
La mécanographie

Jean Bellec (†)

Parallèlement au développement des machines comptables, les besoins statistiques des agences gouvernementales, puis la comptabilité des grandes entreprises et des administrations ont donné le jour à une technologie née à la fin du 19ème siècle et morte dans les années 1970: c'est la mécanographie. Le support d'informations généralement associé à la mécanographie a été celui de la carte perforée.

1. Histoire industrielle

L'industrie mondiale de la mécanographie a été dominée par un constructeur américain International Business Machines, essentiellement issu de la compagnie TMC (*Tabulating Machine Company*) fondée par **Hermann Hollerith**. La création de sociétés nouvelles a pu intervenir grâce à une non-universalité des brevets de IBM. Cela a été à la source de Egli-Bull et donc de la Compagnie des Machines Bull ou à des spécificités locales comme celle de la monnaie anglaise avant sa décimalisation (à l'origine de l'autonomie de BTM et de Acc & Tab, auxquelles ont succédé les compagnies ICT et enfin ICL). Aux USA, la seule autre grande compagnie sur le marché a été Powers Accounting Machines, fondée par un ingénieur du Bureau of Census mécontent du monopole de Hollerith; cette compagnie se fit plus tard acquérir par Remington-Rand (plus tard Sperry Univac).

L'histoire de l'industrie est marquée par deux facteurs importants tendant à y faire naître des situations de presque monopoles:

- tout d'abord la stratégie de Hollerith poursuivie très longtemps par IBM de conserver la propriété des machines utilisées par ses clients et donc d'en contrôler l'obsolescence et d'élever les contraintes du financement pour ses concurrents. C'est d'ailleurs un conflit sur ce sujet de la **location** avec le US Census Bureau qui amènera James Powers à développer ses propres machines. La recherche d'un monopole sur les marchés ne s'appuyait pas seulement sur la location des machines, mais aussi sur la conquête d'un marché de fournitures des cartes dont les spécifications très pointues rendait l'usage d'un fournisseur

Vers un Musée de l'Informatique et de la société Numérique en France ?

tiers aléatoire, comme l'ont montré les problèmes de BTM face aux difficultés d'approvisionnement pendant la première guerre mondiale.

- c'est ensuite la lutte autour des **brevets**, les procès intentés par IBM à ses "contrefacteurs", les contournements entrepris par ses compétiteurs soit géographiquement (la date de dépôt et d'expiration des brevets n'étant pas la même dans tous les pays surtout dans les années 1930), soit techniquement. Les épisodes les plus notables ont été le *automatic group sequence control* des années 1920 et surtout le passage du format de la carte de 45 colonnes à trous ronds à la *carte 80 colonnes à trous rectangulaires* survenu en 1928.

Bull se trouva longtemps sous la menace de procès sur son adoption de la carte à 80 colonnes et réagit en introduisant un codage alphanumérique différent et par des inventions originales comme celle de l'imprimante à roues de K.A. Knutsen. Le règlement du litige nécessitera une quinzaine d'années. Powers (puis Remington Rand en 1927) n'osa pas introduire de machines électromécaniques et resta longtemps à exploiter un procédé purement mécanique; Remington Rand n'osa pas non plus passer à un format de cartes à 80 colonnes (jusqu'à la fin des années 1950) et inventa un format de carte spécifique à 90 (2x45) colonnes .

Les entreprises s'investissant dans la mécanographie furent à l'origine TMC Tabulating Machine Company fondée par **Hollerith** (devenant CTR puis IBM par la suite) et **Powers** fondée par James Powers. Ces deux compagnies s'implantèrent en Europe plutôt à travers des sociétés autonomes qu'à travers de simples filiales de vente. Ces sociétés utilisèrent des licences américaines, mais développèrent -au Royaume-Uni- des produits distincts (entre autre pour cause de non-décimalisation de la monnaie locale), plus ou moins dérivés des produits américains. British Tabulating Machines (BTM) resta licencié de IBM jusque 1949, tandis que les rapports entre Remington (ayant acquis Powers aux USA en 1927) et les licenciés de Powers (Acc & Tab à Londres, SAMAS fondée en 1922 en France) furent plus chaotiques. Enfin, naquit à la fin des années 1930 la Compagnie des Machines **Bull** en France à partir des brevets de Fredrick Rosen Bull et qui s'appuya dès les années 1930 sur les Papeteries Aussebat.

2. Processus mécanographiques

Le processus type des traitements mécanographiques comprenait

- d'une part les opérations de [saisie](#) qui pouvaient être décentralisées. La saisie d'informations devait être assurée de manière rigoureuse, les ateliers mécanographiques ne disposant que rarement de contrôles de vraisemblance des informations en cours de traitement. Un soin particulier était exigé des personnes rédigeant le bordereau de saisie (écriture en majuscules dans une grille correspondant aux colonnes de la carte). Ce bordereau faisait ensuite l'objet d'une double lecture par successivement l'opérateur (trice) de perforation et celui (celle) de vérification , afin d'éviter les conséquences de fautes d'inattention ou de frappe.

On a cherché à améliorer la productivité de saisie par des machines de lecture directe des informations (marques optiques ou magnétiques), mais la saisie traditionnelle est restée la règle jusqu'à la fin du traitement en batch processing.

- d'autre part le traitement central dans l'atelier mécanographique. Le **traitement** des cartes perforées est fait par une machine centrale appelée tabulatrice et qui effectue les fonctions synchronisées de lecture de cartes, de calcul (addition, comptage...) et d'impression de listings. Il est possible d'en compléter les fonctions en y connectant des calculatrices (mécaniques puis électroniques) et de perforation de cartes (perforatrice connectée). En outre, la fonction de **tri** des cartes exige une seconde machine trieuse de cartes fonctionnant indépendamment de la tabulatrice. Des machines complémentaires sont présentes dans l'atelier: la reproductrice qui permet la duplication des fichiers de cartes de manière plus simple et plus économique que l'ensemble tabulatrice + perforatrice connectée, la traductrice permettant d'imprimer sur les cartes leur contenu alphanumérique. La fonction de tri est indissociable de la fonction **interclassement** de fichiers, le plus souvent effectuée par une machine spécialisée (interclasseuse).
- suivi de la distribution des états sous forme de listings imprimés. C'est à ce niveau que pouvait se faire la plupart des contrôles sur la vraisemblance des données du bordereau de saisie par des vérifications humaines de lecture des listings. La correction des erreurs à ce stade exige l'introduction de chaînes de traitement spécifiques.

Les fichiers centralisés au niveau de l'atelier se divisent en "fichiers maître" -l'ancêtre de nos bases de données- et "fichiers mouvements" issus des ateliers de saisie.

Le fichier maître comprend les constantes (exemple: nom et adresse d'un client") et des données cumulées (ex: solde du compte). Il est indexé par une "clé" que l'on retrouvera sur le fichier mouvement, clé qui se présente en général pour des raisons d'encombrement sur la carte sous forme d'un numéro de compte de longueur fixe. Contrairement aux fichiers que l'on trouvera plus tard sur disques magnétiques, l'index n'est défini que par sa position sur un champ réservé sur la carte. Il peut être plus efficace mais non nécessaire de le placer dans les premières positions.

Le travail de l'atelier consiste à rapprocher les cartes "mouvement" du fichier "maître", à faire, éventuellement, des calculs sur le groupe de cartes (carte maître + cartes "mouvements" ou "détail" correspondantes), puis à extraire de cet ensemble les champs destinés à l'impression du listing (sur une ou plusieurs lignes).

La fonction de rapprochement peut dans certains cas être effectuée par une trieuse, mais il est plus efficace s'il est effectué dans une interclasseuse qui fusionne les fichiers sur une clé index commune aux fichiers rapprochés. Le fichier fusionné est ensuite lu par la tabulatrice qui effectue l'opération d'impression et (optionnellement) de mise à jour du fichier maître par l'intermédiaire d'une perforatrice connectée.

En fait, les traitements mécanographiques demandés diffèrent aussi bien entre les entreprises qu'entre les administrations. Chaque atelier mécanographique avait ses

besoins propres nécessitant une analyse nouvelle à chaque application supplémentaire. Beaucoup de ces spécificités pouvaient se satisfaire des matériels offerts par les constructeurs, au prix de la "reprogrammation" des tableaux de connexion et de la création de nouveaux tableaux. Mais souvent aussi, les contraintes de performances nécessitaient l'assistance des spécialistes des constructeurs qui finissaient parfois par admettre le développement de dispositifs complémentaires pour augmenter la capacité, les fonctions des tabulatrices existantes.

3. Applications de la mécanographie

Les besoins initiaux qui ont lancé cette industrie ont été ceux des **recensements** de la population aux Etats-Unis d'abord, puis dans l'Empire Russe et dans les pays Ouest-Européens. Le recensement consistait à l'établissement d'une fiche perforée par article (l'individu pour l'application du *Census*) puis le *comptage* du contenu de ces fiches par critère (rubriques contenues dans la fiche) et généralement le *tri* des fiches par index (rubrique d'indexation). Les fiches (**cartes perforées**) étaient archivées dans des meubles spécifiques (semble-t-il hérités des meubles de classement des billets de banque - tiroirs au format des anciens billets de 1\$-). Cette application a été initialement mise au point par l'ingénieur américain Hermann Hollerith dont la société a donné plus tard le jour à IBM. La technologie utilisée dans ses machines était électromécanique:

A partir de cette application de comptage, la technologie des cartes perforées s'est étendue dans la première moitié du 20ème siècle à la **comptabilité**. La première utilisation qui en a été faite par Hollerith était la facturation du fret ferroviaire du New York Central Railroad, dès 1896.

Les fiches de mouvements comptables étaient elles aussi converties en cartes perforées et de nouvelles fonctions ont dû être traitées par les machines mécanographiques. Ce sont d'abord la capacité d'*opérations arithmétiques* (addition puis soustraction des valeurs numériques contenues dans un champ de la carte) puis plus tard la capacité d'imprimer le contenu des fiches. Une extension liée aux capacités d'impression, initialement introduite par Powers, a permis de coder des informations alphabétiques sur la carte.

4. Cartes Perforées

Les types d'informations traitées par les équipements mécanographiques ont évolué à partir des besoins et des fonctionnalités des matériels: Il s'agit d'abord d'informations qualitatives destinées à la sélection d'un attribut pour le recensement matérialisés par des perforations réparties arbitrairement sur la carte (recensement [Hollerith](#) 1890). Puis la priorité a été donnée au stockage de nombres, susceptibles d'être additionnés. La technologie utilisée, celle des roues compteurs des totalisateurs, conduisit à inscrire ces nombres sous la forme d'une perforation par chiffre sur une colonne de la carte. Les cartes étaient lues ligne par ligne et il n'y

avait pas besoin d'avoir de circuits logiques complexes pour transcrire la valeur d'un champ (un groupe de colonnes) dans les positions des roues du totalisateur.

Puis le besoin s'est fait sentir de pouvoir inscrire sur la carte des nombres négatifs. La technologie de la lecture parallèle nécessitait la sélection du signe via une perforation située devant la première perforation de chiffre, ce qui fut adopté par IBM (et ses concurrents) de préférence à un codage séparé du signe et l'utilisation de deux accumulateurs.

Les tabulatrices ne possédaient pas au début de fonction d'impression et l'opérateur devait lire l'affichage des nombres accumulés dans les totalisateurs et les reporter en manuscrit sur des feuilles de papier. Dans les années 1920, les tabulatrices furent dotées de dispositifs d'impression permettant d'éviter cette opération manuelle. Avec le souci de ne pas introduire de rupture technologique, cette impression fut faite sous forme parallèle avec un dispositif (roue ou barre) par position d'impression. Le positionnement de la roue reproduisait la valeur numérique contenue dans le totalisateur et un marteau venait appuyer le papier (avec ruban encreur) sur cette roue.

Les cartes étaient lues par paquets introduits à la main par l'opérateur. Une amélioration importante de l'opérabilité fut l'invention par IBM d'un code "fin de groupe" à la fin d'un sous-fichier permettant la constitution (et éventuellement l'impression) de sous-totaux.

Il était souhaitable de pouvoir imprimer d'autres caractères que des nombres et il était possible d'étendre la technologie d'impression à quarante positions ou plus. Encore fallait-il pouvoir enregistrer sur la carte des champs alphabétiques (ou plus exactement alphanumériques). Les solutions retenues furent de coder les caractères alphabétiques en se servant d'une douzième ligne sur la carte et en l'associant à la ligne "signe". Pour des raisons de brevetabilité, le codage Hollerith de IBM ne fut pas retenue par Bull fragmentant le marché entre "clients IBM" et "clients Bull", les cartes de l'un n'étant pas lisibles par l'autre au moins jusqu'aux années 1960.

Les cartes perforées sont longtemps restées au format de 82,55 x 187,35 mm

On notera que les cartes du recensement de 1890 répartissaient les données sur toute la surface de la carte et ce n'est que vers 1900 que Hollerith standardisera la carte à 12 lignes sur 45 colonnes (à trous ronds). IBM passera à la carte 80 colonnes en 1928.

En 1932, Power-Samas au Royaume Uni proposa de nouveaux formats de carte rectangulaire, toujours à trous ronds, un plus petit (21 colonnes) que le format standard à 45 colonnes, un autre avec un format allongé (avec 64 colonnes). Cependant cet essai qui segmentait le marché (Powers One, Powers Four...) et qui rejetait les anciens utilisateurs ne fut pas couronné de succès.

On peut noter aussi que Hollerith/IBM a proposé sans succès une carte demi-format à 38 colonnes.

<http://web.onetel.net.uk/~rodratab/index.htm>

Bull, après avoir fait ses débuts sur le format 45 colonnes, étudia entre 1961 et 1942 un format à trous carrés à 60 colonnes (qui fut commercialisé sans trop de succès) et une carte à 80 colonnes où les perforations rectangulaires IBM étaient remplacées par deux trous carrés. Ce dernier modèle ne fut pas commercialisé et en 1947, Bull s'aligna sur le format IBM (toutefois avec une codification différente)

Bien plus tard, IBM s'essaya à introduire un nouveau format de cartes presque carré et plus petit (96 caractères codés en 6 bits), diminuant sensiblement l'encombrement des machines. Ce format utilisé d'abord sur le [System/3](#) en 1969. Son succès fut plus que limité.

L'utilisation des cartes perforées dans les ordinateurs a fait retrouver une forme d'utilisation présente dans les métiers de Jacquard et les orgues de Barbarie: l'utilisation de toutes les positions perforables de la carte, la carte binaire qui pouvait contenir (pour la carte la plus fréquemment répandue) jusqu'à 960 bits. La capacité d'une ou quelques cartes suffisait à contenir le programme d'ordre initial (*bootstrap*) des machines avant l'invention des mémoires permanentes inaltérables (ROM).

Les cartes perforées traitées dans les machines mécanographiques posent des contraintes particulières pour leur fabrication. Elles doivent respecter des normes de précision pour éviter les bourrages dans divers types de machines et supporter parfois de nombreuses manipulations.

Hollerith avait à l'origine un fournisseur exclusif de papier Hollingworth & Whitney. Cependant Racquette River Paper Co avait été sélectionné comme seconde source par le gouvernement américain. Par contre, Hollerith (puis IBM) avaient décidé de réaliser eux-mêmes l'impression et le façonnage des cartes perforées, industrialisées sur des machines inventées par Fred M. Carroll (1921).

Lorsque Bull s'implanta sur le marché français en 1931, ce fut avec l'assistance des Papeteries Aussedat qui investirent dans la fabrication des cartes à Cran-Gevrier (Savoie), sous licence Racquette, ainsi que dans le façonnage des cartes dans une usine de la Plaine Saint-Denis. Aussedat parvint à devenir fournisseur de IBM France dans les années 1950.

5. Machines mécanographiques

L'organe principal au centre des ateliers de traitement mécanographique était la **tabulatrice** (*tabulator* en anglais, IBM utilisera aux USA en 1949 l'appellation *Accounting Machine*) capable de la lecture des cartes, de calculs simples et un peu plus tard d'une impression (sélective) du *contenu* des cartes.

La seconde machine, à peu près indispensable dans tous les ateliers, a été la **trieuse** de cartes (*card sorter* en anglais). Après quelques versions aux cases de réception rangées verticalement, la solution horizontale a été majoritairement retenue:

Les trieuses les plus économiques (Bull E12, IBM080) sont dotées d'une brosse de lecture réduite à un balai sous lequel défilent les cartes en parallèle (ligne des 9 d'abord). Le champ de tri est réduit à une colonne par passage. La carte lue sur une colonne est dirigée vers une case de réception en fonction de la valeur contenue sur la colonne. Le tri alphabétique demandait 2 passages.

D'autres trieuses, plus rapides, ont des brosses comportant plusieurs doigts de lecture.

Une machine complémentaire a été l'**interclasseuse** (*collator* en anglais). Celle-ci remplace avantageusement plusieurs opérations de tri pour fusionner deux fichiers.

Les fonctions de tri et bien entendu celles de saisie (perforation) sont restées séparées de la tabulatrice. Par contre celle-ci s'est adjoint des dispositifs de perforation des cartes et de calcul (multiplication/ division).

6. Technologie des machines à cartes perforées:

La "programmation" des traitements mécanographiques d'avant l'ordinateur exigeait une connaissance des contraintes de temps posées par le fonctionnement mécanique des machines: plus que les relais, l'essentiel de la technologie relevait de roues et de cames et les opérations devaient être synchronisée avec ce qu'on appelait le cycle des machines. La fabrication et la réparation des machines mécanographiques exigeaient des compétences du métier d'horlogerie ainsi que celles liées aux automatismes à relais. Il est utile de se rappeler que l'horlogerie a pris une forme numérique, par opposition avec les formes analogiques dérivées du clepsydre, avec les premiers mécanismes du pendule, utilisé dans les horloges, inventé au XVIIème siècle.

L'essentiel de la technologie des tabulatrices était constituée de roues et de cames et d'embrayages. Cette technologie rangea les fabricants dans la catégorie machines de précision. Outre les phénomènes d'usure strictement mécanique, l'utilisation d'un courant relativement fort posa des problèmes de parasitage dus aux rupteurs de fabrication d'impulsions. Les cames originelles durent être remplacées par des *cames accompagnantes* diminuant l'intensité du courant de rupture.

Elle était complétée par des relais (dérivés de l'industrie du télégraphe). Ces relais appelés alternatifs chez Bull servaient à réorienter les signaux en fonction des conditions logiques. A titre d'exemple, les totalisateurs recevaient trois types de signaux (addition, soustraction et remise à zéro). Initialement les relais commandaient simultanément plusieurs aiguillages, mais ces relais "téléphoniques" nécessitaient des réglages fréquents et n'étaient pas enfichables.

Au cours des années 1950, l'invention de petits relais à grande vitesse de commutation, à la consommation électrique diminuée et à la fiabilité améliorée a permis la construction de dispositifs plus élaborés basés sur la prise en compte de

l'algèbre de Boole. Ces "petits relais" avaient l'avantage d'être étanches et facilement interchangeables.

A la même époque, à une partie de ces relais pouvaient se voir substituer des diodes à semi-conducteurs à la consommation et au volume encore plus réduits.

A partir de la fin des années 1940, des tubes électroniques firent leur entrée sur des matériels de mécanographie sous la forme d'amplificateurs destinés à reformater les signaux de lecture dans les machines rapides. Triodes et thyratrons furent utilisés à cette fin sur les trieuses et les calculateurs.

7. Chemins de cartes

Les machines mécanographiques à cartes perforées font circuler mécaniquement les cartes sur une ou plusieurs pistes à une vitesse de 2 à 20 cartes par seconde. L'entraînement se fait des galets presseurs. La partie la plus délicate est la gestion de la case d'alimentation (*hopper* en anglais). Les cartes sont poussées une à une par un "couteau" vers la piste. Ce couteau comme la lucarne d'entrée de la piste doit respecter des tolérances rigoureuse appropriées à l'épaisseur de la carte, afin d'éviter un "bourrage". Le case de réception (*stacker* en anglais) est plus facile à réaliser, encore faut-il minimiser les problèmes d'électricité statique générée par le passage sur les galets.

Les chemins de cartes sont de complexité variable: certaines machines disposent d'une capacité d'interclassement donc de deux cases d'alimentation. La plupart des machines disposent d'au moins deux cases de réception (une case normale et une case "rebut") mais souvent davantage (treize pour les trieuses). Le nombre de postes de lecture ou de perforation est variable selon les machines; la distance entre deux postes permettant de faire des calculs plus longs sans arrêter le déroulement des cartes sur la piste. Les aiguillages sur le chemin de cartes sont commandés par des électro-aimants en fonction du "programme" d'application.

Pour le chemin de cartes des trieuses, jusqu'aux années 1920, deux solutions étaient adoptées par les constructeurs : la trieuse verticale où les cases de réception étaient superposées, moins encombrante, mais d'opération moins commode et la trieuse horizontale qui finalement s'imposera.

8. Mécanismes de Lecture

Le mécanisme initial utilisé par Hollerith sur sa tabulatrice était manuel et, on dirait aujourd'hui, en bloc (9 x 45 tiges qui formaient contact sur des points de mercure lorsque l'opérateur abaissait le levier après avoir introduit la carte

Plus tard, coexisteront deux modes de lecture des cartes perforées

- la lecture parallèle ligne par ligne
- la lecture colonne par colonne

La première méthode "ligne par ligne" fait défiler les cartes devant l'organe de lecture qui reçoit à chaque "point" (chaque ligne de la carte) des impulsions (en cas de perforation) sur les 80 têtes de lecture. La carte passe sous l'organe de lecture en douze "points" utiles. Ces impulsions sont ensuite transmises aux organes logiques (sélections, totalisateurs, mémoires etc...).

La seconde méthode de défilement en série est comparable à la lecture sur bande magnétique: les colonnes (les caractères) sont explorées successivement par les 10 ou le plus souvent les douze têtes de lecture. Cette méthode est utilisée dans les vérificatrices (qui comparant le caractère frappé au clavier avec les perforations de la carte) et les [traductrices](#) (qui impriment colonne par colonne au sommet de carte). Plus coûteuse en "logique" pour des tabulatrices, cette lecture série sera plus répandue dans les périphériques d'ordinateur.

Hollerith a d'abord utilisé une lecture simultanée du contenu de la carte au moyen de tiges (aiguilles) descendant à travers les perforations de la carte vers un récipient de mercure. Ce mécanisme de lecture utilisait une introduction manuelle des cartes.

Les technologies de lecture utilisées depuis 1900 jusqu'aux années 1960 ont été des variantes de la **brosse de lecture**. Cette brosse a permis l'alimentation automatique des cartes dans les machines. Le passage à des trous rectangulaires avec la carte à 80 colonnes a exigé une augmentation de la sensibilité de la mémoire de lectures L'option photo-électrique est survenue beaucoup plus tardivement.

9. Mécanismes de Perforation

Trois types de systèmes de perforation ont été développés et leurs avantages respectifs ont imposé leur coexistence:

- la perforation colonne par colonnes (série)
Ce type de perforation est celui utilisé par la plupart des perforatrices de saisie.
- la perforation ligne par ligne (dite parallèle) disposant de 80 poinçons de perforation
Cette méthode était utilisée par exemple sur les reproductrices IBM 513 ou 519
- la perforation en bloc (*gang-punch* en anglais)
Cette méthode qui consistait à sélectionner jusqu'à 960 poinçons était utilisée dans les machines de duplication (PRD chez Bull) et dans des versions de perforatrices de saisie, permettant des contrôles avant perforation.

10. Mécanismes d'impression

Alors que le résultat des premières tabulatrices devait être relevé manuellement par l'opérateur, le besoin se fit rapidement sentir de les transcrire automatiquement sur un dispositif d'impression. C'est Powers qui introduisit la première imprimante numérique en 1911. L'impression alphanumérique n'arrivera qu'en 1921 chez British

Powers et après 1931 chez IBM; elle ne se généralisera qu'après la seconde guerre mondiale.

Le papier des imprimés mécanographiques était le plus souvent pré-plié, ce qui permettait d'imprimer de nombreux états consécutifs, mais nécessitait souvent un poste de massicot (*guillotine* en anglais) derrière l'imprimante.

Une caractéristique générale des imprimés mécanographiques est la présence d'un entraînement au moyen de perforations. Celles perforées à droite et à gauche du papier appelés trous Carroll du nom de leur inventeur chez IBM introduit en 1933 des rames de papier de taille variable suivant les états et de commander la synchronisation de l'avancement (*advance* en anglais) du papier avec l'imprimante. Bull sur ses tabulatrices disposait d'un mécanisme moins souple avec une perforation sur le pli.

Ce sont les mécanismes d'impression qui ont constitué la différence essentielle entre les différents modèles de tabulatrices.

- imprimante à **barres**

Les glyphes (caractères) sont gravés sur une barre verticale qui se déplace verticalement pendant l'avancement du papier qui est immobilisé pendant la frappe des marteaux. Ce type permet une bonne qualité d'impression, mais l'inertie de son mécanisme est une contrainte sérieuse sur les performances.

- imprimante à roues

Un des modèles les plus célèbres des imprimantes à **roues** est le modèle AN7 conçu à la Compagnie des Machines Bull par K.A.Knutsen. Il a été utilisé pendant plusieurs décennies sur les tabulatrices Bull de la série 150 et a été introduit par IBM sur la tabulatrice 407 (max: 150 lpm) à partir de 1949. Une version quelque peu voisine de l'imprimante à roues a été l'imprimante à **tambour** gravé et frappé par des marteaux.

- imprimante à **chaîne**

Dans ce modèle une chaîne horizontale porte-caractères défile devant l'ensemble des positions d'impression apportant une grande qualité et une haute vitesse d'impression. Le modèle le plus célèbre a été le modèle IBM 1403 utilisé sur les ordinateurs des années 1960. Les imprimantes à chaîne, comme le modèle à bande (*belt* en anglais) développée par Bull Belfort dans les années 1970 offraient de plus la possibilité d'interchangeabilité de la chaîne d'impression et l'adaptation à différents types de caractères.

Les problèmes techniques à résoudre étaient:

- celui de l'impression des liasses permettant d'imprimer des copies totales ou partielles de l'original en un seul passage,
- celui de la qualité d'impression (éviter les lignes en "vague" des imprimantes à rotation continue (roues ou tambour)).

Les dispositifs d'imprimantes diffèrent selon que la frappe des caractères se fait "papier arrêté" ou bien "au vol" (*on the fly* en anglais). Lorsque la vitesse

d'impression était privilégiée, la seconde méthode est le plus souvent choisie, malgré la difficulté à faire une bonne impression.

De nombreuses variantes furent introduites sur les imprimantes. Elles pouvaient par exemple imprimer des caractères alphanumériques seulement sur certaines colonnes en diminuant le prix et pouvant accélérer la vitesse d'impression sur certains types d'états. Deux mécanismes plus ou moins indépendants (selon le type de mécanisme d'avancement du papier) permettaient d'imprimer deux états différents simultanément, tirant parti de la largeur maximum de l'imprimante.

La solution rigoureusement parallèle dotée d'un mécanisme par position d'imprimante (jusqu'à 160 par ligne) était simple mais augmentait notablement le prix. Les constructeurs ont développé des solutions, moins onéreuses mais plus lentes et plus compliquées, en partageant un seul mécanisme entre deux ou quatre positions d'impression et en déplaçant horizontalement l'ensemble des mécanismes (mécanisme à navette).

D'autres variantes de mécanismes d'impression furent étudiées en particulier chez IBM, mais ne trouvèrent de succès que dans des machines périphériques: l'imprimante à boule (qui s'illustra sur les machines à écrire IBM Selectric), l'imprimante matricielle à aiguilles qui trouvera son marché dans les micro-ordinateurs des années 1970 (et d'abord sur les marchés asiatiques).

Il faut aussi noter les imprimantes strictement **série** (caractère par caractère) dérivées des machines à écrire et utilisés jusqu'aux années 1960 dans des facturières. Elles ont fait leur apparition dans la mécanographie au moment où sont apparus les premiers ordinateurs de gestion qui n'avaient plus besoin du synchronisme des tabulatrices.

11. Calcul

Les tabulatrices incorporèrent dès les années 1910 (pour l'application de facturation dans les chemins de fer) la fonction d'addition, dérivée de la fonction comptage. Un premier perfectionnement fut apporté par IBM avec la remise à zéro automatique des valeurs contenues dans les totalisateurs [les premières machines disposaient d'une manivelle qui devait être tournée par l'opérateur à cette fin].

Ce n'est que dans les années 1920 que le mécanisme de soustraction fut introduit au moyen d'une addition par le complément à 9...9 de la valeur à soustraire et à la mobilisation d'un accumulateur supplémentaire pour les quantités à compléter.

Par contre, la multiplication nécessita l'ajout d'une unité calculatrice (*calculator* en anglais) supplémentaire ayant également la fonction de perforatrice. L'addition se faisait par additions successives. Cette unité était le plus souvent *off-line* par rapport à la tabulatrice (elle disposait de son propre lecteur et de son perforateur de cartes).

La calculatrice pouvait aussi être connectée à la tabulatrice. Les premières utilisations furent destinées au calcul scientifique (IBM 601), mais dès 1934, IBM Endicott (Stephen Dunwell) livrait en "spécial" (à la demande du laboratoire de

Wallace Eckert de la Columbia University) un *control switch* interconnectant le *multiplying punch* avec la tabulatrice.

La technologie de calcul uniquement basée sur des relais, utilisée dans les premiers ordinateurs des Bell Laboratories, ne fut utilisée dans les calculatrices des machines mécanographiques que pour des [applications militaires](#) pendant la seconde guerre mondiale.

12. Calculateurs électroniques

La disponibilité de la technologie à tubes électroniques au cours des années 1950 changea considérablement la situation: IBM introduisit la 604 unité contenant de nombreux tubes électroniques utilisés à la fois pour les accumulateurs et les 4 opérateurs arithmétiques. La 604 introduisit le concept de modules interchangeables composés d'une double-triode et des résistances et condensateurs associés représentant une position binaire. Un autre module à base d'une pentode complétait les circuits logiques.

La Compagnie des Machines Bull (Bruno Leclerc, Henri Feissel, Pierre Chenus) conçut une unité calculatrice, le Gamma 3, beaucoup moins coûteuse que l'IBM 604 en recourant à la technologie de diodes au germanium en complément d'un nombre beaucoup plus faible de tubes.

A l'instar des tabulatrices, le Gamma 3 recevra des options de mémoires complémentaires, introduisant ainsi la technologie des lignes à magnétostriction dans la mécanographie.

12.1 Programmation

Les premières tabulatrices, comme le furent plus tard les premiers ordinateurs, étaient câblées pour un traitement particulier.

Les tableaux de connexion amovibles furent l'occasion de rendre asynchrone le travail des personnes concevant et/ou réalisant le câblage (les programmeurs) et des opérateurs opérationnels et furent à l'origine du métier de programmeurs.

Le programme par cartes est un concept hérité du métier de Joseph Marie Jacquard a permis des opérations beaucoup plus complexes que la séquence de quelques opérations élémentaires établies par le tableau de connexion. Jacquard commandait son métier à tisser à l'aide d'un automate piloté par une séquence de cartes perforées attachées entre elles.

Pour utiliser de machines à cartes perforées pour des travaux statistiques scientifiques, Northrop réalisa le prototype du CPC (*Card Programmed Electronic Calculator*) à partir d'un calculateur IBM 603 et d'une tabulatrice IBM 403. IBM commercialisa ce système sur la base du calculateur IBM 604.

En partant du Gamma 3, Bull adoptera aussi le concept de la programmation par cartes (PPC).

Ensuite Bull développera une "Extension Tambour" contenant à la fois des données de fichiers permanents ainsi que des programmes, réalisant ainsi son premier système d'architecture Von Neumann. Les contraintes de la programmation par cartes (maintien absolu de la séquence d'un paquet de cartes, vitesse d'alimentation... étaient dominées et le stockage des fichiers de données sur tambour offrait une grande souplesse d'utilisation.

Ce type d'architecture est aussi celui de l'ordinateur moyen de gestion l'[IBM 650](#).

Au delà de ce Gamma 3 ET dont le travail restait rythmé par les cycles de rotation de la tabulatrice, Bull en tirera un véritable ordinateur où la tabulatrice (et sa perforatrice connectée) se limitera aux fonctions périphériques d'entrées-sorties.

13. Saisie des informations

13.1 Saisie sur cartes perforées

Le premier modèle de perforation de cartes perforées a été développé par Hollerith pour le Census Bureau en 1890. Il s'agit d'un "modèle à pantographe" où l'opératrice positionne la perforation devant un modèle et appuie ensuite pour perforer la carte. Cette méthode convenait au recensement où les champs étaient dispersés sur l'étendue de la carte.

L'importance des postes de saisie a été considérable durant toute la durée de la mécanographie. Rapidement, les machines individuelles utilisées ont été électromécaniques. Certaines restaient limitées à des entrées numériques, d'autres un peu plus onéreuses pouvaient coder des champs alphanumériques sur les cartes et étaient dotées pour cela d'un clavier du type machine à écrire.

Des postes de travail complémentaires ont été créés: le plus important a été celui des vérificatrices parce que la transcription des fiches manuscrites en cartes (la perforation) était à l'origine de la plupart des erreurs.

On notera aussi la persistance de machines purement mécaniques produites dès les années 1900 par IBM puis par Bull. Ces perforatrices capables de perforer tous les types de caractères, à condition d'en connaître le code, restèrent utilisées jusqu'à la fin des années 1970.

On notera que les machines perforatrices ont été appelées *poinçonneuses* en français chez Bull.

La saisie s'effectuait longtemps par des opératrices, divisées en perforatrices et en vérificatrices, à partir de bordereaux d'entrée, contenant des informations généralement manuscrites. Afin d'augmenter la productivité de l'atelier de perforation, ces bordereaux étaient pré-formatés sur des feuilles de papier où chaque colonne était à perforer et devaient être remplis par les services producteurs de

manière lisible en caractères majuscules tels qu'inscrits sur le clavier de la perforatrice.

Plus tard, certaines applications utilisèrent des cartes imprimées et partiellement perforées et où les perforations de certaines colonnes étaient à remplir par le service producteur au moyen du noircissement par un crayon laissant une marque de graphite conductrice du courant. Ces cartes devaient être lues par des lecteurs spécialement équipés comme des photo-lecteurs appropriés.

L'inscription en clair du contenu de la carte peut être faite dans l'atelier de traitement (par une machine spécialisée appelée traductrice) ou dans l'atelier de saisie où la perforatrice est dotée d'un diapositif spécial d'impression sur le sommet de la carte. IBM a introduit dès 1949 un tel dispositif d'impression, tandis que Bull attendit près de 20 ans pour disposer d'une telle imprimante.

Les perforatrices les plus récentes étaient dotées d'un mécanisme de programmation commandant automatiquement les instructions de tabulation et de saut. Le mécanisme utilisé était chez IBM (029) et chez Bull (P112) celui d'une carte spécifique pré-perforée tournant dans un tambour synchronisé avec l'avancement de la carte à perforer.

13.2 Saisie sur bandes perforées

La saisie sur bandes perforées fut réalisée sur des Teletypes, des facturières ou sur des machines dérivées des machines à écrire (Friden Flexowriter, Facit, Olivetti)

IBM réalisa en 1941 un convertisseur bande/carte pour les besoins de l'US Army. La conversion de code était faite par des circuits à relais.

13.3 Saisie sur media magnétiques

Avec l'arrivée de l'ordinateur, les constructeurs cherchèrent à trouver les solutions pour contourner les contraintes posées par les "decks" de cartes perforées.

Une première approche introduite par Univac fut de réaliser un poste de saisie écrivant directement sur des bandes Unityper utilisés par l'ordinateur. Le coût d'une telle approche remit rapidement en vogue la carte perforée. A partir de 1964, l'idée d'un media intermédiaire (cartouches magnétiques, keytape, cassette type audio Philips, puis diskettes 8 pouces puis 5"1/4) se répandit. Des constructeurs non liés à l'industrie de la carte (Mohawk Data Systems, Honeywell) introduisirent ce type de concurrent à la carte perforée et d'autres les suivirent dans les années 1970. Les fondateurs de MDS Mohawk étaient des transfuges de Univac qui s'efforcèrent de percer le marché avec le Data Recorder.

14. Machines annexes

Des machines annexes, fréquemment utilisées, mais non indispensables à la logique des traitements mécanographiques, complètent l'ensemble de machines décrites ci-dessus:

14.1 Reproductrice

La reproductrice (*reproducer* en anglais) est un lecteur/perforateur de cartes permettant de copier (dupliquer) un fichier de cartes (à l'identique ou de manière sélective) La sélection se fait à l'aide d'un panneau de connexion.

14.2 Interpréteuse

Cette machine permet d'imprimer sur la carte son contenu. Elle est indispensable lorsque les cartes (perforées par une machine dépourvue de ce dispositif sont destinées à une utilisation ultérieure par des êtres humains et elle reste utile pour permettre un interclassement manuel de petites portions de fichiers (en cas de chute d'un paquet de cartes, par exemple). Dans les années 1960 se généralisèrent des dispositifs d'impression série faisant directement partie du matériel de saisie (ex: Bull P112)

15. Mécanographie et Ordinateurs

L'extension de la technologie des cartes perforées à des applications de calcul pur nécessitant de nombreuses données (statistiques, astronomie, balistique) a entraîné l'adoption des machines mécanographiques IBM comme périphériques des grosses calculatrices scientifiques comme des premiers ordinateurs électroniques.

Si la symbiose de la mécanographie avec ce qui s'appellera plus tard l'informatique s'est d'abord réalisée via l'utilisation des cartes perforées dans les calculateurs électroniques (ASCC, ENIAC...), le calculateurs électronique se présentait au début des années 1950 comme un candidat au remplacement des calculatrices électromécaniques, de technologie analogue aux tabulatrices et qui ralentissaient les ateliers dès que le calcul exigeait des multiplications (ex: calcul des taxes sur une carte mouvement).

Aux embryons de programmes câblés au moyen des tableaux de connexion, se substitua, d'abord pour des applications scientifiques, la programmation par cartes (PPC) ou par bandes perforées. Enfin vers la fin des années 1950, le modèle de Von Neumann (mémoire centrale contenant données de travail et mémoire des programmes) d'un ordinateur pilotant la totalité de la gestion de l'application s'imposa aussi dans la mécanographie.

Une évolution technologique importante, contemporaine de l'introduction de l'ordinateur à la fin des années 1950, a été l'utilisation de **supports magnétiques** pour la constitution des fichiers à la place des bacs de cartes perforées.

Outre le fait que changement de support améliorait largement les performances, le volume des fichiers devenait moins contraignant et il devenait possible de consolider les données entre plusieurs ateliers de la même entreprise ou d'une entreprise à une administration ou une banque. Les processus de **traitement par lots** (batch processing) sont assez longtemps été inchangés, reposant toujours sur la saisie sur un support lisible par l'ordinateur qui est restée majoritairement la **carte perforée** (accessoirement la bande perforée ou différents types de supports magnétiques amovibles) par des opérateurs (le plus souvent des opératrices) de saisie à partir de documents manuscrits pré-formatés. Les fichiers permanents et les journaux d'opérations furent alors stockés sur bande (ou disque) magnétique.

Une des caractéristiques des ateliers mécanographiques était la possibilité de croître par simple addition de machines supplémentaires. Cette croissance par addition ne pouvait qu'être favorable aux constructeurs car elle pérennisait la durée de location des machines en parc et allongeait leurs séries de fabrication. Par contre pour l'utilisateur, cette croissance horizontale par addition se traduisait par des coûts de main d'œuvre proportionnels et des problèmes de m². Aussi, il était inévitable qu'une pression s'exerçait sur les fournisseurs pour fournir des machines plus rapides.

Cependant, la vitesses de celles-ci était restée en 1950 du même ordre de grandeur que pendant les années 1930 (de 100 à 150 cartes par minutes). Les constructeurs, et notamment la Compagnie des Machines Bull, annoncèrent à la fin des années 1950 des machines à cartes plus rapides (300 cpm) qui devaient avoir presque obligatoirement comme conséquence le risque de "ferraillage" d'une partie conséquente du parc.

Par ailleurs, les inventeurs de systèmes mécanographiques s'ingénierent à perfectionner leurs machines dans le sens d'une centralisation sur un même système intégré. Deux approches furent lancées simultanément à la Compagnie des Machines Bull:

- l'une pour les grandes entreprises, définies par leur capacité d'investissement, en développant un grand "ensemble électronique de gestion", le Gamma 60 dont l'unité centrale à programme enregistré orchestrait les fonctions de tri, de traduction de codes, d'impression et de stockage sur bandes magnétiques;
- l'autre pour les entreprises moyennes en développant la série 300 qui associait des unités à cartes perforées et des imprimantes plus rapides, et optionnellement des bandes magnétiques.

Il semble que la direction de la compagnie n'ait pas pesé toutes les conséquences économiques de cette stratégie technique.

Les différents laboratoires de IBM s'efforcèrent aussi de trouver une solution. Le laboratoire allemand de Boeblingen chercha à développer une série 3000 basée sur une machine multifonctions à cartes plus petites, donc un encombrement et un coût plus réduit. Celui de Endicott reprit une spécification française (projet WWAM) qui s'inquiétait de la popularité des systèmes Bull Gamma 3 et Gamma ET. Ce projet qui fut couronné de succès, et IBM développa un ordinateur moyen, le IBM 1401 dont la partie cartes/imprimante n'était que progressivement améliorée et dont le prix le rendait accessible à de nombreux clients. La 1401 n'imposait pas de passer immédiatement aux bandes magnétiques et ne nécessitait pas l'intégration (ni donc une nouvelle analyse) des applications.

La réponse de Bull à la 1401 fut tardive. Le RCA 301 à bandes introduit en 1961 sous le nom de Gamma 30 ne couvrait que le haut de gamme de la 1401. Le GE-115 d'origine Olivetti ne fut introduit qu'en 1964, et eut à concurrencer les machines d'entrée de la série 360 de IBM.

Cependant, Bull, qui avait réussi à vendre ses appareils à cartes en OEM aux Etats-Unis, mit aussi au point un système intégré moins ambitieux que la série 300: ce fut le Gamma 10 vendu à plus de 1000 exemplaires entre 1963 et 1968. Cette machine était un ordinateur contrôlant grâce à un programme enregistré un lecteur/perforateur de cartes et une imprimante, le tout travaillant à 300 cpm.

IBM Deutschland poursuivit le développement de solutions à cartes perforées pour les petites entreprises avec le S/360 mod 20 avec une MultiFunction Card Machine, tandis que le laboratoire de Rochester inventait le System 3 avec la petite carte à 96 colonnes.

16. Machines comptables

Une autre branche des machines à traiter l'information est née aussi à la fin du 19ème siècle: celle des machines comptables dérivées des "machines à calculer" qui ont elles étaient inventées bien avant avec, entre autres, la Pascaline.

Cette branche diffère de la mécanographie de part le traitement presque immédiat de l'information. L'opérateur (trice) effectue lui-même tout le travail au moment où le client termine sa transaction. L'opération est essentiellement le calcul du montant de la transaction portant sur un groupe d'objets. Ce calcul est essentiellement une addition mais peut-être rendu plus complexe par la présence de remises ou de taxes plus ou moins proportionnelles aux montants.

Les premières machines comptables fabriquées en série ont été américaines: (Burroughs, National Cash Register, Monroe, Smith-Corona Marchant, Singer). De nombreux constructeurs européens sont entrés sur ce marché (Hermes, Olivetti, Facit...). Une partie de ces constructeurs disparut dans des groupes plus généralistes incluant le marché des machines à écrire (qui ne disparaîtra qu'à la fin des années 1980 dans celui du micro-ordinateur). D'autres évoluèrent vers l'informatique soit comme constructeur (Burroughs) soit comme fabricant de périphériques.

Les machines comptables ne possédaient en général que d'un ou au maximum de deux accumulateurs. Elles ont rapidement été dotées d'une impression pour fabrication du "ticket de caisse". La consolidation des résultats pouvait se faire manuellement d'après le bordereau contenant le double des tickets (ou d'après une impression spécialisée). Avec la disponibilité de la technologie de la bande perforée, inventée pour le besoin du télégraphe, il était possible de perforer ce bordereau sur une bande qui était exploitée séparément. Afin d'harmoniser les traitements par lots de la mécanographie, des machines de conversion entre bandes et cartes perforées sont apparues sur le marché. Avec l'introduction de l'ordinateur dans les années 1950, d'autres constructeurs ont développé des machines traitant spécifiquement les bandes perforées.

Les machines comptables se sont perfectionnées en remplaçant la bande perforée par des cassettes magnétiques, en permettant une connexion à un service central de consolidation -leur donnant le rôle de terminaux- et surtout en leur connectant des dispositifs de lecture automatiques d'étiquettes (code barre ou étiquette magnétique) de plus en plus perfectionnés. Elles sont maintenant en train d'incorporer des dispositifs de lecture sans vue directe (RFID)

Mais les machines ont elles aussi évolué. Le Gamma 5 introduit par Bull-General Electric en 1965 est l'une des formes les plus avancées de cette évolution en permettant d'intégrer la totalité des fonctions d'une machine de traitement de l'information dans le poste de travail. Les fichiers permanents se trouvant sur un tambour sont mis à jour à partir d'un clavier alphanumérique. La consolidation entre plusieurs machines se fera à travers la fonction de perforation de cartes.

Cette approche qui se généralisera avec l'utilisation du micro-ordinateur personnel à des fins comptables était peut-être un peu prématurée pour des raisons de coûts (la machine comportait le matériel d'une perforatrice de cartes, d'un tambour magnétique et d'une imprimante série par caractères). Aussi la ligne des GE-55, GE-58, Level 61 de Bull a évolué vers des petits ordinateurs plus classiques.

17. Aspects Sociaux du travail mécanographique

La mécanographie était un travail en série à des fréquences régulières (de la décennie -cas des recensements- à la journée -cas de la mise à jour des comptes bancaires). Son adoption dans les entreprises a contribué à la rigueur des comptabilités, à la régularité des approvisionnements et à la taylorisation des métiers de "cols blancs", encore que les personnes travaillant dans les ateliers portaient plus souvent des blouses grises ou bleues. Les années 1950 ont vu la plupart des entreprises à l'exception des plus petites adopter la mécanographie pour leur comptabilité, la gestion de leur stocks, la paye du personnel.

Les métiers de la mécanographie se sont codifiés au cours des années 1960 à un moment où planait sur eux une mutation importante. Les grands ateliers de perforation allaient devenir des "*call centers*" directement connectés à l'ordinateur. Les utilisateurs finaux, reliés à l'informatique mécanographique par la rédaction des

bordereaux de saisie et par la lecture de certains états imprimés, effectueront ce travail en continu (en temps réel).

La philosophie de la programmation était en train de passer du piquage des tableaux de connections à l'écriture de programmes pour l'ordinateur.

Les analystes persistèrent pendant une décennie à développer des organigrammes directement inspirés de la mécanographie, mais progressivement la nécessité d'une description plus formelle des données à traiter et l'augmentation de la complexité des traitements laissèrent la place à une conception plus intégrée des programmes, tout en structurant plus rigoureusement les programmes. On notera que la mécanographie aura inspiré les langages de programmation du type Report Program Generator qui lui survivront de plusieurs décennies.

Les opérateurs conservèrent le même type de travail que dans les ateliers mécanographiques, tant que des cartes perforées restaient à manipuler (typiquement jusque 1980), d'autres opérateurs (ou les mêmes) eurent à gérer les supports magnétiques interchangeable (bandes et disc packs) jusqu'à ce que les informations restent essentiellement en ligne de manière permanente.

18. Fin de la mécanographie et passage au traitement de l'information en temps réel

Ce n'est qu'avec l'avènement des disques magnétiques et d'un logiciel de gestion transactionnelle et de bases de données qu'à partir de 1965, que s'imposera progressivement le passage d'une entreprise taylorisée autour d'un processus batch de gestion à une entreprise fonctionnant en temps réel autour de ses processus naturels. L'amorce de ce passage s'est d'abord manifestée dans les très gros systèmes de gestion de stocks fugitifs (réservation aérienne). Dès 1962, était mis en service le système SABRE chez American Airlines. Les machines de l'époque (IBM 7090) n'étaient que moyennement adaptées à ce traitement, les postes d'opérateur à base de machines à écrire pas très économiques, mais l'expérience portera ses fruits et à la fin des années 1980, la mutation était définitivement faite.

On notera enfin pour la petite histoire que les cartes perforées traditionnelles étaient encore utilisées dans les machines à voter en 2000 et la lecture de leurs perforations (*chad*) a été source de polémiques en Floride.

Les machines comptables autonomes ont progressivement laissé la place à des systèmes informatiques centralisé et d'un poste de travail basé sur un ordinateur personnel assisté de dispositifs spécifiques :

- clavier de saisie d'information (code confidentiel PIM)
- organes de saisie (code barres, RFID)
- ouverture des tiroirs caisse
- imprimantes (tickets de caisse, post-marquage des chèques ...)
- dispositifs d'appel automatique du système informatique

Références:

IBM Early Computers MIT Press

ICL a business and technical history by Martin Campbell-Kelly Clarendon Press 1955

http://en.wikipedia.org/wiki/Tabulating_machine

Pour machines Bull mécanographiques, se référer à

<http://www.feb-patrimoine.com/projet/index.htm>

Pour la chronologie de IBM voir

http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/decade_1900.html

Biographie

Jean Bellec (1935-2012) est entré à l'École des Mines en 1955. Après un bref passage à l'Institut Français du Pétrole, il est entré à la Compagnie des Machines Bull. Il a travaillé sur le projet Bull-General Electric « Charlie », visant au développement d'une ligne d'ordinateurs modernes. Il a continué naturellement sur la gamme Bull DPS7/GCOS7. Sa carrière professionnelle se confond, pour les 20 années qui suivent, avec ce projet dans lequel il a eu un rôle déterminant comme responsable de l'architecture du logiciel. À sa retraite, il a rejoint l'association « Fédération des Équipes Bull ». Il y a animé un groupe de réflexions sur l'histoire de l'informatique et de son utilisation, avec le concours de l'AHTI, d'anciens de CII, d'IBM, d'utilisateur et de labos CNRS et Université.