce caractère atteint la position de la ligne dans laquelle il doit être imprimé.

4.2.4. La console 1407

Cet appareil, du type machine à écrire avec papier continu, permet au programmeur d'atteindre et de modifier directement au cours du test d'un programme le contenu de la mémoire centrale de l'ordinateur. L'intervention requiert, au préalable, un arrêt absolu du fonctionnement de l'ordinateur. Cet arrêt est commandé à la console de l'unité centrale. Hormis de graves écarts de logique dans la programmation, toute erreur dans une instruction portant, par exemple, sur le code opération ou l'adresse d'un facteur peut être rapidement corrigée, dans le langage machine, à partir du clavier de la 1407. Après envoi de la correction dans la mémoire centrale, le programmeur relance le déroulement du programme non sans avoir indiqué sur le panneau de contrôle du 1401 l'adresse de l'instruction depuis laquelle le programme peut être relancé. Il ne reste plus au programmeur qu'à effectuer cette même correction dans son programme source.

4.2.5. Les unités de bandes magnétiques 729

La bande magnétique est bien connue et utilisée depuis le début des années cinquante déjà sur les ordinateurs de première génération. L'ordinateur 1401 peut être équipé de 1 à 6 unités de bandes magnétiques du type 729 ou 7330. Comme sur le disque magnétique, chaque caractère est mémorisé par un nombre de 7 points dans le mode binaire décimal.

La bande magnétique constitue *le moyen idéal et le plus économique de mémorisation de masse de l'information*. Elle n'offre naturellement que de très faibles performances dans les traitements puisque le dernier enregistrement d'un fichier sur bande magnétique ne peut être atteint qu'après avoir lu tous ceux qui le précédent.

4.2.6. L'unité de disques magnétiques 1405

L'unité 1405 est un produit dérivé du 305 RAMAC, la première unité à mouvement rotatif, annoncée en 1957 dont la capacité était, à cette époque, de 5 000 000 de caractères.

Le disque apporte beaucoup plus qu'une capacité de mémoire supplémentaire. Il offre pour la première fois des solutions au traitement de l'information dans une conception entièrement nouvelle : la recherche aléatoire d'informations. Ce mode d'accès est maintenant rendu possible grâce à la rotation des disques et au déplacement vertical et horizontal d'un bras muni d'une double tête de lecture - écriture. Il offre un gain de temps considérable dans les traitements d'informations.

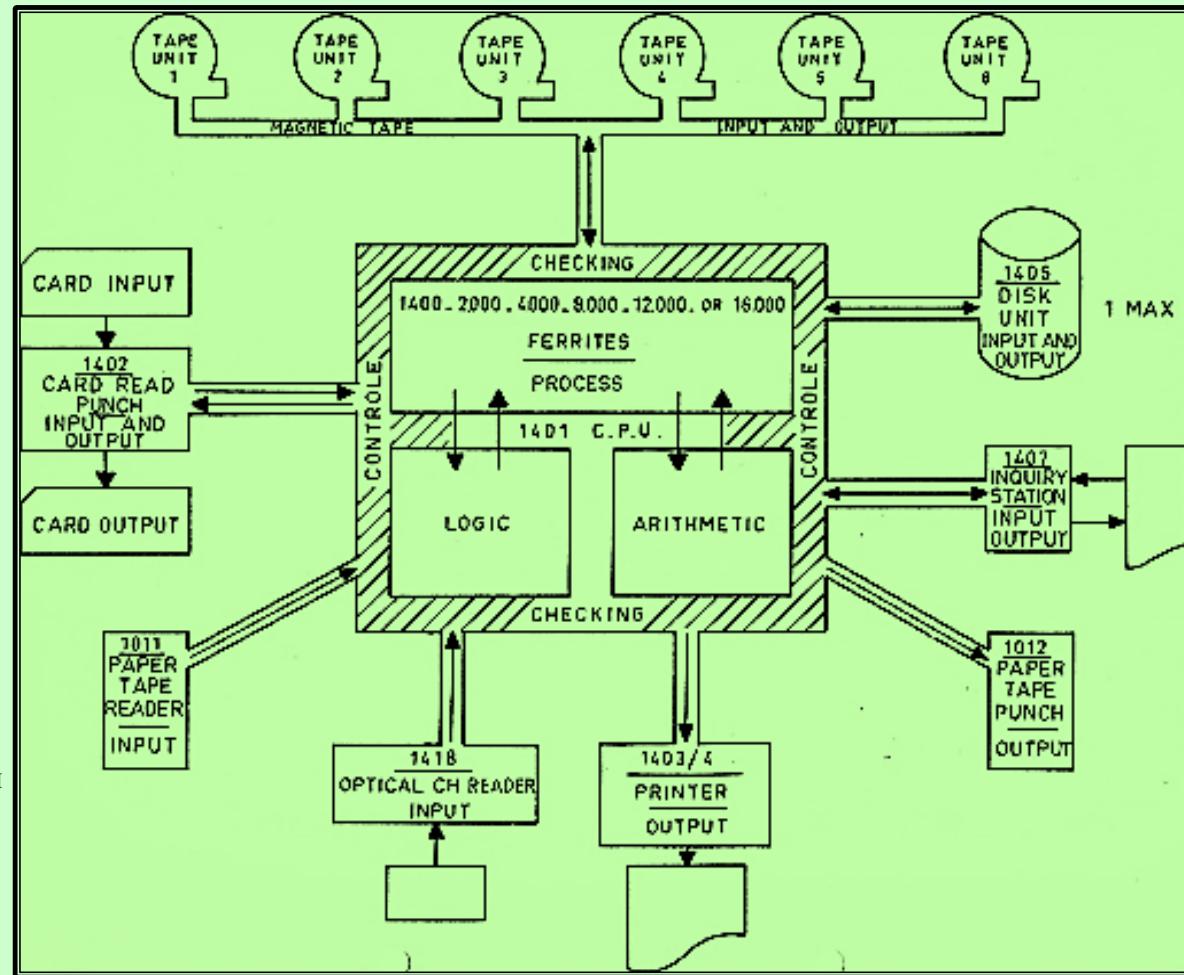
La capacité du 1405 modèle 2 : **20 mgb (20 000 000 de caractères)**, répartis sur 50 disques, soit 100 faces, 200 pistes par face, 5 secteurs par piste et 200 caractères par secteur. Le modèle 1 ne contient que 25 disques. Le secteur constitue à la fois l'unité physique et l'unité logique d'enregistrement. Celle-ci n'est accessible que par une adresse indélébile de 7 positions située en début de secteur. Chaque caractère est mémorisé par un nombre de points, 7 au maximum, dans le mode binaire décimal.

Ses performances : le temps d'accès d'un enregistrement varie de 100 à 800 ms (millièmes de seconde) suivant la longueur de déplacement du bras. Les disques tournent à une vitesse de 1 200 tours par minute, 20 tours par seconde.



L'unité de disques 1405, modèle 1, 25 disques, 10 mégabytes

Archives IBM



L'ordinateur IBM 1401 et ses périphériques

Des unités spéciales peuvent être connectées à l'ordinateur 1401 : un lecteur optique 1418, un lecteur de bande-papier 1011, un perforateur de bande-papier 1012, un dispositif d'impression appelé Bill Feed, permettant d'imprimer des informations indifféremment sur formules continues ou documents séparés (chèques, assignations, quittances).

4.3. Le fonctionnement de l'ordinateur 1401

Les fonctions de base du 1401 sont au nombre de cinq :

1. la fonction d'entrée : lecture des informations présentées sur les différentes unités : cartes, disques, bandes.
2. la fonction de sortie : perforation en cartes, enregistrement sur les supports magnétiques, impression sur papier des informations demandées.
3. la fonction de mémorisation : réception, enregistrement, restitution de l'information demandée. Hormis la bande magnétique, les deux autres supports de mémorisation (mémoire centrale et disques) sont adressables, afin d'atteindre directement l'information.
4. la fonction de calcul : elle réalise les 4 opérations élémentaires. L'addition et la soustraction ne s'opèrent pas dans un accumulateur mais dans un compteur à 1 position appelée « ON DIGIT ADDER » qui traite chiffre après chiffre et envoie le résultat dans les positions de ferrites qui lui sont réservées. La multiplication et la division sont effectuées soit par un dispositif spécial appelé MD, soit par un programme spécial, appelé routine de multiplication et division.
5. la fonction logique : comparaison et décision. Le traitement interne des informations s'effectue dans la séquence des instructions. Toutefois, la fonction de branchement permet de trouver dans une instruction l'adresse conditionnée ou non de l'instruction suivante. Un indicateur (on / off) contient le résultat d'une comparaison de deux données à l'aide du code opération C (COMPARE).

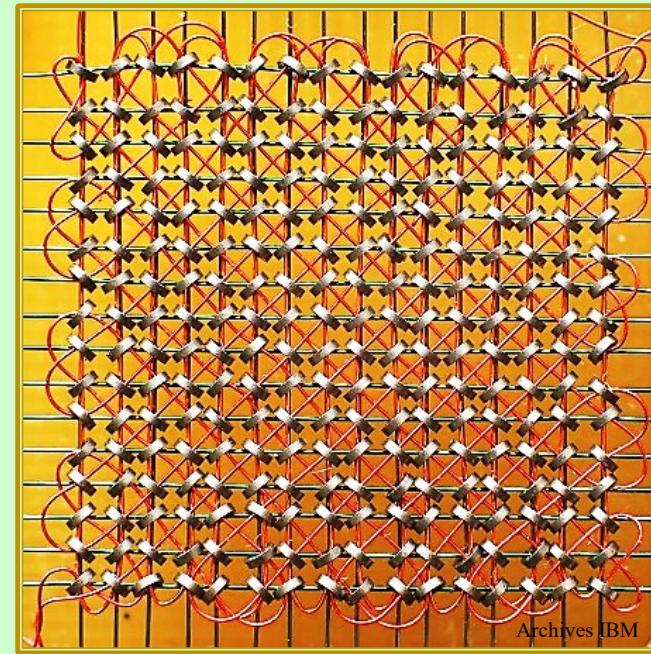
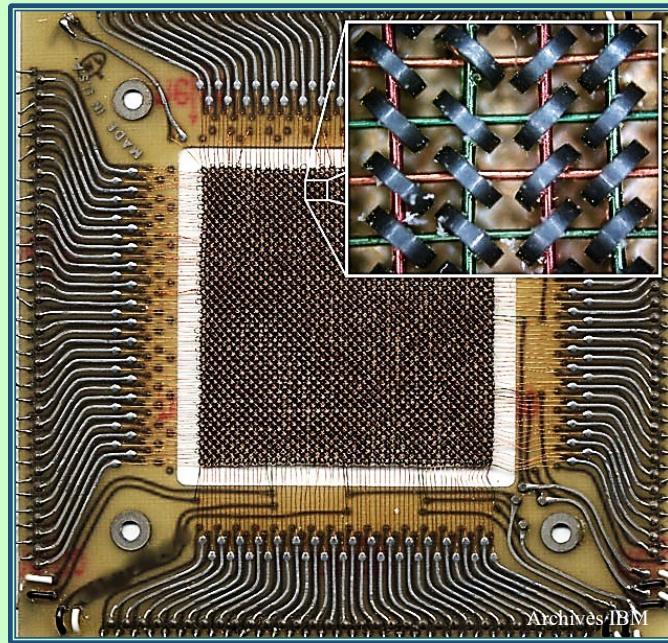
4.4. Les particularités de l'ordinateur 1401

Divers éléments propres à cet ordinateur contribuent à son bon fonctionnement et mettent en lumière les améliorations apportées par les ordinateurs de la deuxième génération.

4.4.1. *La mémoire de ferrites*

La mémoire centrale du 1401 est constituée d'un réseau de plusieurs milliers de petits anneaux facilement magnétisables appelés tores magnétiques ou ferrites. Les dimensions d'une ferrite : 2 mm de diamètre et 1 mm d'épaisseur. Chaque anneau est capable de représenter 0 ou 1 selon le sens du champ magnétique. La matrice ou support des ferrites est constituée d'un treillis de fils parallèles et équidistants. À chaque point d'intersection est placée une ferrite traversée en son centre par deux fils, l'un pour l'impulsion, l'autre pour la détection du sens magnétique.

La représentation d'un caractère dans une mémoire de ferrites requiert, selon le mode binaire décimal, 8 anneaux situés sur une même verticale. Chaque plan équivaut à la valeur ou au symbole 1, 2, 4, 8, A, B, C, et WM énuméré de bas en haut. Les quatre premiers plans permettent de former les chiffres 0 à 9. Ces quatre premiers plans associés aux plans A et/ou B permettent de former les caractères alphabétiques ou spéciaux. Le plan C est utilisé pour le contrôle de parité et le plan WM pour la reconnaissance du WORD MARK dont l'usage et l'intérêt sont décrits ci-après. Une mémoire centrale de 4 k (4 000 positions de caractères) est donc formée d'un réseau de 32 000 petits anneaux de ferrite assemblés sur 8 supports superposés.



4.4.2. Le programme

Un programme est une suite logique d'instructions élémentaires qui indique à l'ordinateur la marche à suivre dans l'exécution d'un travail. Il possède une double caractéristique : *il est séquentiel et intégré*

- Séquentiel : le programme est conçu et réalisé de telle sorte qu'après avoir lu et exécuté l'instruction i , il lit et exécute l'instruction $i + 1$, sauf dans le cas de branchement. La séquence des instructions et les branchements correspondent à une logique élaborée en vue d'obtenir les résultats demandés.

- Intégré : il est entièrement enregistré dans la mémoire de ferrites. Le programme exécutable, c'est-à-dire traduit en langage machine, est un jeu de cartes perforées lu par le lecteur de cartes et chargé dans la mémoire à la suite d'une pression du bouton LOAD. Le programme contient également, à la suite des instructions, les zones de travail réservées par le programmeur. C'est l'unité centrale qui fait la distinction entre une instruction et une zone de données.

Lorsque l'ordinateur fonctionne, la mémoire du 1401 ne contient rien d'autre que le programme qu'elle doit exécuter. Cela signifie que ***rien ne s'opère sur les différentes unités de l'ordinateur qui ne puisse être maîtrisé par le programmeur***. Marquer la fin de fichier sur une bande magnétique et demander le rembobinage de celle-ci relève d'instructions déclarées au sein du programme de traitement.

4.4.3. Les instructions du programme

L'ensemble des instructions forme le programme. ***Les instructions sont de format variable : elles peuvent occuper de 1 à 8 positions de mémoire***. Elles sont composées de quatre éléments au maximum. Une instruction comporte au moins un code opération. Le format type d'une instruction est le suivant :

X XXX X

- le premier élément est le code opération ; le caractère qui le représente est toujours accompagné d'un WORD MARK qui définit ainsi le début de l'instruction,
- le deuxième élément représente soit l'adresse de la position des unités du facteur A soit l'adresse du code opération de l'instruction à atteindre en cas de branchement,
- le troisième élément indique l'adresse de la position des unités du facteur B ; c'est toujours à cette adresse que se trouve le résultat d'une opération sur les deux facteurs,
- le quatrième élément représente une codification qui peut conditionner l'opération.

4.4.4. Le WORD MARK

Le dernier des huit anneaux de ferrite constituant un caractère en mémoire centrale de l'ordinateur est l'anneau du WORD MARK ; celui-ci peut être magnétisé automatiquement par l'unité centrale ou par une instruction dans le programme. L'anneau du WM est pris en compte dans le contrôle de parité effectué par l'ordinateur (voir ci-après).

Son utilité ? Il faut savoir que le « mot » (WORD en anglais) a été, dans les ordinateurs de première génération, considéré comme une unité de travail. Le mot comporte alors un nombre fixe et prédéterminé de positions. Cette contrainte cause la perte de plusieurs positions lorsque le nombre de caractères de la donnée est inférieur à la capacité du mot.

Le WORD MARK introduit dans le 1401 la notion d'instructions ou de données de longueur variable. Il est placé le plus souvent au chargement du programme au-dessus du premier élément de chaque instruction (il indique donc le code opération de l'instruction) et au-dessus du premier caractère de gauche de chaque zone de données pour en marquer la limite.

Il existe diverses instructions qui, dans le traitement des données, prennent en considération la présence du WM, notamment dans les instructions de mouvement de données.

4.4.5. L'adressage des positions de la mémoire centrale : pour une économie de place

Par position, il faut entendre un groupe de huit ferrites indispensables à la représentation d'un caractère. Chaque position formée de huit ferrites représente donc un ensemble auquel est attribuée une adresse. Dans un ordinateur 1401 de 16 000 positions de mémoire centrale (capacité maximale), la première position porte l'adresse 00001 et la dernière position porte l'adresse 16000. Toute zone en mémoire destinée à contenir une adresse (les adresses de facteurs d'une instruction) devrait impérativement avoir une longueur de 5 positions.

Par souci d'économie des positions de la mémoire centrale, les concepteurs du 1401 ont voulu limiter la longueur des adresses de facteurs à 3 positions.

La méthode consiste en une conversion des trois premières positions de gauche et de la position des unités par une lettre ou un caractère spécial.

À titre d'exemple, les adresses suivantes sont converties comme suit :

l'adresse 00999 devient 999	l'adresse 01999 devient Z99
l'adresse 02999 devient R99	l'adresse 03999 devient I99
l'adresse 04999 devient 99Z	l'adresse 07999 devient I9Z
l'adresse 11999 devient I9R	l'adresse 15999 devient I9I

4.4.6. Les registres

Les registres sont des zones très spécifiques situées au sein de la mémoire centrale. Ils jouent un rôle très important dans *l'exécution des instructions* du programme. Les cours de formation au 1401 expliquent au programmeur le fonctionnement des registres.

Il existe six registres de deux types : trois registres « adresse » et trois registres « caractère ». Tous les caractères de l'instruction passent, pour reconnaissance, par les trois registres caractère. Le premier de ceux-ci mémorise en permanence le code opération. Les trois registres adresse reçoivent de la part des registres caractère l'adresse du code opération, celle du facteur A et celle du facteur B. Le temps de lecture et de transfert de l'instruction dans les registres est appelé « cycle d'analyse ».

Le « cycle d'exécution » débute lorsque le « cycle d'analyse » est terminé.

4.4.7. Les dispositifs de contrôle du 1401

Ils sont au nombre de trois. Ils sont réalisés dans des circuits transistorisés.

Le contrôle de validité : tout caractère entrant dans la mémoire du 1401 doit correspondre à un des **64 caractères reconnus** et mémorisés dans un registre auquel le 1401 fait référence.

Le contrôle de parité : tout au long du travail qui s'opère dans sa mémoire, le 1401 effectue un comptage du nombre de ferrites magnétisées dans la représentation d'un caractère. Si le nombre de ferrites magnétisées (y compris celle du plan WM) est pair, le système magnétise systématiquement la ferrite du plan 7. Une position de la mémoire comprend **toujours**

un nombre impair de ferrites magnétisées. Dans tout déplacement de caractères au sein de la mémoire, le 1401 vérifie si le nombre de ferrites magnétisées à l'arrivée correspond bien à celui compté au départ.

Le contrôle des perforations dans les cartes : les stations de lecture et de perforation de l'unité 1402 sont en fait pourvues de *deux séries de balais* qui permettent un contrôle d'équivalence du nombre de perforations présentes dans chaque colonne entre le passage sous les seconds balais et celui sous les premiers balais.

4.5. La réalisation d'un programme sur le 1401

La réalisation d'un programme telle qu'elle était pratiquée sur le 1401 sera maintenue sur tous les ordinateurs du monde pendant de nombreuses années, en fait, jusqu'à l'avènement dans un premier temps des bibliothèques de programmes, et plus tard des logiciels de programmation interactive. Ordinogramme, feuille de programmation, programme source (en cartes perforées), assemblage, compilation, programme objet (en cartes également) sont des termes qui resteront imprégnés dans la mémoire de toute une génération d'informaticiens.

4.5.1. *Le langage de programmation SPS (Symbolic Programming System)*

Le langage SPS est le langage de programmation utilisé par IBM pendant les cours de formation à l'ordinateur 1401. Comme son nom l'indique, *ce langage de programmation recourt aux symboles dans l'écriture des instructions d'un programme*.

Comparé au langage machine, un langage symbolique offre au programmeur l'avantage de disposer d'un « texte » explicite du contenu de son programme. Cet outil, non seulement lui permet une lecture aisée, mais lui donne également la faculté de localiser instructions et données que ce soit dans le texte ou dans la mémoire centrale. Désormais dans son travail, le programmeur attachera au contenant autant d'attention et d'importance qu'au contenu !

Tous les codes opérations expriment une action demandée à l'ordinateur. Cette action peut s'exprimer par un symbole ; ainsi, l'opération de lecture « Read » est représentée symboliquement par le caractère R, celui de l'opération « Move characters and suppress zeros » par les caractères MCS. Le programmeur désigne par un nom symbolique, selon son imagination, toute zone destinée à recevoir une donnée : la zone qui contient le montant d'un prix de vente pourrait être abrégée en PRIVEN. Un nom symbolique est également attribué à la première instruction d'une série ou d'un bloc d'instructions qui doit être atteinte par une opération de branchement.

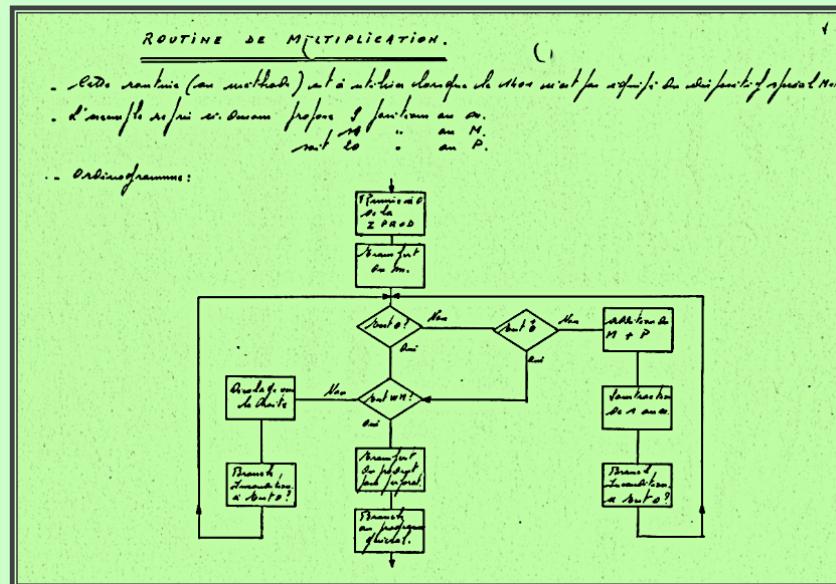
Le recours à un langage symbolique implique un mode d'écriture des instructions ainsi qu'un mode de transformation du langage symbolique en langage machine.

L'écriture d'un programme se fait sur un document appelé feuille de programmation adaptée aux spécificités syntaxiques du langage. Après avoir rédigé son programme, le programmeur en perfore le contenu dans des cartes, à raison d'une carte par ligne de la feuille de programmation. Le fichier de cartes constitué est appelé « **programme source** ». Celui-ci est ensuite soumis à un programme fourni par le constructeur à la livraison de l'ordinateur. Ce programme est appelé « **PROCESSOR** » ; il produit un jeu de cartes perforées appelé « **programme objet** » dans lequel les instructions symboliques sont traduites en langage machine.

Le traitement du programme source, appelé aussi assemblage, se déroule en différentes étapes suivant la demande du programmeur :

1. la simple impression du programme source sur un état appelé pré-listing qui indique néanmoins au programmeur les endroits du programme où de flagrantes erreurs de syntaxe ont été détectées ;
2. l'assemblage proprement dit qui fournit le programme objet ; chaque carte du programme objet contient toutes les informations de la carte source suivies de l'instruction convertie dans le langage machine ;
3. l'impression d'un second état appelé post-listing sur lequel sont indiquées des erreurs plus pointues ;
4. un second assemblage qui consiste à produire un nouveau programme objet allégé des instructions symboliques et regroupant plusieurs instructions en langage machine sur une seule carte.

Tout programme objet produit par une opération d'assemblage est précédé de cartes de contrôle générées automatiquement par le programme d'assemblage. Ces cartes contiennent différentes instructions en langage machine. Dans la première de ces cartes, le programmeur reconnaît celles qui effectuent la remise à blanc de la mémoire centrale. Encore faut-il que ces instructions, une fois en mémoire, soient reconnues comme telles ! C'est pourquoi, les toutes premières instructions de la première carte de contrôle, ont pour but de poser un WM sur les codes opérations des instructions de remise à blanc afin de rendre celles-ci opérationnelles.



Routine de multiplication en langage SPS

**1401 feuille de programme
programmablad**

PROGRAMME: <u>MULTIPLICATION (ROUTINE)</u>									
MÉMOIRE: <u>RAM</u>									
DATE: <u>DATA:</u>									
IDENTIFICATION: <u>IDENTIFICATION</u>									
LIGNE LINE	COMPT. REG.	DIRECTRICE DIRECTIVE	OPÉRAT. OPERATOR	EXÉCUTION DU PROGRAMME		EXÉCUTION DU PROGRAMME		LIBELLE LABEL	REMARQUES REMARKS
				ADRESSE ADDRESS	+ ADDR. ADDR.	ADRESSE ADDRESS	+ ADDR. ADDR.		

Dans la mémoire du 1401, rien ne s'opère qui ne soit sous le contrôle du programmeur ! Dépourvue du moindre logiciel, la mémoire du 1401 est, en effet, totalement et exclusivement réservée au programme de traitement des données. Le seul programme (le mot logiciel est encore inconnu à cette époque) fourni par le constructeur avec la machine est le programme d'assemblage des programmes sources, c'est-à-dire la conversion du langage symbolique en langage machine.

4.5.2. Les codes opérations du SPS

Le langage SPS offre au programmeur quelque 90 codes opérations. Ils sont généralement répartis selon les grandes fonctions qui leur sont assignées. On distingue :

- les codes opérations d'entrées et de sorties, simples ou combinés : lecture de cartes, perforation de cartes, impression de documents,
- les codes opérations de transfert de données : transferts simples ou complexes, avec ou sans WM, et opérations de remise à blanc de la mémoire,
- les codes opérations logiques : opérations de comparaison, de branchement, d'arrêt,
- les codes opérations arithmétiques : addition, soustraction, multiplication, division,
- les codes opérations de mouvement de documents ou de cartes : les commandes de saut du papier, la sélection des magasins de réception des cartes,
- les codes opérations de définition de zones : définition de données constantes ou non,
- les codes opérations sur disques, (préfixés %Fx dans le facteur A) : recherche de l'enregistrement, lecture, écriture, contrôle d'erreurs,
- les codes opérations sur bandes, (préfixés %Ux dans le facteur A) : lecture et écriture, contrôle d'erreurs, mouvement de la bande magnétique ; l'unité concernée par l'opération est indiquée dans le facteur A de l'instruction,
- les codes opérations sur la console, (préfixés %Tx dans le facteur A) : pour l'accès à la mémoire interne.

La formation au langage SPS et à ses codes opérations apporte au programmeur une connaissance approfondie du fonctionnement de tous les types d'instructions. **Pour chacune de celles-ci, il est en effet capable de maîtriser le début et la fin des cycles d'analyse et d'exécution, de suivre le contenu des registres, de comprendre le rôle joué par le WORD MARK ainsi que de calculer le temps d'exécution de chaque instruction.**

4.5.3. Le langage symbolique AUTOCODER

Peu de temps après la commercialisation du 1401 et du langage SPS, IBM proposa à ses clients un nouveau langage appelé AUTOCODER, très proche du langage ASSEMBLER. Le nouvel outil offrait au programmeur une plus grande souplesse dans l'écriture des instructions et beaucoup moins de contraintes syntaxiques. Hormis ces avantages, le nombre et le type d'instructions ainsi que la procédure d'assemblage n'avaient pas changé. La liste du programme présentait toujours le résultat de la conversion des instructions symboliques en langage machine.

Les particularités de ce langage et l'usage que l'on pouvait en faire sont démontrés dans un programme que j'ai réalisé en 1963 et qui avait pour objectif la régularisation ONSS des salaires en fin d'année.

IBM											N° 91.011	
Program _____			1401/1410 AUTOCODER CODING SHEET								Identification <u>24/04/59</u> Page No. <u>12/12</u> of <u>12</u>	
Line	Label	Operation	1000	800	600	400	200	100	80	60	Operand	
0.1.		T0B									REGULARISATION DES RETENUES ENSS POUR L'ANNEE 1963.	
0.2.		CTL									6A1	
0.3.												
0.4.												
0.5.	X01	R										
0.6.		BCE									X0, A, Y	
0.7.	S00A	B									ST0PA	
0.8.	X03	MIC									X0, CTR6H1	
0.9.		MIC									X0, CTR8GA	
0.10.		MIC									X0, CTR4H1	
0.11.		MIC									X0, CTR2H1	
0.12.		MIC									X0, CTR0H1	
0.13.	X04	BCE									X0, A, Y	
0.14.		BCE									X0, A, Y	
0.15.		BCE									X0, A, Y	
0.16.		BCE									X0, A, Y	
0.17.		SS									A	
0.18.	X08	BCE									X0	
0.19.		R										
0.20.		C									S, JMDR, R	
0.21.		BH									ST0PL	
0.22.		BE									X0	
0.23.	X10	C									R1, CTR1	
0.24.		BU									ST0PA	
0.25.		C									X1, CTR2	
0.26.		MIC									X0, CTR5	
0.27.		L00A									GENERALISE	

Feuille de programmation AUTOCODER sur l'IBM 1401 (1^{re} feuille d'un programme qui en comporte 19)

REGULARISATION DES RETENUES ONSS POUR L'ANNEE 1963								RONSS	PAGE	1	
SQ	PG	LIN	LABEL	OP	OPERANDS	SFX	CT	LOCN	INSTRUCTION	TYPE	CARD
01	1	010	000	JOB	REGULARISATION DES RETENUES ONSS POUR L'ANNEE 1963						
02	1	020		CTL	441						
03	1	030	*								
04	1	031	*	LOGIQUE GENERALE							
05	1	040	*								
06	1	050	X1	R		1	0333	1			4
07	1	060	BCE	X2,1,9		8	0334	B 509 001 9			4
08	1	070	SWX1	B	STOP1	4	0342	8 497			4
09	1	080	X3	MLC	K0,CTR6#1	7	0346	M 602 R29			4
10	1	090	MLC	K0,CTR2#1		7	0353	M 602 R30			4
11	1	100	MLC	K0,CTR1#1		7	0360	M 602 R31			4
12	1	110	MLC	A#A,81		7	0367	M R32 081			5
13	1	120	MLZS	7,8		7	0374	Y 007 008			5
14	1	130	MLC	8,INDPRE#4		7	0381	M 008 R36			5
15	1	140	X4	BCE	X5,1,1	8	0388	B 536 001 1			5
16	1	150	BCE	X6,1,2		8	0396	B 554 001 2			5
17	1	160	BCE	X7,1,6		8	0404	B 572 001 6			6
18	1	170	SS	1		2	0412	K 1			6
19	1	180	X8	BLC	X9	5	0414	B 590 A			6
20	1	190	R			1	0419	1			6
21	1	191	MLZS	7,8		7	0420	Y 007 008			6
22	1	200	C	8,INDPRE		7	0427	C 008 R36			6
23	1	210	BH	STOP2		5	0434	B 501 U			6
24	1	220	BE	X4		5	0439	B 388 S			7
25	1	230	X10	C	K1,CTR1	7	0444	C 603 R31			7
26	1	240	BU	STOP3		5	0451	B 505 /			7
27	1	250	C	K1,CTR2		7	0456	C 603 R30			7
28	2	010	BU	STOP3		5	0463	B 505 /			7
29	2	020	C	K1,CTR6		7	0468	C 603 R29			7
30	2	030	BU	STOP3		5	0475	B 505 /			8
31	2	040	B	BLOCAL		4	0480	B 850			8
32	2	050	SWLC	B	X3	4	0484	B 346			8
33	2	060	CS	180		4	0486	/ 180			8
34	2	070	P			1	0492	4			8
35	2	080	STOPFI	H	*-3 FIN DE TRAVAIL	4	0493	. 493			8
36	2	090	STOP1	H	STOP1 CREER LA CARTE CC9 ET RECHARGER LE PROGRAMME	4	0497	. 497			8
37	2	100	STOP2	H	STOP2 ERREUR DE SEQUENCE.CORRIGER.BRANCHER A X1	4	0501	. 501			9
38	2	110	STOP3	H	STOP3 UNE DES TROIS CARTES MANQUE.BRANCHER A X1	4	0505	. 505			9

1

2

3

La première page du listing du programme après assemblage

1. le programme en langage symbolique
2. la position de la mémoire dans laquelle se trouve le 1^{er} caractère de l'instruction
3. les instructions (8 caractères maximum) en langage machine décimalisé

4.6. Prédécesseurs et successeurs du 1401 chez IBM



Parmi les prédécesseurs immédiats, il faut citer les ordinateurs des séries 700 et 7000, fabriqués au cours des années '50. Ces puissantes machines répondaient généralement à des demandes spécifiques de la part des scientifiques, des militaires et de la NASA. Elles utilisaient déjà les mots de 32 bits et certains étaient pourvus de mémoires de ferrites. Peu d'entre eux étaient orientés vers le commerce et l'administration.

La vocation réellement commerciale de l'ordinateur apparaît sur le marché avec l'IBM 650. De puissance inférieure à ceux précités, il est **le premier au monde à avoir été fabriqué en grande série**. Entre 1954 et 1962, IBM en a produit plus de 2 000. La mémoire de la machine était partiellement composée de tubes électroniques, de ferrites et d'un tambour magnétique rotatif. L'enregistrement des données et la réception des résultats se faisaient au moyen de l'unité IBM 533, un lecteur-perforateur de cartes. Les résultats produits en cartes pouvaient être imprimés par une tabulatrice en mécanographie.



Les successeurs de l'IBM 1401 sont les premiers membres de **la famille 360** produite et présentée sur le marché dès 1965. Avec l'arrivée de cette série, IBM inaugure **la 3^{ème} génération des ordinateurs**. Plus de tubes électroniques (triodes). Une seule architecture, au départ, pour six processeurs de puissance progressive, mémoire de ferrites, circuits intégrés (miniaturisation des liens entre transistors et autres composants électroniques), système de numération binaire, mots de 32 bits, bytes de 8 bits (octets), code ASCII, code EBCDIC (propre à IBM dans la continuité du code de la carte perforée), 54 périphériques différents (disques et bandes magnétiques, imprimantes et les premiers terminaux).

4.7. Transistors et semi-conducteurs

Premier transistor à pointe - 1947

Le **transistor** est un composant électronique utilisé dans les circuits intégrés et les microprocesseurs. Présenté au public en décembre 1947, il a été inventé par une équipe de trois chercheurs de la société AT&T Bell Labs : William SHOCKLEY, John BARDEEN et Walter BRITTAINE. L'invention faisait suite aux recherches entreprises sur les semi-conducteurs. Des résultats obtenus et des expériences pratiquées, il fut conclu que l'invention avait toutes les qualités pour remplacer la triode tout en améliorant son fonctionnement. Le nom qui lui fut donné est inspiré des mots anglais **Transfer Resistor**.

Dès 1939, William Shockley et des collègues s'étaient mis à la recherche d'une alternative « solid state » pour le tube à vide. Pendant la guerre, d'autres priorités vinrent bousculer le programme de recherche. Toutefois en 1945, Shockley fut placé à la tête d'un groupe d'étude spécial, renforcé par John Bardeen et Walter Brittain ; l'équipe était chargée de poursuivre l'étude entreprise avant la guerre sur les semi-conducteurs. Après avoir défini le principe de l'émetteur et du collecteur, ils intégrèrent leur invention, encore sans nom, dans un circuit audio en obtenant un facteur d'amplification de 15.

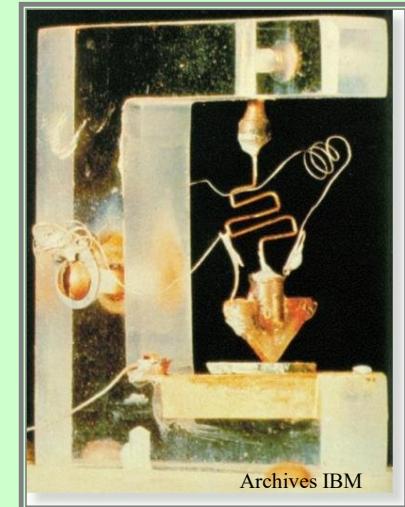
Entre l'élément émetteur (la cathode) et l'élément collecteur (l'anode), les chercheurs introduisirent, en lieu et place de la grille, une « base » jouant le même rôle que la grille elle-même. C'est donc un composant électronique associant en deux jonctions trois semi-conducteurs munis d'électrodes. Il est utilisé comme redresseur (transformation du courant alternatif en courant continu), amplificateur ou interrupteur de courant électrique. Il peut ouvrir ou fermer un circuit en moins d'une microseconde (millionième de seconde).

Le transistor réalisé présentait les avantages suivants : réduction importante de la durée du trajet d'une impulsion électrique entre deux électrodes, diminution très sensible de la dissipation calorifique, robuste, exigu, plus fiable et moins coûteux que la triode, prévu pour une longue durée de vie, d'un rendement élevé pour une très faible consommation d'énergie, offrant la perspective d'une miniaturisation singulière.

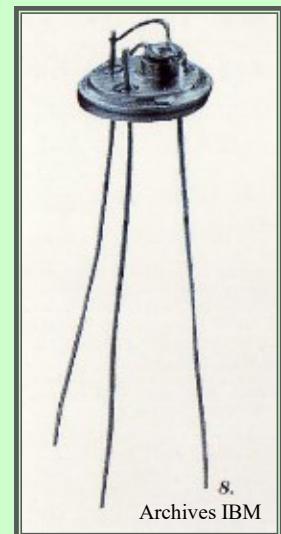
Dix années ont été consacrées à la mise au point et à l'automatisation des procédés de fabrication ainsi qu'à l'adaptation de la technologie du transistor à l'ordinateur. Dès 1960, les premières usines de fabrication de transistors produisent plus de 1 800 unités à l'heure. Les transistors sont fixés sur des cartes avec d'autres composants pour former les circuits.

C'est en 1954, pour la radio, que les premiers transistors furent utilisés en échange des lampes électroniques présentes dans le récepteur. C'était à cette époque prendre la partie pour le tout que d'appeler « transistor » le poste de radio qui en était équipé, devenu lui-même portatif par la légèreté des dispositifs électroniques.

Devenu au fil du temps 200 fois plus petit et 100 fois moins consommateur d'énergie que la triode, il est, à la fin des années '50, utilisé intensivement dans les ordinateurs de la deuxième génération. En 1971, au nombre de 2 300 interconnectés dans le premier circuit intégré, ils seront, sur un support de même dimension, plus d'un million dans les microprocesseurs fabriqués à la fin des années '80.

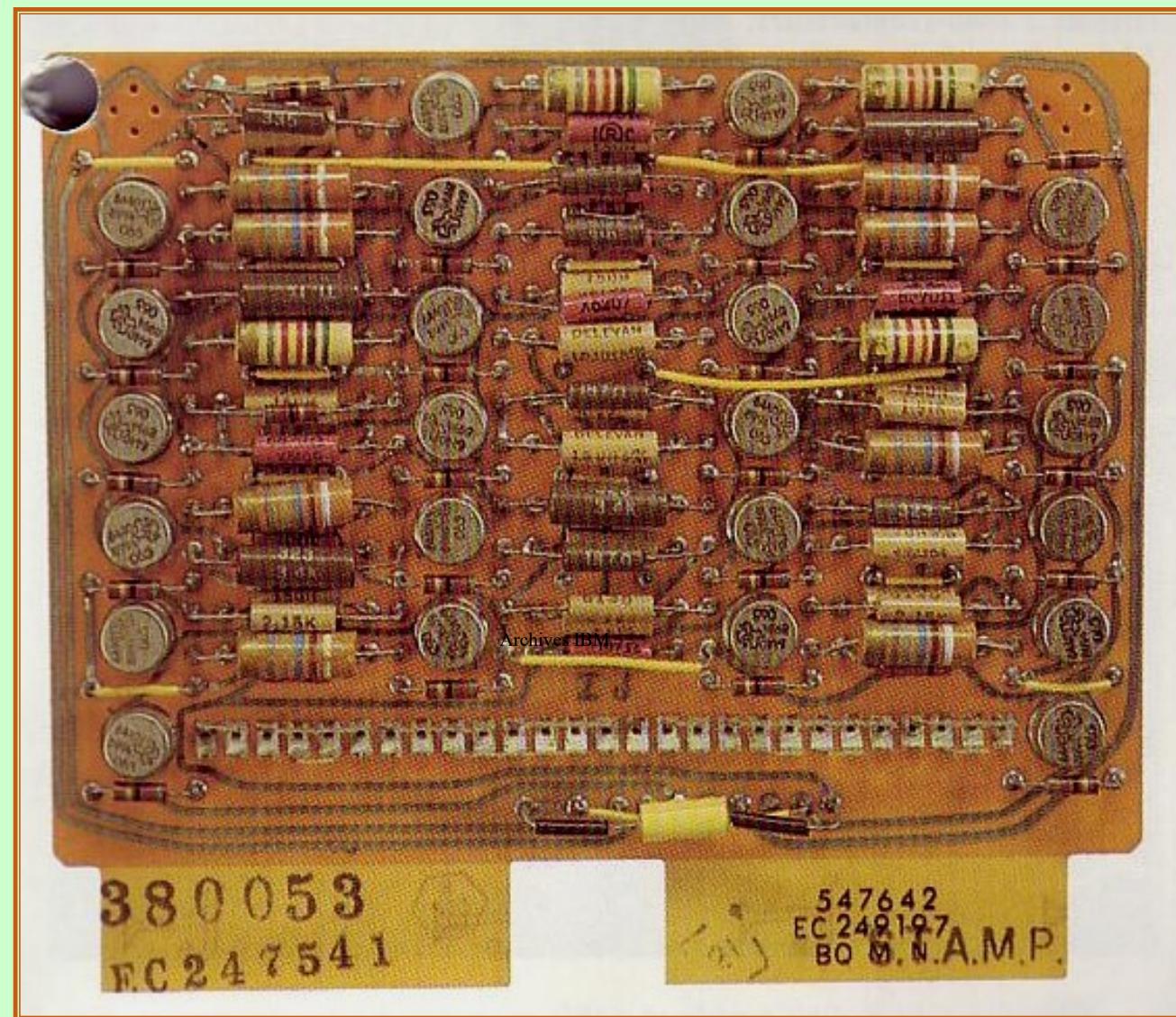


Archives IBM



Archives IBM

Le transistor, 10 ans après son invention



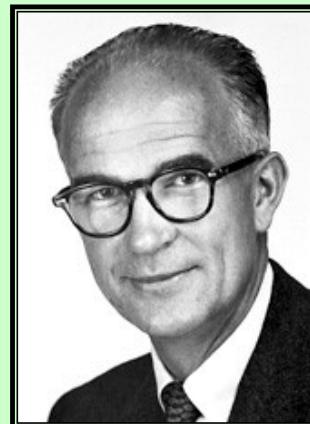
Les transistors associés aux résistances et aux diodes

Un semi-conducteur est un matériau de structure cristalline, comme le germanium et le silicium, dont sont constitués en majorité les transistors. La conductibilité électrique des semi-conducteurs se situe entre celle des métaux et celle des isolants. Ce qui signifie que le nombre d'électrons présents dans ces matériaux pour assurer la conduction d'un courant électrique est supérieur à celui des isolants et inférieur à celui des métaux.

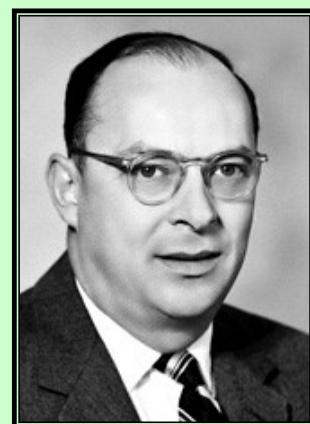
Les chercheurs ont constaté que, dans ces matériaux, les électrons se déplacent plus abondamment dans un sens que dans l'autre. Ils ont également remarqué que, dans ces matériaux à l'état pur, ils se déplacent peu ou très lentement, ce qui les rendrait inaptes à une très bonne conduction. Pour atteindre celle-ci, des doses infimes et prédéfinies d'impureté sont introduites dans ces matériaux (opération appelée « dopage ») ; ces impuretés proviennent du phosphore, de l'arsenic, de l'antimoine ou de l'aluminium.

Le semi-conducteur ainsi constitué peut facilement devenir conducteur en le chauffant, en l'éclairant ou le soumettant à une impulsion électrique. Dans les circuits intégrés et dans les microprocesseurs des ordinateurs, c'est une tension électrique pré définie qui rend le semi-conducteur isolant ou conducteur, jouant en quelque sorte le rôle d'interrupteur.

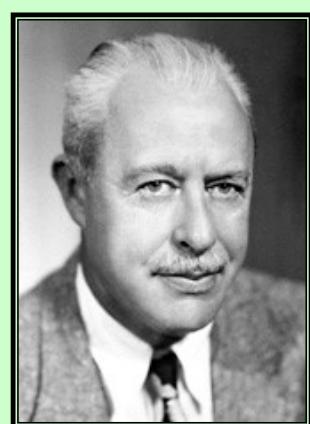
Bien qu'il soit plus rare à découvrir, le germanium fut le matériau employé dans la fabrication des premiers transistors. Le germanium sera progressivement remplacé par le silicium, celui-ci étant présent dans plus de 25 % de la croûte terrestre, soit dans le sable, dans le quartz et dans de nombreuses roches.



W.B. SHOCKLEY



J. BARDEEN



W.H. BRATTAIN

Les inventeurs du transistor, prix NOBEL de 1956

4.8. La mémoire à tores de ferrite

Le tore de ferrite est un minuscule anneau métallique qui, grâce à ses propriétés magnétiques, va permettre le développement des mémoires internes de la 2^{ème} génération d'ordinateurs. Ce type de mémoire sera utilisé jusqu'à l'avènement des mémoires à semi-conducteur à la fin des années '60.

Dès 1944, les chercheurs A. WANG et F.W. VIEHE se penchent sur l'intérêt que présentent les tores de ferrite comme support d'informations dans un système de numération binaire. Le développement de leurs travaux est repris un peu plus tard par des équipes du MIT, de RCA et d'IBM.

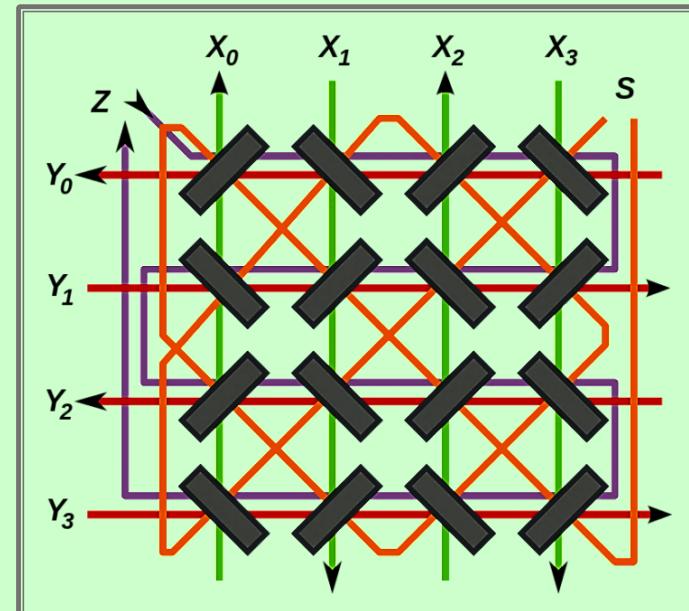
À partir des années '50, les tores magnétiques entrent dans la composition et le fonctionnement de la mémoire centrale de l'ordinateur. Les petits tores en oxyde de fer peuvent être magnétisés dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens contraire, pour représenter 0 ou 1 et assurer ainsi le codage binaire de l'information. Quelques millionièmes de seconde suffisent pour atteindre une information à l'intérieur de la mémoire.

Bien que l'invention ne lui appartienne pas entièrement, IBM fut un des premiers, en 1952, à développer des mémoires de ce type dans le cadre d'un projet commun avec le laboratoire Lincoln du MIT (Massachusetts Institute of Technology). Ce projet concernait le système de défense aérienne SAGE. À la fin des années '50, IBM équipe d'une mémoire à tores de ferrite les derniers ordinateurs de la famille 700, les 708 et 709.

Mais le principal apport d'IBM a surtout été la mise au point de techniques et d'équipements de production originaux qui ont rendu la technologie des tores meilleur marché, plus fiable et adaptée à la production de masse ; parmi ces innovations : des équipements capables d'emboutir, comprimer ou cuire très rapidement ces tores minuscules. Ces procédés donnaient aux tores la dureté qui leur permettait de conserver toutes leurs propriétés magnétiques. La compression des tores se faisait finalement à la cadence de 32 000 unités à l'heure.

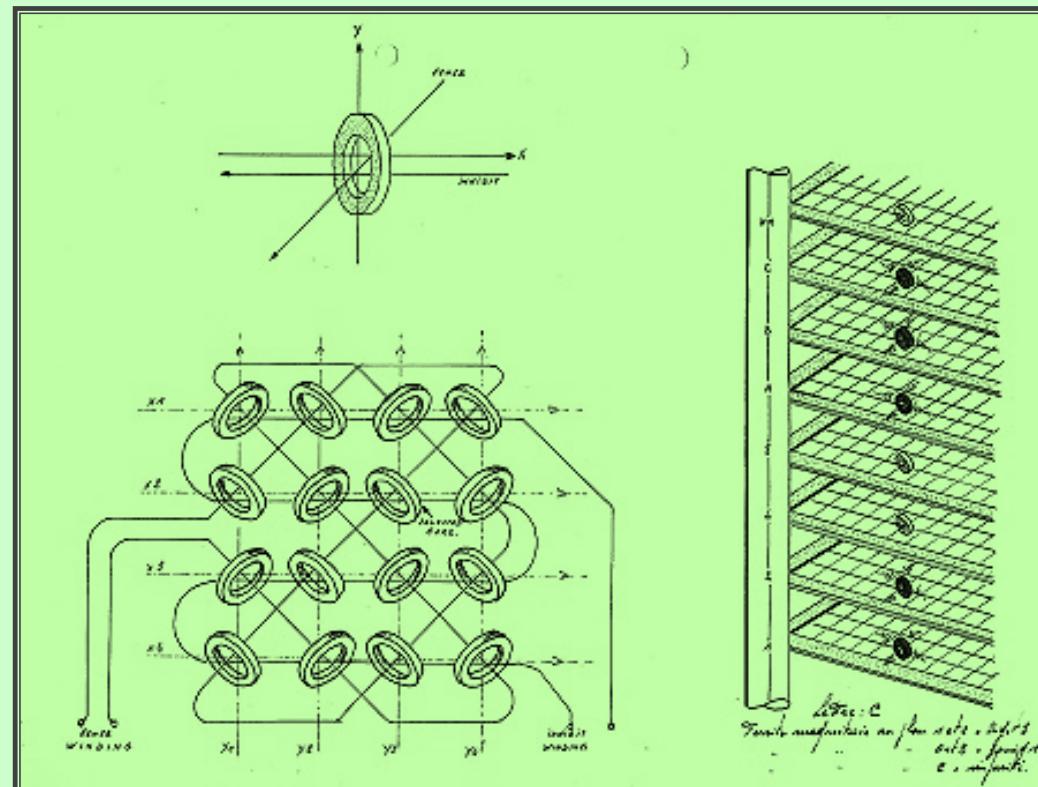
Au début, les ouvriers de l'usine IBM de POUGHKEEPSIE utilisaient d'énormes loupes et des pinces à épiler pour enfiler péniblement, un à un, les tores sur des fils. Mais cette méthode prit fin avec la mise au point d'un système à aiguilles capable d'enfiler des milliers de tores en une seule opération. IBM fut aussi l'initiateur de méthodes permettant de fabriquer des tores encore plus petits et de les assembler encore plus étroitement... histoire de gagner de la place et de la vitesse. Muni de ce système de mémoire, le 360 / 65 annoncé en 1965 accédait à une information en mémoire centrale en moins d'une demi-microseconde.

Les dimensions d'une ferrite : 2 mm de diamètre et 1 mm d'épaisseur. Chaque anneau est capable de représenter 0 ou 1 selon le sens du champ magnétique. La matrice ou support des ferrites est constituée par un treillis de fils parallèles et équidistants. À chaque point d'intersection est placée une ferrite traversée en son centre par deux fils, l'un pour l'impulsion, l'autre pour la détection du sens magnétique.



La représentation d'un caractère dans une mémoire à ferrites requiert, selon le mode binaire décimal, 8 anneaux situés sur une même verticale. Chaque plan équivaut à la valeur ou au symbole 1, 2, 4, 8, A, B, C, et WM. Les quatre premiers plans permettent de former les chiffres 0 à 9. Ces quatre premiers plans associés aux plans A et/ou B permettent de former les caractères alphabétiques ou spéciaux. Le plan C est utilisé pour le contrôle de parité et le plan WM pour la reconnaissance du WORD MARK qui caractérise la première position d'une instruction ou la position de gauche d'une zone de données.

Etant donné qu'une position de mémoire est formée de 8 tores de ferrite, une mémoire centrale de 4 k (4 000 positions de caractères) équivaut à un réseau de 32 000 petits anneaux de ferrite. La mémoire centrale des premiers IBM 1401 avait une capacité maximale de 16 k, soit environ 128 000 tores.



Représentation de la lettre «C» dans une mémoire de ferrites :

Ferrites magnétisées : plans 1 et 2 = 1+2=3 plans A et B = zoning 11 et 12 plans C = contrôle de parité.

4.9. L'IBM 1401, un règne éphémère

Annoncé par IBM au cours de l'année 1959, l'ordinateur IBM 1401 a fait son entrée sur le marché couronné de transistors et de ferrites ! Par sa technologie, il ouvre au monde des entreprises l'accès aux ordinateurs de la 2^{ème} génération. Présenté plus particulièrement et intentionnellement aux entreprises disposant d'un équipement mécanographique important, le 1401 s'est avéré au fil des années **comme l'un des plus grands succès commerciaux dans l'histoire d'IBM**. Le constructeur en installera plus de 12 000 exemplaires dans le monde entier.

Ses circuits sont réalisés à l'aide de transistors et de diodes, comme le seront ceux du 1620 et du 1130, machines à vocation scientifique présentées par IBM à la même époque. Le 1401 comportait environ 10 000 transistors. Par cette nouvelle technologie, ces différentes unités centrales associées à leurs unités périphériques offraient à l'acquéreur une réduction vraiment significative de l'espace au sol et de la dissipation calorifique.

La mémoire centrale constituée de ferrites ou tores magnétiques avait été expérimentée sur les derniers modèles IBM de la série 700, ordinateurs appartenant à la 1^{ère} génération. Les premiers ordinateurs de la famille 360 apparue en 1965 (3^{ème} génération) seront encore pourvus d'une mémoire centrale composée de tores magnétiques.

Alliant à la fois souplesse et sécurité, ce type de mémoire permettait également au programmeur d'accéder au cœur même de l'ordinateur pendant les tests de programme. Grâce à la console, il lui était possible de contrôler et de modifier le contenu de la mémoire, de vérifier le bon fonctionnement du programme y résidant et même d'atteindre par le biais de la mémoire un quelconque enregistrement mémorisé sur les supports magnétiques, disques et bandes.

L'ensemble des unités proposées préfigurait, sur le plan des matériels, la configuration classique de l'ordinateur des années futures : disques et bandes magnétiques, lecteur optique, bandes-papier, console d'accès. La présence d'un lecteur - perforateur de cartes garantissait à l'utilisateur une reprise aisée des fichiers de cartes perforées ainsi qu'une compatibilité entre les traitements programmés sur l'ordinateur et ceux réalisés sur l'ancien équipement mécanographique.

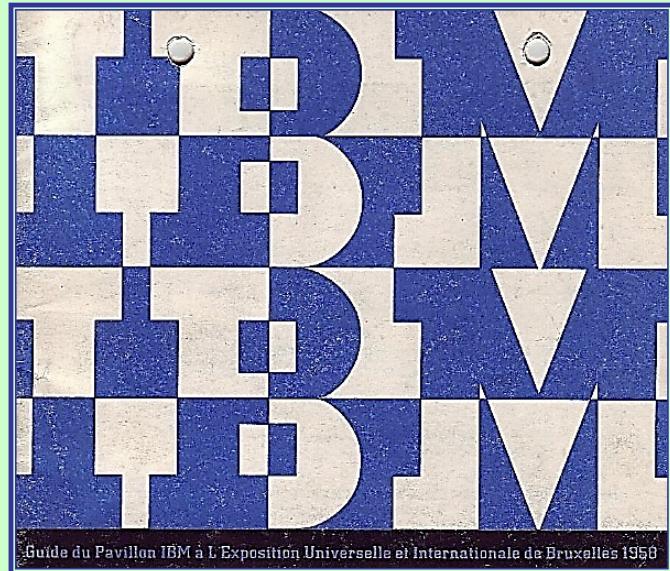
Hormis le programme d'assemblage (programme fourni par IBM pour la conversion du programme source en langage machine), aucune trace du moindre logiciel n'apparaît dans le 1401.

L'introduction d'un **langage de programmation symbolique** procure néanmoins à l'entreprise :

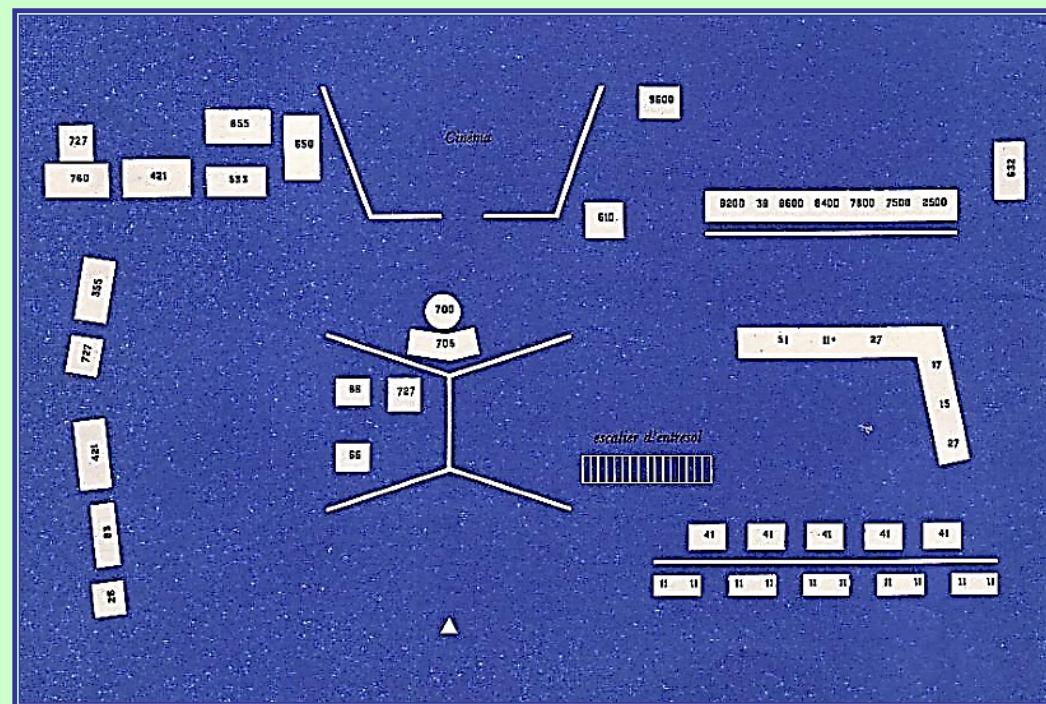
- la certitude d'une plus grande productivité de la part des programmeurs,
- la garantie d'une pérennité accrue des chaînes de programmes.

Cinq ou six ans tout au plus ! Telle aura été la durée de vie du 1401 et, somme toute, celle de la seconde génération d'ordinateurs. Néanmoins, le 1401 avait sensiblement contribué, dans le domaine des matériels, à l'ouverture aux grandes entreprises de nouvelles voies tellement attendues, celles de la multiprogrammation, du traitement en temps réel de l'information et des télécommunications qu'allait offrir dès son apparition, en 1965, la troisième génération d'ordinateurs.

5. DES SOUVENIRS



IBM à l'Exposition Universelle de Bruxelles de 1958



Plan du pavillon au centre duquel est présenté l'IBM 705



Présentation des ordinateurs 1401 et 1620 à Bruxelles

