

# INITIATION AU CALCUL ELECTRONIQUE

## LES MÉMOIRES DE MASSE

Il est très probable que l'un des traits marquants de l'économie française dans le proche avenir sera la promotion intensive de l'Informatique ou plus précisément des systèmes d'informatique. En prenant la période de dix ans à partir de 1968, on peut caractériser la promotion des systèmes d'informatique selon deux voies très complémentaires l'une de l'autre : accroissement très rapide du taux de diffusion des ordinateurs d'une part, et, d'autre part, généralisation de la transmission des données et du télétraitement.

A ces deux voies, sont associés une multitude de services nouveaux rendus par l'ordinateur : le time-sharing, les banques de données sont deux de ces services, voire les plus importants.

Les experts estiment à deux milliards de nouveaux francs le marché en France des sociétés de service en informatique, pour 1975. Déjà une floraison de telles sociétés de service fait irruption en Europe, et particulièrement en France. Toutes ces sociétés sont lancées dans le domaine de l'exploitation partagée des ordinateurs, c'est-à-dire de l'accès direct, à partir d'un terminal, installé chez l'utilisateur, aux ressources d'un ordinateur puissant.

Quels sont les domaines d'activité de ces sociétés de service ?

Le premier axe est le domaine scientifique : les utilisateurs posent eux-mêmes leurs problèmes à la machine ou font appel à des programmes en bibliothèque. Le second axe est la gestion en sous-entendant celle qui conduit aux synthèses : la rapidité de la réponse permet au chef d'entreprise de suivre au jour le jour l'évolution de ses différents projets.

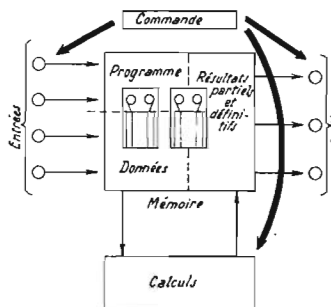


Fig. 1. — L'ordinateur et ses organes.

Souvent, ces utilisateurs ont besoin de manipuler un volume énorme d'informations : le fabricant de postes de radio, lorsqu'il posera son problème à l'ordinateur, devra disposer de toutes les caractéristiques de tous les composants qui existent alors sur le marché, pour réaliser le circuit optimal, c'est-à-dire aux meilleures perfor-

mances et au moindre prix. Les données sont contenues dans des banques de données, véritable puits de savoir électronique, que l'ordinateur consulte au moment voulu.

Grandes banques de données, télétraitement, exploitation partagée des ordinateurs (ou time-sharing) ce sont là les besoins en traitement de l'information qui marqueront les années 70.

Les systèmes actuels possèdent déjà des mémoires importantes, mais encore insuffisantes pour aborder ces genres de problèmes. Toutefois, lorsque les constructeurs seront à même de produire des mémoires de masse de plusieurs milliards de caractères, rien ne s'opposera plus au traitement de la gestion de n'importe quelle entreprise.

On peut classer les organes d'un ordinateur en fonction du rôle qu'ils sont appelés à remplir. On distingue ainsi (Fig. 1) :

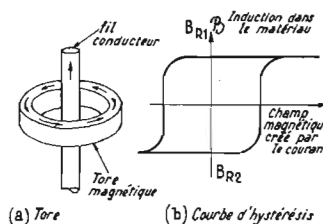


Fig. 2. — Tore et hystérésis.

- Les organes d'entrée-sortie.
- Les organes de mémoire.
- Les organes de calcul.
- Les organes de commande.

Les organes d'entrée-sortie servent aux communications entre le milieu externe (l'homme, mais également des capteurs de mesures) et le milieu interne (la machine). L'homme « entre » dans l'ordinateur un programme de travail, ainsi que des données numériques qui permettront le calcul. L'ensemble de ces informations est stocké dans la mémoire.

Les organes de calcul doivent pouvoir avoir accès très rapidement aux informations dont ils ont besoin pour travailler : une partie de la mémoire, dite mémoire centrale, aura donc un temps d'accès très court.

Malheureusement, ces organes très rapides coûtent relativement cher et on ne conçoit nullement de doter toute la machine de telles mémoires rapides.

On a cependant besoin de stocker beaucoup d'informations, rapidement, et le type de mémoire le plus utilisé à l'heure actuelle est la mémoire à ferrites, dont le temps d'accès se situe aux alentours de quelques microsecondes.

Considérons (Fig. 2) un circuit magnétique constitué par un tore



Photo 1. — Le Time-Sharing : un marché de deux milliards de francs en 1975, uniquement pour la France (cliché « Télé systèmes »)

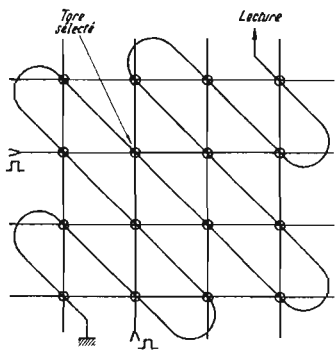


Fig. 3. — Mémoire matricielle à tore de ferrite.

magnétique traversé par un fil conducteur. Si un courant traverse le fil, le tore s'aimante sous l'effet du champ magnétique induit par le fil. Sous l'influence d'un champ magnétique variable, l'induction magnétique dans le tore varie, et l'on trace souvent, pour chaque matériau magnétique, une courbe d'hystérésis montrant les variations de l'induction dans ce matériau.

Les ferrites, mélanges de cristaux mixtes de formule chimique  $M Fe_2 O_4$ ,  $M$  étant un métal bivalent (cuivre, magnésium, manganèse, nickel ou zinc) sont caractérisées par un cycle d'hystérésis de forme quasi rectangulaire. Un noyau composé d'une telle ferrite peut donc se trouver après magnétisation dans l'un des deux états de magnétisation rémanente  $B_{r1}$  ou  $B_{r2}$ , de signes contraires, auxquels on peut affecter arbitrairement les valeurs binaires 0 et 1.

Pour connaître l'état de l'aimantation du tore, on reprend le schéma de la figure 2a. Supposons qu'il soit possible, par un moyen quelconque, de faire basculer brusquement l'aimantation du tore. Au moment du changement de signe de l'aimantation, une force électromotrice induite prend naissance dans le fil et c'est cette f.e.m. qui est mise à profit pour déceler le sens de l'aimantation.

Dans une mémoire à tores de ferrite, les tores sont disposés sous la forme d'une matrice carrée ou

rectangulaire. Supposons qu'initialement tous les tores soient dans l'état 0 et que l'on applique une impulsion positive simultanément sur une ligne et sur une colonne : au croisement, le champ magnétique est suffisamment intense pour faire alors basculer le tore sélectionné (Fig. 3).

Pour lire l'état du tore, on applique simultanément une impulsion négative aux deux fils qui s'y croisent. Si le tore était dans l'état « 0 », le nouvel enregistrement étant « 0 », le sens de l'aimantation n'est pas changé et aucune f.e.m. n'est induite dans le fil de lecture. Si, par contre, le tore testé se trouve à l'état « 1 », il passera à l'état

« 0 » et en basculant, induira une f.e.m. dans le fil de lecture.

Une constatation s'impose : la lecture est destructive ; l'information que contenait la mémoire est détruite après la lecture, et il convient donc immédiatement de la restaurer après la lecture. Si le temps d'accès de matrices de quelques milliers de tores est de l'ordre de la microseconde, la nécessité de rétablir l'information initiale après lecture ne permet pas d'effectuer deux lectures successives séparées par un intervalle de temps inférieur à quelques microsecondes.

Une variante de ces tores est représentée par les toroïdes de la firme « Electronic Memories ». Les toroïdes comportent deux trous, un trou de lecture et un trou d'écriture. Le noyau est initialement remis à zéro par une impulsion  $I_{ra2}$  (Fig. 4a) et l'orientation des lignes de flux dans chaque partie du noyau est indiquée sur la figure 4a. Si une impulsion de courant traverse le trou d'écriture d'un noyau à l'état « 0 », on n'observe pratique-

Parmi ces avantages, nous citons :

- La très faible puissance de basculement :  $10^{-9}$  J.
- Le temps d'inversion très court : 7 ns.
- Grande fiabilité.
- Possibilité de lecture non destructive.

Le support sur fil est constitué par un alliage de cuivre beryllium de 0,127 mm de diamètre recouvert par électrolyse d'un film mince magnétisable. Ce film est constitué par un alliage de 81 % de nickel et de 19 % de fer. La fabrication de la mémoire sur fil est réalisée en continu par le passage dans des bains en présence d'un champ magnétique qui permet d'obtenir une

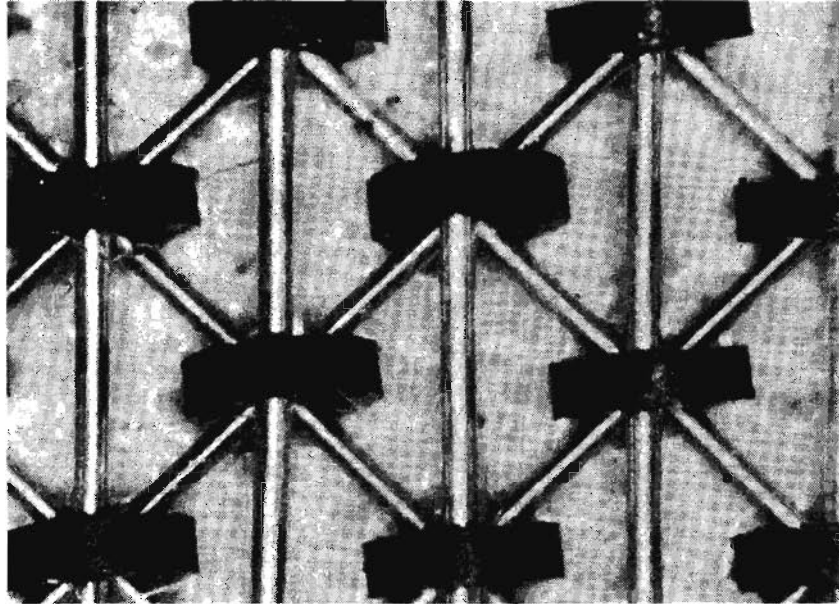


Photo 2. — Tores au lithium de la mémoire d'Iris 50. Leur cycle de base est de 950 ns (cliché CII)

l'aimantation dans la partie n° 3 n'a pas changé pendant la lecture : la mémoire n'est donc pas destructive. Son temps de cycle reste cependant supérieur à la microseconde.

Un autre type de mémoire, plus rapide, constitué par les mémoires sur films minces, fit son apparition en 1962, avec l'UNIVAC 1107. Ces mémoires, réalisées à l'aide de dépôts de nature ferromagnétique en couches minces, constituent les premières mémoires à « deux dimensions ». Les principes d'utilisation de ces nouvelles mémoires à deux dimensions restaient semblables à ceux de mémoires à tores de ferrite, mais l'inversion du sens de leur aimantation pouvait être obtenue environ mille fois plus vite. Les mémoires sur film mince nécessitent par contre des dispositifs complexes de lecture et d'écriture.

Les mémoires à couches minces sur fil combinent à la fois les avantages des mémoires à ferrites et des mémoires sur films minces.

direction de magnétisation anisotrope entourant l'axe du fil.

Les fils constituent le moyen de transport du courant de « canal bit ». Une série de fils à couches minces parallèles est entourée perpendiculairement par les lignes de courant du « canal mot » (Fig. 5). A l'intérieur d'un corps magnétique démagnétisé, les moments magnétiques des atomes ne s'orientent pas dans une direction unique. En fait, ces atomes se répartissent en domaines magnétiques différents, à l'intérieur desquels les moments magnétiques des différents

« 0 » et en basculant, induira une f.e.m. dans le fil de lecture.

Une constatation s'impose : la lecture est destructive ; l'information que contenait la mémoire est détruite après la lecture, et il convient donc immédiatement de la restaurer après la lecture. Si le temps d'accès de matrices de quelques milliers de tores est de l'ordre de la microseconde, la nécessité de rétablir l'information initiale après lecture ne permet pas d'effectuer deux lectures successives séparées par un intervalle de temps inférieur à quelques microsecondes.

Une variante de ces tores est représentée par les toroïdes de la firme « Electronic Memories ». Les toroïdes comportent deux trous, un trou de lecture et un trou d'écriture. Le noyau est initialement remis à zéro par une impulsion  $I_{ra2}$  (Fig. 4a) et l'orientation des lignes de flux dans chaque partie du noyau est indiquée sur la figure 4a. Si une impulsion de courant traverse le trou d'écriture d'un noyau à l'état « 0 », on n'observe pratique-

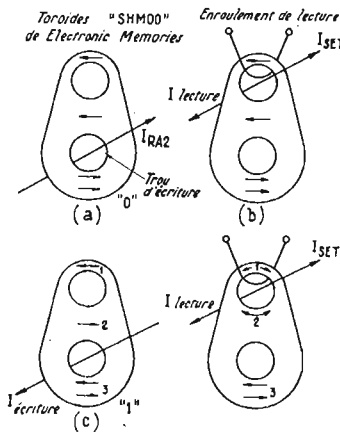


Fig. 4. — Toroïdes « SHMDO » de Electronic Memories.

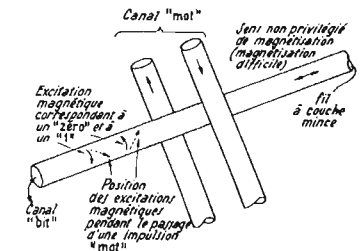


Fig. 5. — Couches minces sur fil.

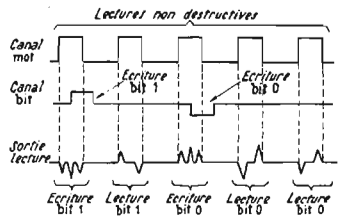


Fig. 6. — Cette figure représente les impulsions de lecture et d'écriture sur le canal « mot » et le canal « bit ». Il n'est pas tenu compte du courant d'écriture sur la sortie en lecture.

atomes se placent dans une même direction. Le sens d'orientation des atomes est différent d'un domaine à l'autre. Les parois de séparation entre chaque domaine sont formées d'un empilement d'environ une centaine d'atomes.

Lorsqu'un champ magnétique extérieur est appliqué à ce corps, les domaines, dont les atomes sont dirigés dans le sens du champ extérieur, vont s'agrandir au détriment des autres domaines, en déplaçant leurs parois.

Cette progression des parois dans le corps rencontre une certaine opposition qui freine la magnétisation. Cela explique qu'un tore de ferrite demande une microseconde pour s'aimanter.

D'autre part, dans un corps aimanté, il se développe toujours un champ magnétique de direction opposée à celle de l'aimantation, appelé champ de démagnétisation. Ce champ de démagnétisation s'exerce sur les parois perpendiculaires au champ magnétique et l'on a constaté que l'intensité de ce champ est inversement proportionnelle à la distance séparant ces parois, et directement proportionnelle à leur surface.

Ainsi, dans le cas d'un barreau aimanté, le champ de démagnétisation sera très faible étant donné que la surface des parois sur lesquelles il s'exerce est petite et la distance qui les sépare est relativement grande.

Dans le cas d'un corps magnétisable à deux dimensions, obtenu par dépôt de quelques centaines d'atomes, en épaisseur, de matière magnétisable, sur un substrat, tout champ magnétique, appliqué dans le sens perpendiculaire à la couche mince, créera un champ démagnétisant tel que cette position sera totalement instable. Le flux magnétique s'orientera dans un plan parallèle à la couche mince et non perpendiculairement à celle-ci. Le renversement du sens d'aimantation ne pourra donc se faire que dans le plan de la couche et non plus perpendiculairement à celle-ci. Ce renversement des vecteurs d'aimantation dans les domaines s'effectue mille fois plus vite que dans un corps à trois dimensions.

Dans la mémoire à couches minces sur fil, l'information est donc mémorisée par le sens de l'aimantation dans la portion du film mince

située dans le plan du canal « mot ». Une magnétisation dans le sens des aiguilles d'une montre représente un « 1 » logique.

La ligne de canal « mot » forme un solénoïde à une seule spire autour de la série de mémoires fils qu'elle entoure. Un courant dans un canal « mot » provoque un champ magnétique à l'intérieur de cette spire de solénoïde. Ce champ magnétique permet de faire basculer momentanément le champ magnétique stable de la mémoire vers la direction instable. La modification de flux résultant provoque une différence de potentiel aux ex-

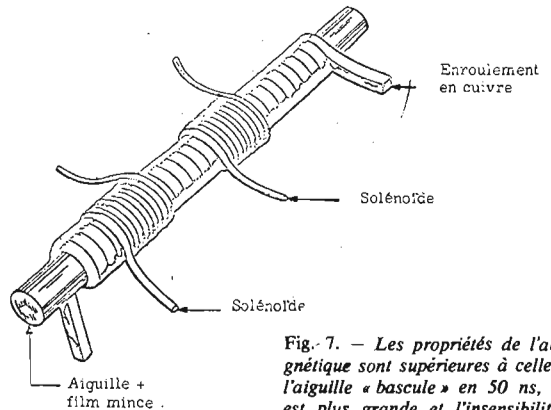


Fig. 7. — Les propriétés de l'aiguille magnétique sont supérieures à celles du tore : l'aiguille « bascule » en 50 ns, la fiabilité est plus grande et l'insensibilité aux variations de température est très poussée. De plus, il est possible de fabriquer les aiguilles magnétiques par un procédé en continu, ce qui remplace avantageusement le « tissage » manuel des mémoires à tores.

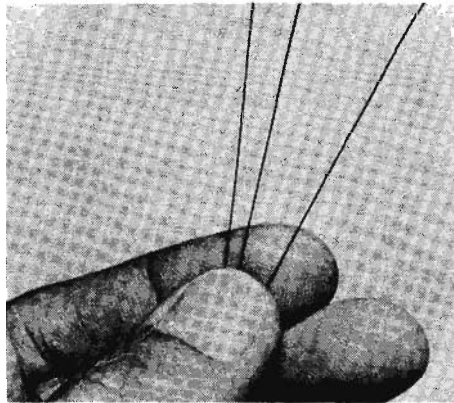


Photo 3. — Aiguille magnétique NCR. Elle bascule en 25 ns.

trémities du canal « bit », dont le sens est fonction de la direction du champ magnétique inscrit. Après interruption du courant dans le canal « mot », le champ magnétique retourne à sa position originale dans le plan perpendiculaire à l'axe du fil : la lecture par impulsion, dans le canal « mot » est, par conséquent, non destructive.

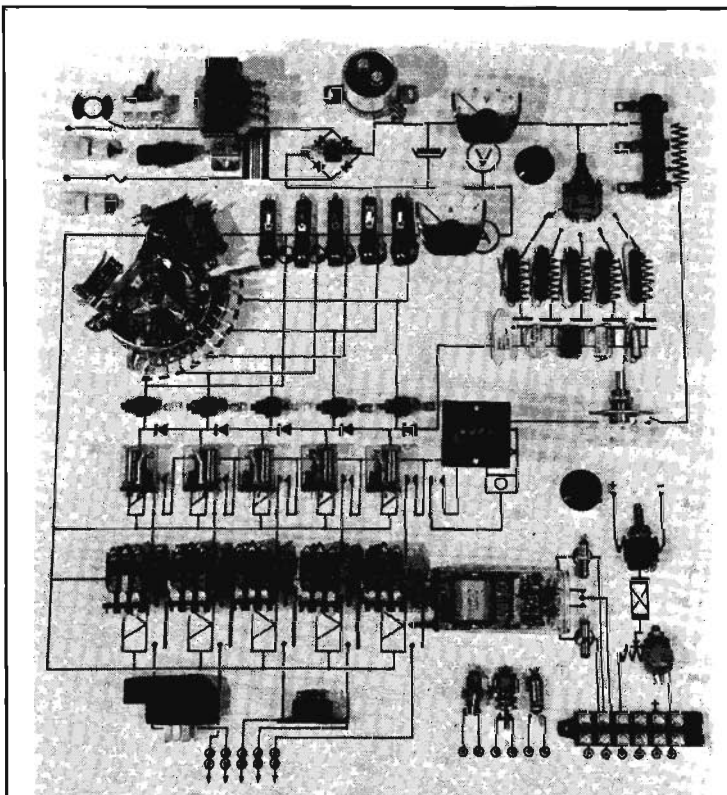
L'écriture est, quant à elle, obtenue par la coïncidence d'impulsions dans le canal « mot » et dans le canal « bit ». Le courant, dans le canal « bit », est insuffisant à lui seul pour renverser le sens d'aimantation dans un plan du canal « mot ». Mais la notation du champ magnétique obtenue par un courant dans le canal « mot » permet à un courant simultané dans le canal « bit » de renverser éventuellement le sens d'aimantation dans le plan du canal « mot ».

### UNE VARIANTE : L'AIGUILLE MAGNETIQUE NCR

L'aiguille magnétique est également un produit de la technologie des films minces. L'aiguille est un fil en alliage de cuivre et de beryllium, de 15 cm de long et 0,25 mm de diamètre. Ce fil est revêtu par électrolyse d'un film mince de fer-nickel magnétisable d'une épaisseur de 4 000 Å, soit 4/10 000<sup>e</sup> de millimètre. Un enroulement de cuivre est ensuite appliqué autour de l'aiguille.

Dans le RMC 315, de la NCR, cette aiguille traverse 40 surfaces planes sur lesquelles sont montés de minuscules solénoïdes de 10 spires, et c'est l'intersection de l'aiguille et de ces solénoïdes qui remplace le tore magnétique. Il y a donc possibilité d'enregistrer 40 bits par aiguille. On retrouve ces aiguilles dans la nouvelle série d'ordinateurs NCR-CENTURY. Mais ce sera là l'objet du prochain article...

(à suivre)



## COMPOSANTS

POUR AUTOMATION ET

APPLIICATIONS ELECTRONIQUES

18 RUE CROZATIER  
PARIS 12/343-98-89

Marc FERRETTI  
N° 1278 ★ Page 201