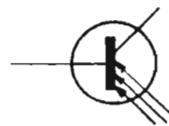


OUI



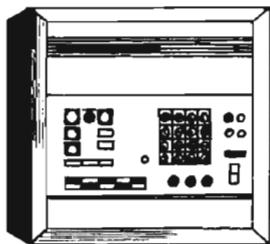
NON

1 + 1 = 10  
10 + 10 = 100  
1000 - 100 = 100  
11 x 11 = 1001



ET

OU



# INITIATION AU CALCUL ELECTRONIQUE

## LES MÉMOIRES DE MASSE

(Suite voir n° 1 283)

LES cassettes ont fait leur apparition, voici quelques années, dans le monde des magnetophones. Malheureusement, jusqu'à présent, les qualités de ces cassettes étaient faibles, leur réponse en fréquence était pauvre, leurs tolérances mécaniques insuffisantes. Pire : les bandes n'étaient pas fiables, il pouvait se produire des pertes d'informations enregistrées.

Seulement, ces déboires datent d'hier : tout semble-t-il a changé avec une nouvelle génération de cassettes digitales destinées aux mini-ordinateurs commercialisés depuis peu. Aujourd'hui on estime que le marché futur des cassettes digitales pourrait atteindre la valeur de 500 millions de dollars ; d'après Ampex, le marché, pour 1970, serait déjà de 6 à 8 millions de dollars.

### UN NOUVEAU TYPE DE MEMOIRE

Le marché s'ouvre donc et les grandes firmes travaillant dans la bande magnétique vont rejoindre le mouvement amorcé par Ampex, par la N.C.R., par Honeywell, ou par Bunker-Ramo.

Pendant ce temps, les directeurs de marketing pensent déjà aux

nouvelles applications de ce nouveau type de mémoire ; on envisage ainsi très sérieusement de remplacer les rubans perforés, à l'entrée où à la sortie des ordinateurs : ainsi, chez Mobark Instruments, une cassette s'emboîte dans un Télétype, et permet l'impression de résultats, trois à cinq fois plus vite qu'auparavant.

Mais la vraie nouveauté réside dans l'introduction des mini-cassettes dans les mini-ordinateurs. Les mini-cassettes jouent le rôle de mémoires de masse. Ainsi Tri-Data commercialise un système, appelé CartriFile, contenant deux bandes magnétiques dans la même cassette ; celle-ci s'emboîte dans l'ordinateur et elle est lue à la vitesse de 25 cm/seconde. L'enregistrement se fait simultanément sur deux traces : cette redondance permet la détection aisée d'erreurs de lecture ou d'écriture.

Cybercom commercialise également un système à cassettes, le Mark I. Un convertisseur est prévu : on lui donne une cassette et il transforme les données contenues en données compatibles avec les ordinateurs I.B.M.

L'introduction de mini-cassettes s'accompagne, pour les gros ordinateurs de l'introduction de mémoires plus souples d'emploi : c'est en particulier le cas des disc-packs, chargeurs de disques magnétiques.

### DISQUES ET TAMBOURS CONTRE BANDES MAGNETIQUES

Si le marché des cassettes digitales semble en plein essor, celui des bandes magnétiques pour ordinateurs semble en danger : les disques et tambours magnétiques remplacent de plus en plus les bandes dans les mémoires périphériques.

Certes, les disques et tambours sont plus souples d'emploi ; mais l'utilisateur, lorsqu'il doit faire son choix entre disques et tambours, se trouve confronté à de nombreux problèmes qu'il lui faudra résoudre : Que choisir, une mémoire amovible ou non-amovible ? doit-elle disposer d'une horloge interne ou doit-elle être contrôlée de l'extérieur ? Les têtes de lecture, doivent-elles être flottantes ou du type à contact ? Les enregistrements, doivent-ils être de longueur variable ?

Les applications, bien sûr, dictent la réponse à ces questions. Mais les ingénieurs ne sont pas

toujours d'accord sur les réponses à donner : la technologie des mémoires de masse avance très rapidement et certains phénomènes restent encore inexplicables ; rappelons-nous qu'il n'y a pas très longtemps — quatre ans environ — I.B.M. a introduit sa mémoire 2311 à disques amovibles considérée aujourd'hui comme un modèle pour la vingtaine de firmes engagées dans la mise au point de « disc-packs », les magasins de disques.

Ce type de mémoires dispose actuellement de capacités s'échelonnant entre cent mille et quatre milliards de bits (\*) ; leur temps d'accès varie, selon les modèles, entre 8,7 et 225 millisecondes ; quant au prix, il s'évalue entre 3 centimes et 0,1 centime par bit d'information stockée.

Le facteur essentiel ayant suscité le développement des mémoires à disques et à tambours est certainement la mise en fonctionnement de systèmes travaillant en time-sharing et en temps réel. Il y a eu naissance d'un besoin de mémoires périphériques à accès rapide, plus



Photo 9. — Mémoires à cassettes : de nouvelles possibilités pour les ordinateurs (Cliche Recording

Désigns Ltd).

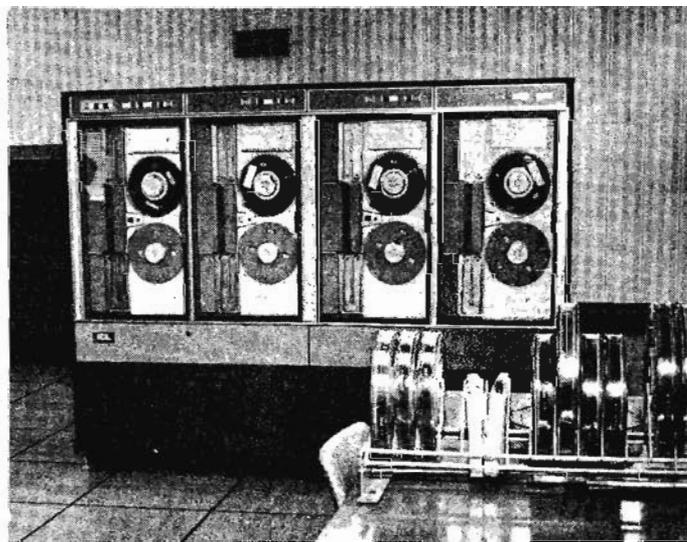


Photo 10. — Les unités à bandes magnétiques : en action ?

rapide que l'accès aux bandes magnétiques. Sur les bandes magnétiques, les données sont lues en série : le temps d'accès est d'une minute pour une bande de 1200 pieds ; sur un disque ou sur un tambour magnétique, au contraire, les têtes de lecture n'ont pas besoin de lire tout ce qui précède un enregistrement et la lecture est, de la sorte beaucoup plus rapide.

## DISQUES CONTRE TAMBOURS

L'une des controverses actuelles est celle du choix du mode de lecture : doit-on avoir une tête de lecture par piste ou un jeu de têtes mobiles ? le premier type donne à la mémoire un temps d'accès de quelques millisecondes ; par contre dans les mémoires à têtes mobiles, le temps d'accès est un peu plus long, puisque les têtes doivent se déplacer d'une piste à l'autre, ce qui prend entre 50 et 225 millisecondes. Mais ce dernier type de mémoire nécessite moins de têtes de lecture, et coûte beaucoup moins cher.

Par exemple, dans l'I.B.M.2311, mémoire à disques de 60 millions de bits, il n'y a que dix têtes de lecture ; toutes les têtes sont positionnées simultanément chacune sur une piste de dix surfaces actives disponibles. Ce type de mémoire coûte 26 000 dollars. En opposition, General Instruments propose, par l'intermédiaire de sa division Magnefile, une mémoire plus chère, et de capacité plus faible (20 millions de bits) : le prix élevé provient de l'utilisation de 512 têtes séparées, une par piste de travail ; le temps total d'accès est ici de 8,5 millisecondes.

Quelle est la solution la plus rentable ? Il faut bien se dire qu'une unité centrale travaille en microsecondes, et si l'on perd du temps au niveau de la mémoire de masse, on perd également beaucoup d'argent. Un compromis s'avère donc nécessaire : en dessous d'une capacité de 10 millions de bits, les mémoires à une tête par piste sont certainement plus rentables ; au-dessus de 50 millions de bits, les autres mémoires coûtent moins cher. Entre 10 et 50 millions, c'est-à-dire dans le domaine des disques commercialisés, la rentabilité dépend de l'utilisation et de l'importance de la vitesse de lecture. En time-sharing, on utilise souvent des périphériques de sortie imprimant 10 caractères par seconde seulement et alors la vitesse de lecture dans la mémoire de masse importe peu.

Quelques firmes ont recherché un autre compromis et ont placé plus d'une tête de lecture par surface : à chaque tête de lecture est réservé un certain nombre de pistes mais pas toutes les pistes de la surface du disque : beaucoup plus rapides que les mémoires à têtes

mobiles, ces mémoires mixtes coûtent 30 % moins cher que les mémoires à une tête par piste.

Ce problème des têtes mobiles ou non touche bien moins les tambours qui possèdent, pour la plupart, une tête par piste.

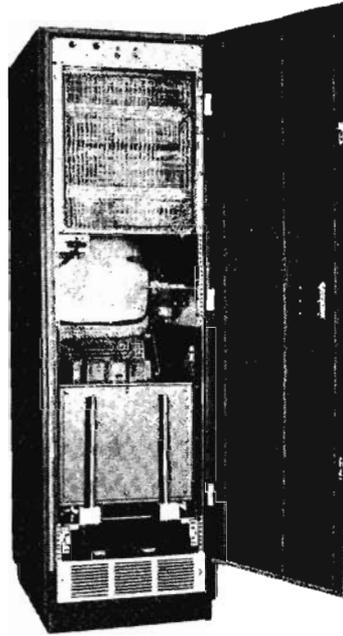


Photo 11 (a). — Le tambour magnétique...  
(Cliché Bryant Computer Products)

Les disques possèdent des avantages sur les tambours : on peut les enlever de la mémoire et les stocker. On peut alors passer un jour un programme de gestion, et le lendemain un programme scientifique sur le même ordinateur. Néanmoins, pour les applications nécessitant une très haute fiabilité, un taux très faible d'erreurs, les tambours s'imposent. Leur durée de vie exceptionnellement longue — 100 000 heures — et leur faible taux d'erreur — moins d'une erreur transitoire pour chaque lot de  $10^{13}$  bits — sont des conséquences de leur immunité aux chocs. En particulier, il peut arriver que les têtes de lecture touchent malencontreusement un disque ou un tambour au lieu de flotter sur un film d'air de quelques microns d'épaisseur : il s'en suit une usure du matériau magnétique. Les particules de poussière sont responsables souvent de tels chocs : les particules se mettent entre la tête et la surface et jouent le rôle d'abrasifs. L'abrasion des tambours est minimisée par le fait qu'ils sont scellés, et placés hors de toute possibilité d'entrée de poussières ; les disques, par contre, ne doivent pas être scellés pour être amovibles.

Les tambours présentent d'autres avantages : ils tournent beaucoup plus vite que les disques (jusqu'à 2 400 tr/mn) et ils ont des temps d'accès plus courts ; ils peuvent également stocker plus d'informations.

## LA FLUIDIQUE PERMET D'AMELIORER LE FONCTIONNEMENT DES DISQUES

Stocker beaucoup d'informations, avoir très rapidement accès aux informations, voilà deux nécessités des mémoires de masse. Ces deux nécessités ont été réalisées dans le DDR1 de Digital Information Storage Corp... L'accès

des cartouches scellées. Pour charger un disque, l'opérateur place une face de la cartouche dans la machine ; un mécanisme ouvre automatiquement la cartouche, enlève le disque de sa cartouche et le pousse sous la tête de lecture. L'opération inverse est entièrement automatique.

La nouveauté vient de ce que tout le mécanisme de chargement et de déchargement est contrôlé par un équipement fluïdique et



Photo 11 (b). — ...et les mémoires à disques sont par contre en plein essor  
(Cliché Spérac)

rapide est obtenu par une tête de lecture-écriture par piste de disque. De plus, les disques sont amovibles, ce qui requiert un dispositif très précis de centrage et de positionnement des disques. Ce dispositif, c'est en fait un film d'air sur lequel tourne le disque.

Pour mettre un disque sous la tête de lecture, ou l'enlever, le DDR1 tire avantage de sa conception mécanique originale. Les disques non utilisés sont stockés dans

pneumatique. Tous les paliers sont des paliers fluides. Tous les supports sont fluides. Il n'y a aucun contact mécanique.

Puisque les paliers sont fluides, il était naturel de songer à la fluidique pour contrôler le bon fonctionnement de l'unité : des portes logiques NON-ET, associées à un détecteur de proximité, contrôlent le déplacement du disque entre sa cartouche et sa position de travail.

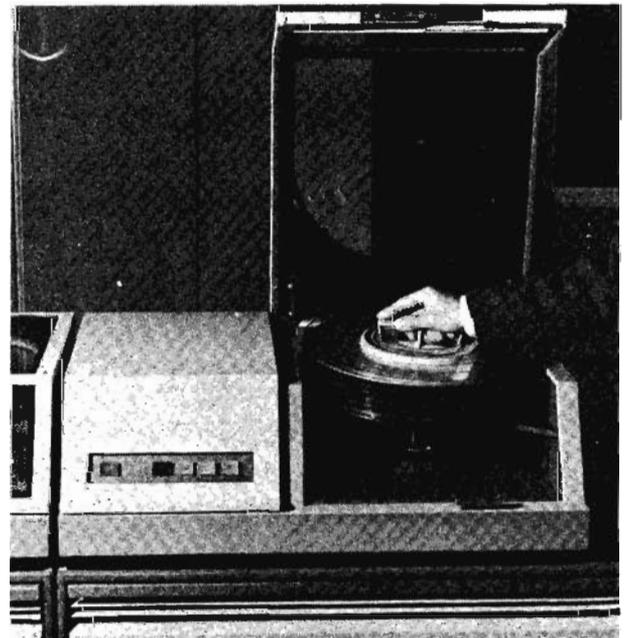


Photo 12. — La mémoire à disques amovibles IBM2311 : un modèle pour les firmes engagées dans la fabrication de mémoires de masse



Photo 13. — Mémoire à cellules IBM

### CRAM : UNE MEMOIRE SUR CARTES

Il existe d'autres types de mémoires de masse, plus lentes que les précédentes, et souvent de capacité supérieure. Elles jouent le rôle de banques de données où la vitesse d'accès n'est guère le facteur essentiel : il faut surtout pouvoir y stocker beaucoup d'informations, que l'ordinateur utilisera de temps à autre, et que l'on pourra modifier et mettre à jour à volonté.

L'une de ces mémoires est la mémoire CRAM (Card Random Access Memory), utilisant des cartes magnétiques en mylar, de 35 cm de long et 8,25 cm de large. Chaque carte possède sept pistes magnétiques pouvant être sélectionnées séparément pour la lecture ou l'enregistrement, la capacité d'enregistrement d'une carte entière est de 21 700 caractères alphanumériques.

Chaque unité de CRAM peut contenir un jeu de 256 cartes magnétiques, permettant d'enregistrer plus de 5 500 000 caractères alphanumériques. Le nombre de chargeurs utilisables est pratiquement illimité et leur mise en place dans l'unité de CRAM ne demande que 30 secondes environ.

Lorsqu'il est placé dans l'unité de CRAM, le jeu de cartes magnétiques est retenu par deux tringles de suspension. Les cartes magnétiques sont séparées par 256 jets d'air permettant à la carte choisie de tomber librement. Sous l'effet de l'aspiration provoquée par le vide partiel pratiqué à l'intérieur d'un tambour tournant en permanence, la carte vient se plaquer autour de ce dernier qui l'entraîne à la vitesse de 10 m/s. Tournant avec le tambour, la carte passe devant sept groupes de tête de lecture et d'enregistrement dont chacun correspond à l'une des sept

pistes magnétiques. Après lecture ou écriture, la carte est éjectée du tambour et reprend sa position sur les tringles. Ce système est lent : entre les moments où le processeur fait rechercher une carte et où la carte parvient sous la tête de lecture, 200 millisecondes se sont écoulées.

Une opération importante, effectuée par la plupart des ensembles électroniques, est la tenue et la mise à jour des comptes enregistrés sur des supports magnétiques. Elle consiste à inscrire les mouvements et les transactions de la journée sur le fichier principal. Avec le CRAM, on a la possibilité d'exploiter des fichiers par une méthode d'accès direct sélectif ou par une méthode purement séquentielle. Les machines comptables, reliées directement à l'unité CRAM peuvent alors traiter les transactions au moment précis où elles ont lieu, même si ces machines se trouvent à plusieurs centaines de kilomètres de distance.

Une variante de cette mémoire CRAM est la mémoire à cellules magnétiques, type I.B.M. 2321. Le support d'enregistrement des informations est un feuillet magnétique : 10 feuillets sont contenus dans une sous-cellule ; une cellule de mé-



Photo 14. — Mémoire à tors de ferrite : vers la miniaturisation (Cliché Siemens).

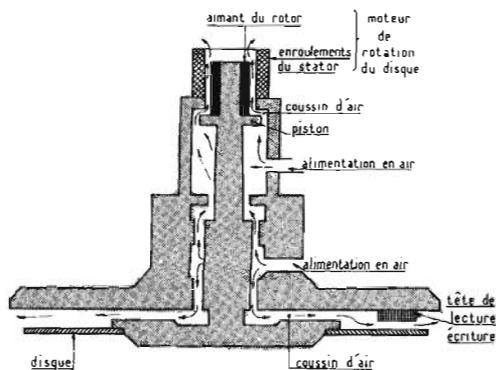


Fig. 9. — Principe de l'unité de disque DDR-1

moire contient 20 sous-cellules ; enfin une unité à cellules contient 10 cellules, et peut stocker jusqu'à 400 millions d'octets. Le temps d'accès moyen est de 350 millisecondes.

des tores de permalloy et des conducteurs de cuivre. On produit ainsi en une seule passe des plans complets de mémoire.

Les limitations actuelles de ce produit sont cependant graves :

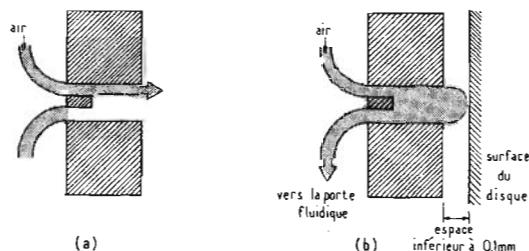


Fig. 10. — Le contrôle de la position du disque avec un circuit fluidique (un détecteur fluide envoie un signal pneumatique dès que la surface du disque est à moins de 0,1 mm)

### VERS LES MEMOIRES DE MASSE INTEGREES

Tores, fils plaqués, ferrites, bandes, disques, tambours et cartes. Toutes ces mémoires tentent de concilier une grande vitesse d'accès, une capacité importante de stockage et un encombrement réduit. On arrive rarement à concilier ces trois exigences et un compromis est souvent nécessaire : on délaisse quelque peu un aspect du problème pour se concentrer davantage sur les autres. Néanmoins il est probable que l'introduction des techniques appliquées actuellement aux circuits intégrés doit apporter un second souffle aux mémoires de masse.

Ce transfert de technologie entre le monde des semi-conducteurs et celui des mémoires de masse a été entamé par Cambridge Memories Inc. qui développe une mémoire à tores de ferrite, où les tores sont fabriqués selon les méthodes adoptées pour les semi-conducteurs. La fabrication de la mémoire se fait en plusieurs temps : on dépose du cuivre et du permalloy sur un substrat en polymère ; entre ces opérations de dépôt, on attaque, par photogravure, les couches formées pour constituer

deux fois moins rapides que les tores de ferrite, la mémoire présente l'inconvénient supplémentaire de ne délivrer que des signaux de faible amplitude. On pourrait certes augmenter la vitesse de fonctionnement, mais au prix de fortes dépenses (utilisation d'une forme plus coûteuse de permalloy, réalisation de circuits de commande plus complexes...). Néanmoins, la faible vitesse de fonctionnement s'accompagne d'un très faible dégagement de chaleur : dix fois moindre que dans une mémoire à tores de ferrite. L'U.S. Air Force a commandé une mémoire de masse de ce type, destinée à être embarquée.

Mais alors : si l'on réalise des mémoires de masse intégrées à tores, pourquoi ne pas chercher à fabriquer des mémoires de masse à semi-conducteurs ? I.B.M., avec sa série 370, vient de prouver que les mémoires de masse semi-conductrices n'étaient plus un mythe.

Nous en reparlerons le mois prochain...

Marc FERRETTI.

(\*) Bit : vient de *binary digit*. C'est le 0 ou le 1 d'un nombre écrit en binaire.

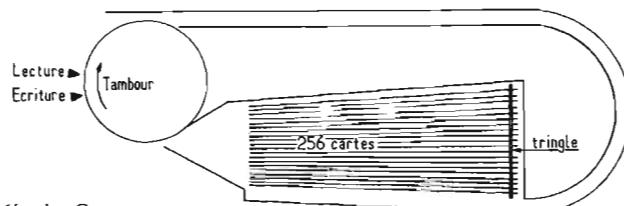


Fig. 11. — Mémoire Cram