

Jean Coquet

ÉDITÉ PAR LA  
COMPAGNIE  
DES PRODUITS  
ÉLÉMENTAIRES  
POUR INDUSTRIES  
MODERNES

BULLETIN

# Transco



CALCUL ET PROGRAMME ÉLECTRONIQUES

## INTRODUCTION A L'UTILISATION DES BLOCS-CIRCUITS FONCTIONNELS

(TROISIÈME PARTIE)

### VIII. — LE DÉTECTEUR DE CHIFFRE NON-SIGNIFICATIF

Les nombres que l'on fait entrer dans la mémoire doivent être représentés avec une virgule décimale flottante. Le détecteur de chiffre non-significatif a pour rôle de trouver les chiffres non-significatifs d'un nombre. On entend par là :

- 1° Dans un nombre positif : les zéros qui suivent immédiatement la virgule décimale;
- 2° Dans un nombre négatif : les 9 qui suivent immédiatement la virgule décimale.

Par exemple, les zéros gras du nombre 0,000 38708 et les 9 gras du nombre 9,99590 2 sont non-significatifs. On doit se rappeler que le chiffre précédant la virgule indique seulement le **signe** du nombre.

Ce détecteur est principalement employé comme liaison entre la mémoire accumulatrice et la mémoire tout court.

#### Principe de fonctionnement

Un schéma par blocs des unités intervenant dans le transport des nombres entre la mémoire accumulatrice et la mémoire est donné à la figure 65. Le « Sélac » AS et le sélecteur de

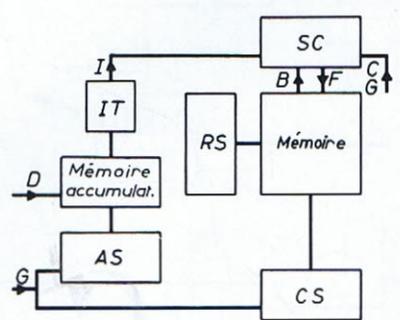


Fig. 65. — Unités principales qui entrent en fonctionnement lorsqu'un nombre est transporté de la mémoire accumulatrice dans la mémoire proprement dite.

colonnes CS « choisissent » les places convenables dans la mémoire accumulatrice et dans la mémoire, respectivement. Les deux sélecteurs sont, au début, sur la position 0. Cela signifie que la position du chiffre déterminant le signe a été choisie. Lorsque le contenu initial de la mémoire a été trans-

éré au compteur de mémoire par une impulsion B, et lorsque ce compteur a été remis à zéro, par une impulsion C, le contenu de la première place de mémoire accumulatrice (le chiffre de signe) est transféré au compteur de mémoire, à travers l'unité de transport d'information, à l'aide de dix impulsions D. Une impulsion F est alors utilisée pour déplacer ce nombre du compteur de mémoire vers la mémoire. L'impulsion G, qui va suivre, avance le SELAC et le sélecteur de colonne d'une place.

Une impulsion B transfère alors le contenu de la seconde place de chiffre de la mémoire vers le compteur de mémoire, ce qui remet à zéro cette partie de la mémoire qui correspond à la position 1 de CS. L'impulsion C (suivante) remet de nouveau à zéro le compteur de mémoire.

Si l'on ne prenait aucune autre précaution, le second chiffre de la mémoire accumulatrice (correspondant à la position 1 de AS) serait alors transféré dans la mémoire et ce cycle d'événements se répéterait jusqu'au moment où le nombre complet aurait été transféré de la mémoire accumulatrice à la mémoire.

Si, toutefois, le second chiffre dans la mémoire accumulatrice (c'est-à-dire le premier à droite de la virgule décimale) n'est pas significatif, (c'est-à-dire si ce chiffre est 0 pour un nombre positif, ou 9 pour un nombre négatif) il doit être rejeté. En effet, la mantisse d'un nombre doit contenir un chiffre significatif directement situé après la virgule décimale. Il faut donc que le sélecteur de colonnes n'avance pas, jusqu'au moment où le compteur de mémoire contient un chiffre significatif. Les impulsions G sont appliquées pour cela à CS à travers la porte « ET »  $A_1$  qui bloque ces impulsions tant que le compteur de mémoire contient un chiffre non-significatif (voir la figure 66).

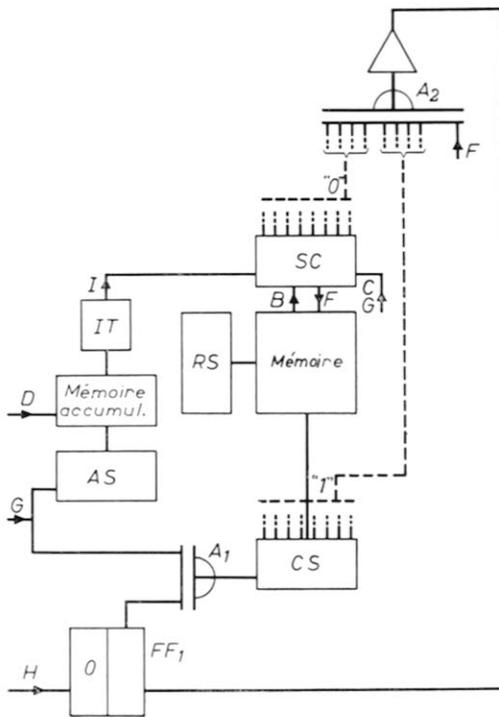


Fig. 66. — Extension du montage de la fig. 65 servant à détecter les zéros non significatifs par l'adjonction des portes  $A_1$  et  $A_2$  et du flip-flop  $FF_1$ .

### Nombres positifs

Si le nombre inscrit en mémoire est positif, la porte  $A_1$  doit être fermée tant que le compteur de mémoire contient un zéro durant le passage d'une impulsion G. Pour cela,

le compteur de mémoire est couplé à une seconde porte « ET »  $A_2$ . Elle s'ouvre pour les impulsions F, mais seulement lorsque le compteur de mémoire est dans la position 0. Cela exige quatre signaux d'entrée à faible niveau, couplés aux bornes  $c'$  des quatre flip-flops du compteur de mémoire. Le flip-flop  $FF_1$  sert à indiquer la présence d'un 0 dans le compteur de mémoire. Lorsque  $FF_1$  est initialement dans l'état 0 (fig. 66), il peut être déclenché par une impulsion F, qui peut traverser  $A_2$ .

En d'autres termes, lorsque le compteur de mémoire contient un 0, une impulsion F fait passer  $FF_1$  dans l'état 1 et  $A_1$  est donc fermée. Par conséquent, une impulsion G ne peut atteindre CS. Le sélecteur de colonne reste ainsi sur sa position initiale. Le flip-flop  $FF_1$  est remis à zéro par une impulsion H, s'il n'est pas, déjà, dans la position 0.

Mais, CS doit être avancé après le premier 0 absolu dans la mémoire accumulatrice. Ce 0 est significatif, car il représente le signe.  $A_1$  doit donc rester ouverte tant que le sélecteur de colonne est dans la position 0 initiale. Cela peut être obtenu en munissant  $A_2$  de quatre entrées supplémentaires, toutes à bas niveau lorsque, et seulement lorsque, CS est dans la position 1. En d'autres termes,  $A_2$  s'ouvre seulement lorsque le compteur de mémoire contient un 0 et lorsque le sélecteur de colonne est dans la position 1.  $A_2$  reste fermé pendant le transport du 0 déterminant le signe, d'où une impulsion F ne peut modifier l'état de  $FF_1$  et  $A_1$  reste ouvert. L'impulsion G, qui suit, avance CS et AS d'une place (à la position 1). Si le chiffre suivant dans la mémoire accumulatrice est significatif,  $A_2$  reste fermé d'où  $FF_1$  n'est pas déclenché et  $A_1$  reste encore ouvert. Mais, si le chiffre placé dans la position 1 est un 0 (non-significatif, par conséquent), toutes les entrées de  $A_2$  sont à un faible niveau, car CS est sur la position 1. Une impulsion F fait alors basculer  $FF_1$  dans l'état 1 et  $A_1$  ne laisse plus passer l'impulsion suivante, G. CS reste dans la position 1 tant que le compteur de mémoire contient un zéro non-significatif. Dès que le premier chiffre significatif a été transporté dans le compteur de mémoire (venant de la mémoire accumulatrice), une ou plusieurs des quatre entrées de  $A_2$  viennent à haut niveau, d'où  $A_2$  est fermé.  $FF_1$  n'est pas déclenché et  $A_1$  reste ouvert. Le chiffre significatif, actuellement dans le compteur de mémoire, est alors transféré à la place dans la mémoire qui correspond à la position 1 de CS et l'impulsion G suivante avance, d'une place, CS et AS.

Comme CS n'est plus sur 1,  $A_2$  ne peut s'ouvrir, même si le compteur de mémoire contient de nouveau un 0 (car un tel 0 serait significatif).  $A_1$  resterait ouvert et toute impulsion G suivante avancerait AS et CS d'une place.

**En résumé :** On empêche seulement le sélecteur de colonne d'avancer tant que le compteur de mémoire contient un 0 non significatif. Un chiffre significatif apparaît donc toujours dans l'emplacement 1 de la mémoire (c'est-à-dire, la première place après la virgule décimale). En d'autres termes, la mémoire va contenir la mantisse du nombre écrit initialement dans la mémoire accumulatrice.

### Nombres négatifs

Le montage décrit ci-dessus peut aussi être utilisé pour les nombres négatifs (c'est-à-dire les compléments à 9), avec une modification seulement. On doit provoquer l'ouverture de la porte  $A_2$  lorsque le compteur de mémoire contient un « neuf » et non plus un « zéro ».

### Montage combiné

La figure 67 représente un montage dans lequel un détecteur de 9 non-significatif est combiné avec un détecteur de 0 non-significatif. La porte  $A_2$  est ouverte seulement lorsque le compteur de mémoire contient un 0 et lorsque CS est sur la position 1. Les sorties des deux portes sont liées à travers une porte « ET »  $O_1$ . Ainsi, toutes les impulsions F transmises par  $A_2$  et  $A_3$  sont appliquées à  $FF_1$ . Ce montage ne peut être

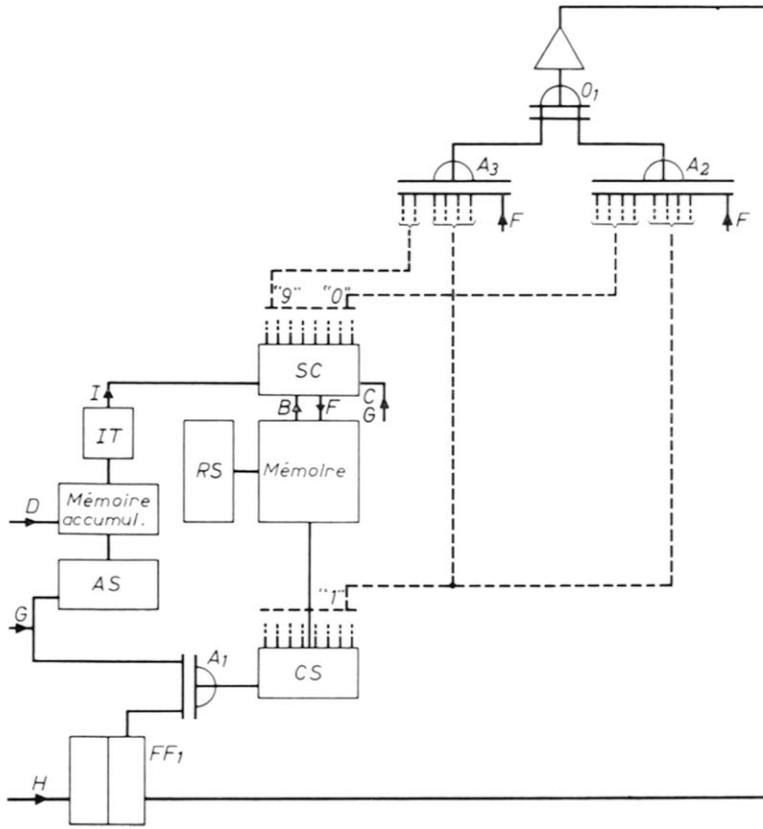


Fig. 67. — Extension du montage de la fig. 66, destinée à la détection des « 9 » non significatifs, grâce à l'adjonction de la porte « ET »  $A_3$ .

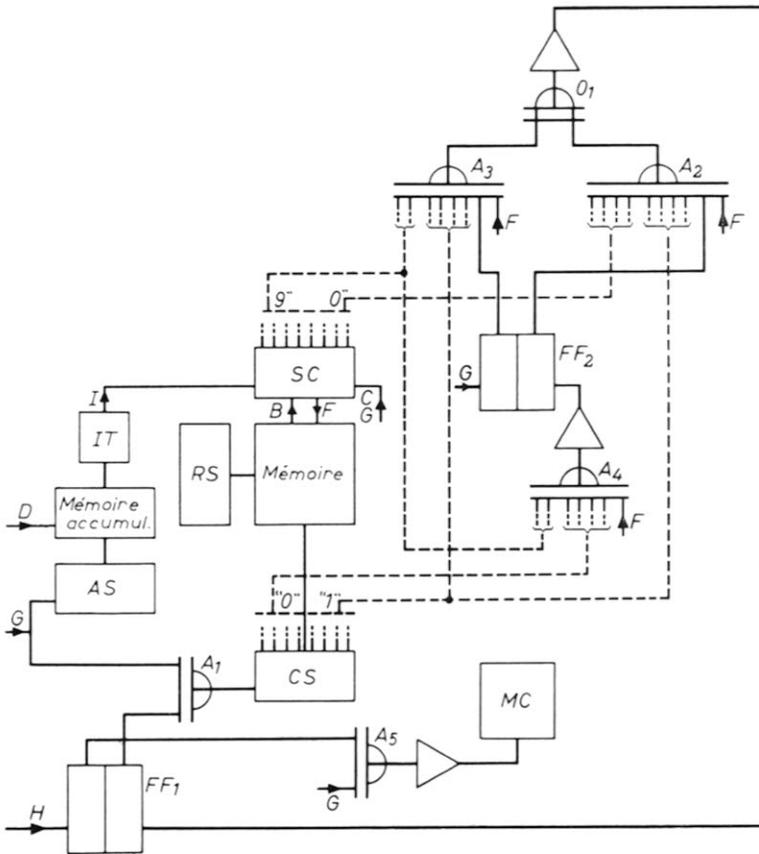


Fig. 68. — Version finale du détecteur de chiffre non significatif qui permet d'établir la discrimination entre les nombres positifs et négatifs.

utilisé comme il est, cependant, car la porte  $A_3$  rejeterait les 9 significatifs d'un nombre positif et  $A_2$  rejeterait les 0 significatifs d'un complément à 9.  $A_3$  doit donc rester fermée durant le transfert de nombres positifs et  $A_2$  durant le transfert de nombres négatifs.

Le flip-flop FF2 (fig. 68) est utilisé pour la discrimination des nombres positifs et négatifs. Le collecteur du transistor de gauche est relié à une entrée supplémentaire de  $A_3$  et, de même, le transistor de droite, à une entrée supplémentaire de  $A_2$ . Dans la situation de la figure, FF2 bloque  $A_3$  et libère  $A_2$ . Le montage est alors prêt pour traiter des nombres positifs. Lorsque des nombres négatifs doivent être transférés, il faut déclencher FF2 pour qu'il passe dans un autre état. L'impulsion déclenchant FF2 est transmise par la porte « ET »  $A_4$ . Cette porte est ouverte, seulement, lorsque CS est dans la position 0, (c'est-à-dire que le compteur de mémoire contient le chiffre déterminant le signe) et le compteur de mémoire

contient un 9 indiquant la présence d'un nombre négatif. C'est seulement dans de telles conditions qu'une impulsion F appliquée à  $A_4$  peut être transmise pour déclencher FF2. Ainsi,  $A_3$  est en action et  $A_2$ , au repos.

Pour déterminer l'exposant du nombre dont la mantisse a été insérée dans la mémoire, il est nécessaire de savoir combien de chiffres non-significatifs le nombre possédait initialement dans la mémoire accumulative. Pour cela, on utilise la propriété de FF1 qui peut être mis sur la position 1 autant de fois qu'il y a un chiffre non-significatif présent. Pour cela, le collecteur du transistor de gauche de FF1 est relié à la porte « ET »  $A_5$ , dont les impulsions de sortie sont appliquées au compteur de multiplication MC. Dès qu'un chiffre non-significatif se trouve dans le compteur de mémoire, une impulsion G est appliquée à  $A_5$  et se trouve transférée à MC; ce dernier compte le nombre total de chiffres non-significatifs.

## IX. — ENTRÉE ET SORTIE DES NOMBRES

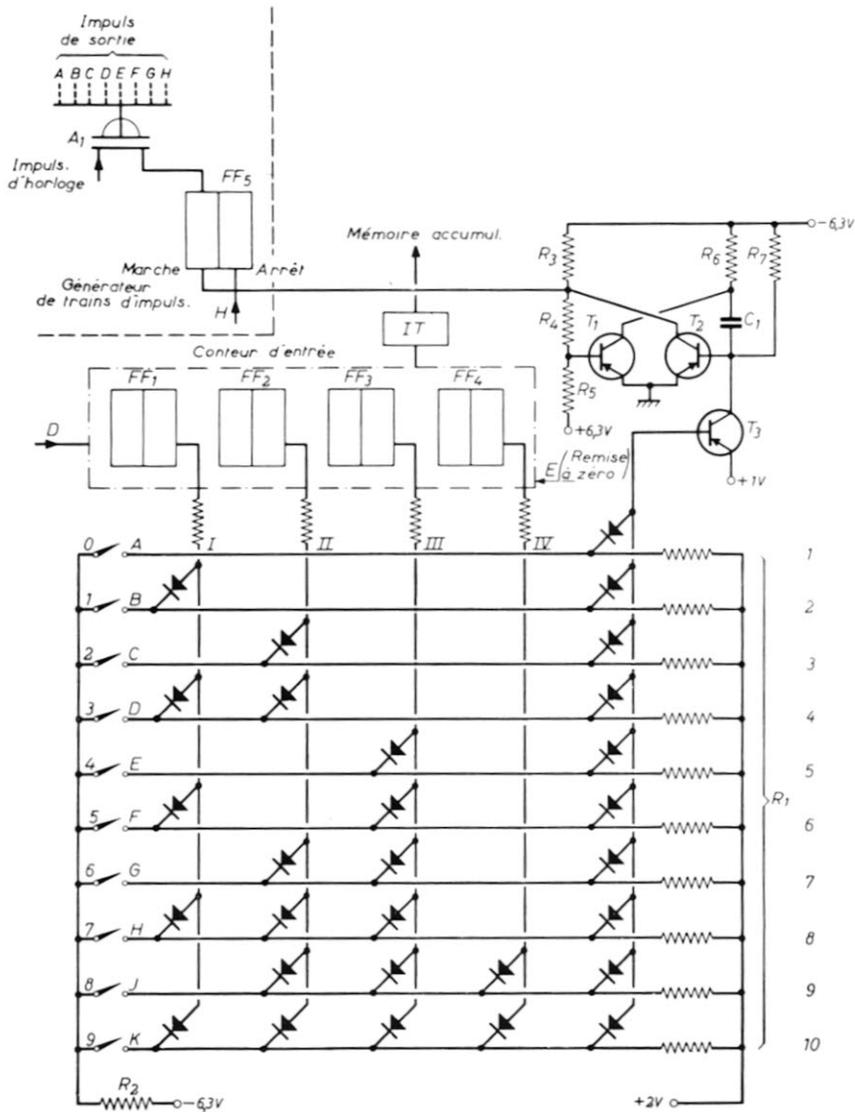


Fig. 69. — Schéma montrant l'introduction des nombres dans le groupe calculateur à l'aide d'une matrice de diodes.

### Description du montage

Le montage de la figure 69 est utilisé pour faire entrer des nombres dans le groupe calculateur.

Les contacteurs (0 ... 9) à gauche de la figure représentent des touches à l'aide desquelles les chiffres correspondants peuvent être appliqués au compteur d'entrée à travers une matrice à diodes, comme cela est décrit ci-dessous. Les lignes (A ... K) où se trouvent, respectivement, les contacteurs de 0 à 9 sont toutes reliées à une tension de + 2 V, par des résistances  $R_1$ , tandis que les autres bornes des contacteurs sont reliées à une tension de - 6,3 V par une résistance

commune  $R_2$ . Dès qu'un contacteur est fermé, une impulsion négative d'amplitude :

$$8,3 R_1 / (R_1 + R_2)$$

est engendrée sur la ligne correspondante. On l'applique, à travers les diodes de cette ligne, à un ou plusieurs flip-flops du compteur décimal d'entrée. Grâce à la disposition des diodes, lorsqu'un contacteur donné est fermé, le compteur d'entrée qui doit être initialement à 0 prend la position correspondant au nombre attaché au contacteur en question. Ainsi, lorsque le contacteur 6 est fermé, l'impulsion négative qui apparaît sur la ligne G fait basculer les flip-flops FF2

et FF3 sur l'état 1. Ainsi, le compteur est alors dans la position 6. Il faut que ces diodes soient dans le circuit, afin d'éviter la gêne mutuelle entre les lignes A à K. Lorsque le contacteur 6 est fermé, les impulsions produites sur les lignes II et III ne doivent pas être transmises, à travers les autres diodes reliées aux lignes II et III, aux autres lignes horizontales. Cela donnerait lieu à des impulsions parasites en FF1 et FF2 qui sembleraient venir des lignes horizontales autres que G. Les diodes reliées à une ligne verticale peuvent être considérées comme formant une porte « OU » (1).

Chaque impulsion qui apparaît sur l'une des lignes (A ... K) est aussi transmise à la ligne verticale V, qui est reliée à la base du transistor  $T_3$ . Le collecteur de  $T_3$  est couplé directement à la base du transistor  $T_2$  qui fait partie du multivibrateur monostable MMV.

Lorsque  $T_3$  est bloqué,  $T_1$  de MMV est aussi bloqué et  $T_2$  est à la saturation de courant. Le multivibrateur est alors dans sa position stable. Lorsque  $T_3$  passe à la saturation de courant, chaque fois qu'une tension négative apparaît sur l'une des lignes (A ... K), la base de  $T_2$  devient positive (+ 1 V, environ, tension d'émetteur de  $T_3$ ). Le multivibrateur MMV passe à sa position métastable où  $T_1$  conduit et  $T_2$  est bloqué. Cette situation dure aussi longtemps que l'une des touches (0 à 9) est enfoncée car  $T_3$  reste à la saturation de courant tant que la dernière touche n'est pas remontée. Lorsqu'on la rappelle,  $T_3$  est bloqué et MMV revient à son état stable, après un intervalle qui dépend de la constante de temps  $C_1 R_7$ . Un saut de tension positif apparaît alors au collecteur de  $T_3$ , en raison de ce changement d'état, et le saut déclenche la porte principale FF5 du générateur de trains d'impulsions, d'où la porte principale  $A_1$  s'ouvre (voir la fig. 39).

Le retard entre l'ouverture du contacteur et l'ouverture de  $A_1$ , dû à l'action de MMV, a pour objet d'éviter que le rebondissement des contacts du contacteur puisse gêner le fonctionnement de l'ensemble calculateur. Cela peut se produire lorsque le contacteur est ouvert, en raison des vibrations mécaniques des ressorts de contact et cela peut se répéter plusieurs fois, ce qui produit plusieurs impulsions parasites. Le retard dû à MMV doit donc dépasser la durée de ce phénomène. Ainsi FF5 n'est pas déclenché jusqu'au moment où le contacteur est ouvert bien nettement.

### Procédé pour l'entrée des impulsions

Afin de décrire la suite des événements qui accompagnent l'entrée d'un nombre dans le groupe calculateur, nous supposons que la porte principale du générateur de trains d'impulsions est initialement fermée et que le sélecteur de porte est dans la position 0. Ainsi, la première impulsion qui apparaît lorsque  $A_1$  est ouvert est une impulsion A. Nous supposons également que le « SÉLAC » est, initialement, à la position 0.

Lorsque une touche donnée est enfoncée, le chiffre correspondant est introduit dans le compteur d'entrée à travers la matrice de diodes, comme cela était décrit ci-dessus. En libérant la touche, FF5 est déclenché, après un bref intervalle, et  $A_1$  fonctionne. Le générateur de trains d'impulsions commence alors à délivrer son premier cycle d'impulsions.

La première impulsion B met le SÉLAC dans la position 1, la position 0 de la mémoire accumulatrice étant réservée pour le signe. Dix impulsions D sont alors appliquées au compteur d'entrée. Le contenu de ce compteur (ou son complément à 9) est transféré par l'unité de transport d'information (IT) au premier emplacement de la mémoire accumulatrice. Une impulsion G remet à zéro le compteur d'entrée et une impulsion H remet FF5 à sa position initiale, d'où  $A_1$  se ferme à nouveau. Le sélecteur de porte du générateur de trains d'impulsions est également revenu à la position 0.

(1) Voir le montage de rétroaction dans le compteur décimal décrit à la fig. 36.

Lorsque la touche suivante est enfoncée, le cycle d'événements décrit ci-dessus se répète, à cette différence près que l'impulsion B déplace alors le SÉLAC à la position 2, si bien que le second chiffre est transféré à la seconde place dans la mémoire accumulatrice. Les chiffres sont alors écrits dans la mémoire accumulatrice dans l'ordre d'enfoncement des touches.

Le nombre est alors transporté de la mémoire accumulatrice à un emplacement choisi dans la mémoire et le nombre suivant peut être écrit dans la mémoire accumulatrice, toujours de la même façon.

## II — SORTIE DES NOMBRES

### Description du montage

Une machine à écrire spéciale est utilisée pour enregistrer les résultats des calculs effectués. Chaque touche utilisée à cette fin (chiffres de 0 à 9, virgule décimale, retour du chariot, moins, espacement et tabulateur) est liée à une armature qui peut être sollicitée vers le bas par un électro-aimant. Lorsque l'un de ces électro-aimants entre en jeu, la machine frappe le symbole correspondant sur le papier, ou suit l'opération spécifiée. Le chariot avance automatiquement d'une place lorsqu'une touche est frappée et un certain nombre de chiffres, choisis un par un, s'écrivent ainsi, de gauche à droite, comme pour l'écriture normale d'un nombre.

Le schéma par blocs de la figure 70 montre le dispositif de sortie. Les nombres ainsi que les autres symboles et les instructions sont appliqués à la machine à écrire à travers le compteur de sortie. Ce compteur est une cascade de quatre flip-flops (FF1 ... FF4). Les tensions de collecteur des transistors de gauche commandant quatre portes « ET » ( $A_1$  ...  $A_4$ ). Ainsi, dans la position 0 (0000) toutes les portes sont fermées, tandis que, par exemple, dans la position 7 (binaire 0111), les portes  $A_1$ ,  $A_2$  et  $A_3$  sont ouvertes et  $A_4$  est fermée.

Les impulsions sont appliquées à ces portes par le multivibrateur monostable MMV<sub>1</sub>. Une impulsion admise à franchir une porte actionne le relais commandé par cette porte (Rel 1 ... Rel 4). Les contacts de ces relais ( $S_1$  ...  $S_4$ ) sélectionnent, chaque fois, un des électro-aimants sous les quinze touches de machines à écrire utilisées.

Afin d'éviter qu'à la mise en jeu des relais des connexions temporaires indésirables puissent se produire, on introduit un retard dans le circuit. Il n'est pas fermé entre la borne de sortie requise et la terre jusqu'au moment où les relais (Rel 1 ... Rel 4) sont dans l'état approprié. On obtient ce résultat grâce au contact de relais  $S_5$  du Rel. 5. Il est déclenché par la même impulsion que celle qui agit sur Rel 1 ... Rel 4 mais son action est retardée par rapport à ces relais.

Le temps exigé par le fonctionnement de la touche de machine à écrire est plus long que la durée d'une impulsion d'horloge donc cette dernière ne convient pas pour actionner les relais. Des impulsions de la durée voulue (25 ms environ) sont fournies par le multivibrateur monostable MMV<sub>1</sub>, qui est déclenché par des impulsions F.

### Procédés pour la sortie des nombres

Les nombres entrant dans le compteur sont d'abord stockés dans une mémoire et, de même, les nombres sortant du compteur viennent de la mémoire. Le nombre sélectionné est lu dans la mémoire, chiffre par chiffre, et ainsi stocké dans le compteur de mémoire d'où il est transporté par 10 impulsions D dans le compteur de sortie, à travers l'unité de transport d'information. Les positions 0 à 9 du compteur de sortie correspondent aux touches de la machine à écrire portant ces chiffres. Elles sont actionnées par la fermeture du circuit d'électro-aimant correspondant à l'aide des contacts de relais ( $S_1$  ...  $S_4$ ). Ainsi, par exemple, lorsque le compteur de sortie est sur la position 0110 (6), les portes

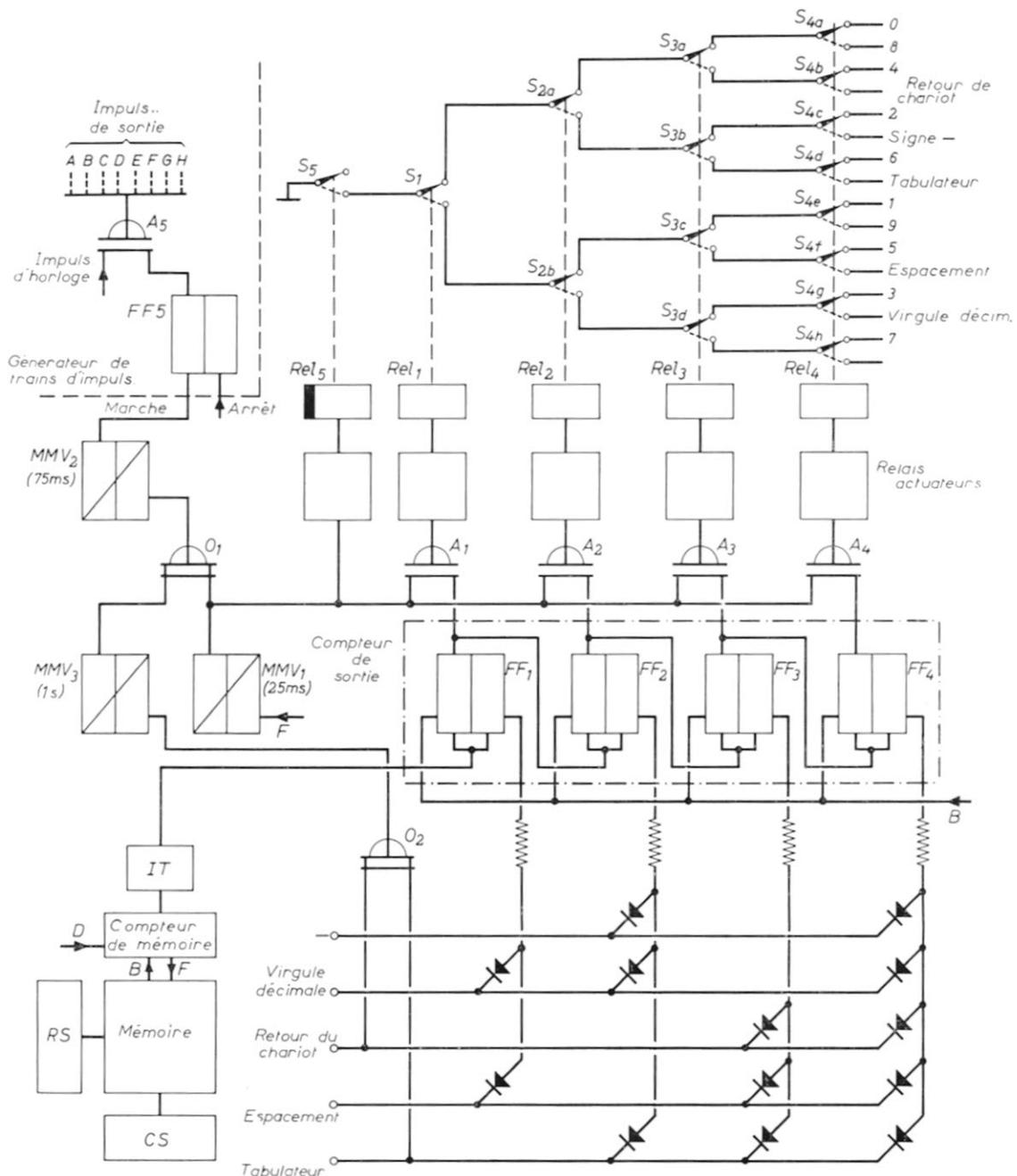


Fig. 70. — Schéma indiquant les unités servant au fonctionnement des touches de la machine à écrire, en combinaison avec le système de relais S (translateur de sortie).

$A_2$  et  $A_3$  sont ouvertes et  $A_1$  et  $A_4$  sont fermées. Une impulsion appliquée aux portes actionne les relais Rel 2 et Rel 3, d'où  $S_2$  et  $S_3$  se déplacent vers leur seconde position (celle qui n'est pas indiquée sur le dessin). La borne de sortie marquée 6 est alors reliée à la terre à travers  $S_1$ ,  $S_{2a}$ ,  $S_{3b}$  et  $S_{4d}$ .

Comme pour l'entrée des nombres, on utilise un cycle complet du générateur de trains d'impulsions pour le transport de chaque chiffre. La porte centrale de ce générateur est donc fermée par une impulsion H, mais le cycle suivant ne doit pas recommencer avant que la machine à écrire ait fini d'enregistrer l'instruction précédente. Afin de combler l'intervalle de temps dû à l'inertie de la touche de la machine à écrire, la porte centrale est ouverte par la queue d'impulsion du multivibrateur monostable  $MMV_2$ . Ce multivibrateur

est également déclenché par la queue d'impulsion provenant de  $MMV_1$ . On étudie  $MMV_2$  pour qu'il reste dans son état métastable un peu plus longtemps que la durée exigée pour que la touche de machine à écrire soit revenue à sa position de repos.

Le compteur de sortie ne peut être remis à zéro avant que l'impulsion de  $MMV_1$  ait cessé, car cela fermerait les portes « ET » trop tôt. La remise à zéro est donc provoquée par une impulsion B, au commencement d'un nouveau cycle. Dès que la porte centrale est ouverte à nouveau, le nouveau nombre, qui a déjà été transporté de la mémoire dans le compteur de mémoire par les impulsions D et E précédentes, est écrit par la machine, comme on l'a décrit plus haut, à l'arrivée de l'impulsion F.

### Procédés pour la sortie des signes et des instructions

Les positions 10 à 14 du compteur de sortie correspondent aux touches pour le signe « moins », la virgule décimale et les trois opérations : retour de chariot, espacement et tabulateur. En contraste avec les chiffres de 0 à 9, ces signes et ces opérations sont écrits dans le compteur de sortie à travers une matrice à diodes (voir le bas de la fig. 70). Une impulsion négative, sur l'une des cinq connexions d'entrée, place le compteur de sortie dans la position appropriée; les portes « ET » correspondantes s'ouvrent et une impulsion de  $MMV_1$  déclenche les relais, de sorte que l'instruction en question est transmise à la machine à écrire.

Les opérations « retour de chariot » et « tabulateur » prennent plus de temps pour s'accomplir que ne l'autorise le retard fourni par  $MMV_2$ . Un troisième multivibrateur monostable  $MMV_3$  est donc adjoint au montage. Il maintient

$MMV_2$  dans l'état métastable pendant une seconde environ. On déclenche  $MMV_3$  par la même impulsion, appliquée aux connexions d'entrée « retour de chariot » et « tabulateur ».

### Les relais actuateurs

Les relais indiqués dans la figure 70 ont une résistance de  $200 \Omega$  et un courant de  $225 \text{ mA}$  est nécessaire pour les actionner. Ce courant est fourni par un transistor OC 77 dont le circuit de collecteur contient la bobine du relais. La tension d'alimentation  $V_{cc}$  de ce circuit est de  $-45 \text{ V}$  (voir la fig. 71). La commande de la base est assurée par un transistor OC 47, à émetteur chargé, qui reçoit les impulsions des portes « ET » ( $A_1 \dots A_4$ ) de la figure 70. On choisit les valeurs des résistances afin que  $T_2$  soit à la saturation de courant lorsqu'une impulsion franchit la porte « ET » et soit bloqué lorsqu'aucune impulsion n'est transmise.

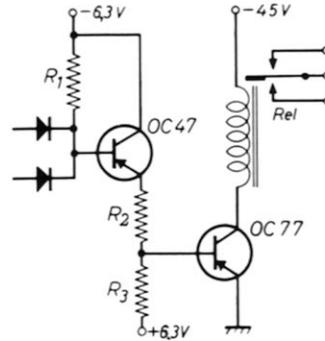


Fig. 71. — Montage des relais actuateurs de la fig. 70 et de la porte qui précède l'étage de relais.

- $R_1 = 12 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 330 \Omega$
- $R_3 = 1,5 \text{ k}\Omega$
- Rel =  $200 \Omega$ ,  $225 \text{ mA}$



Tissage d'une matrice de mémoire à noyaux magnétiques (L'opératrice procède à l'insertion du fil de lecture)

## X. — COMMANDE

Dans les chapitres précédents, nous avons supposé, pour simplifier l'exposé, que les diverses unités décrites étaient couplées plus ou moins directement, l'une avec les autres. On admettait aussi que le générateur fournissait directement les trains d'impulsions aux unités en question. Cela n'est pas possible dans la pratique car on peut voir, par exemple, que les impulsions D sont appliquées à un compteur pendant qu'il est lu et, d'autre part, lorsqu'un nombre est écrit dans le même compteur, les impulsions viennent de l'unité de transport d'information.

Lorsqu'il faut relier deux unités du groupe calculateur, le couplage s'opère à travers un système de porte qui établit les connexions entre unités pour chaque opération élémentaire (micro-opération). On a reconnu la nécessité de disposer de 63 combinaisons de couplage différentes, d'où six flip-flops sont exigés pour choisir la route appropriée dans chaque cas particulier ( $2^6 = 64$ ). Le système de porte et les flip-flops qui le commandent font partie de l'**unité de commande** qui contient aussi une matrice à noyaux magnétiques, où l'on peut stocker les sous-programmes disponibles.

Quelques-unes des micro-opérations que l'on peut entreprendre sur le groupe calculateur sont :

- a) reporter un nombre d'un compteur dans un autre,
- b) déplacer de  $n$  places un nombre dans la mémoire accumulatrice,
- c) déterminer l'exposant d'un nombre,
- d) transporter le contenu d'un emplacement de mémoire donné dans la mémoire accumulatrice,
- e) introduire un nombre dans la mémoire.

### Macro-opérations

Chaque macro-opération correspond à une position des six flip-flops qui constituent la mémoire des instructions. Des opérations d'apparence simple comme l'addition, la soustraction, la multiplication, etc. sont effectuées grâce à une suite bien ordonnée de micro-opérations.

La suite des instructions pour une telle opération complexe est appelée un sous-programme et l'on peut enregistrer dans la matrice les douze sous-programmes suivants :

0 — arrêt	6 — saut conditionnel
1 — additionner	7 — tabulation (1)
2 — soustraire	8 — retour du chariot (1)
3 — multiplier	9 — écriture (1)
4 — diviser	10 — entrée des instructions
5 — transporter	11 — entrée des nombres

Si la matrice à noyaux magnétiques est rendue interchangeable, toute sous-routine (2) désirée peut être insérée dans l'unité de commande, ce qui augmente considérablement la souplesse d'emploi du groupe calculateur.

### Matrice de sous-programme

La construction d'une matrice à noyaux magnétiques est indiquée à la figure 72. La disposition des noyaux est iden-

(1) Ces opérations se réfèrent à la machine à écrire.

(2) Une sous-routine est un sous-programme dont l'intervention est moins fréquemment prévue.

tique à celle de la mémoire matricielle, mais une seule matrice est nécessaire pour cela, au lieu d'un groupe de quatre.

Les noyaux sont placés aux intersections des 36 fils horizontaux et des 6 fils verticaux (1 à 36 et I à VI, respectivement). Les fils verticaux sont reliés, à travers les amplificateurs de lecture, aux six flip-flops de la mémoire des instructions. Les noyaux sont lus en faisant circuler des impulsions de courant sur les fils horizontaux. Cela est différent de ce qui existe dans la mémoire matricielle; car on n'a plus besoin, dans le cas présent, d'impulsions coincidentes. Chaque impulsion suffit pour faire varier l'état d'un noyau.

Les fils de 1 à 36 sont choisis par le sélecteur d'opération OS qui est formé d'un sélecteur de groupe à six positions possibles (OS1) et d'un sélecteur individuel à huit positions (OS2).

Ce sélecteur peut donc traiter 48 choix différents. Les six premières positions de OS, toutefois, correspondent à la position 0 de OS2, combinée avec les six positions de OS1. Ces six premières positions sont réservées à l'établissement du programme automatique du cycle des instructions (voir page 21), 36 des positions restantes de OS sont utilisées pour choisir l'un des fils horizontaux de la fig. 72.

Douze fils supplémentaires sont aussi tendus à travers la matrice, selon des diagrammes définis. Ces fils déterminent, la structure de douze sous-programmes. Ils sont choisis par le sélecteur d'instructions IS qui comporte quatre flip-flops, disposés en compteur binaire.

Une partie du fil de lecture pour le sous-programme « addition » est représenté à la figure 72. Ce fil passe à travers les noyaux IV et VI du premier rang horizontal, I et V du second rang et différents noyaux des rangs suivants. Il traverse chaque noyau choisi, du bas à droite vers le haut à gauche. Lorsqu'une impulsion de courant totale circule dans le fil d'« addition », tous les noyaux dans lesquels il passe changent d'état de 0 à 1.

Lorsque la matrice est lue, une impulsion de courant totale est d'abord transmise sur le fil horizontal n° 1, d'où les noyaux IV et VI de ce rang reviennent à l'état 0. L'impulsion de lecture ainsi produite dans les fils verticaux IV et VI est amplifiée, puis elle est transmise aux flip-flops FF4 et FF6. Ces deux flip-flops basculent vers la position 1, et les autres restent sans changement. Les niveaux du système de porte commandés par ces flip-flops sont alors tels que la première micro-opération comprise dans l'addition est entreprise.

Lorsque cette opération est terminée, les flip-flops sont remis à zéro et OS est avancé d'une place par l'impulsion finale produite au bout de chaque micro-opération. Une impulsion de courant circule alors sur le fil horizontal n° 2. Elle permet de lire les noyaux I et V de ce rang. Les flip-flops FF1 et FF5 basculent vers la position 1 et la micro-opération suivante de la série est terminée. Ce procédé est répété jusqu'au moment où toutes les micro-opérations nécessaires ont été effectuées. La dernière micro-opération (n° 28 dans le cas de l'addition) fournit à OS une impulsion de remise à zéro, et IS occupe la position requise pour le sous-programme suivant, déterminé par la mémoire des instructions.

Le nombre de fils horizontaux (36) est déterminé par le nombre maximal de micro-opérations exigibles pour un sous-programme (le sous-programme de « division »).

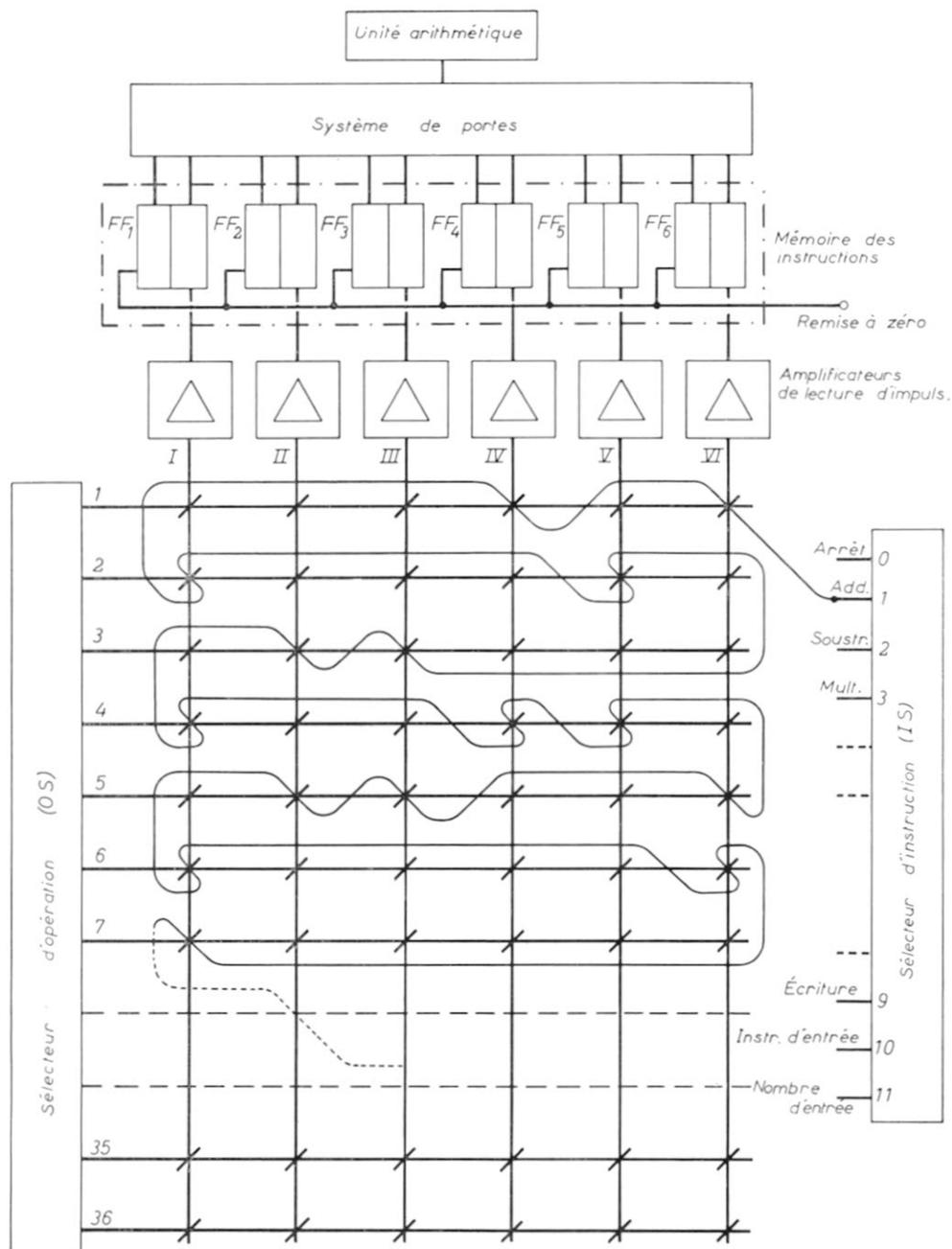


Fig. 72 — Schéma de la matrice de sous-programme et des circuits qui s'y trouvent reliés.

Les noyaux employés dans ce cas sont plus grands que ceux qui fonctionnent dans la mémoire, car un plus grand nombre de fils doit être tissé à travers les noyaux individuels (un fil par sous-programme faisant intervenir le noyau en question, avec un nombre maximal de 12).

La construction de OS et de IS est semblable à celle du sélecteur de mémoire mais elle est encore plus simple car le courant circule sur chaque fil dans une seule direction. De plus, il n'y a pas de limite supérieure fixée pour l'amplitude de l'impulsion de courant, étant donné que l'on ne fait pas intervenir, dans ce cas, le principe de coïncidence. La seule restriction à poser pour l'amplitude d'impulsion est qu'elle doit être toujours amplement suffisante pour faire varier l'état du noyau.

### Le détecteur conditionnel

Il se présente assez souvent que le groupe calculateur ait à « choisir » entre deux micro-opérations, l'une des alternatives étant retenue si le résultat de l'opération précédente remplit une certaine condition et l'autre étant adoptée si la condition n'est pas remplie. Pour vérifier la réalisation de la condition, on emploie l'une des 63 micro-opérations du groupe calculateur.

Ainsi, par exemple, lorsqu'un nombre **A** est le résultat d'une opération précédente (**p**) à multiplier par un nombre donné **B**, il peut se produire que le signe de **A** soit inconnu. Comme la multiplication utilise la mantisse de nombres positifs, si **A** est négatif, le complément à 9 du contenu corres-



## XI. — PARTIES PRINCIPALES DU GROUPE CALCULATEUR

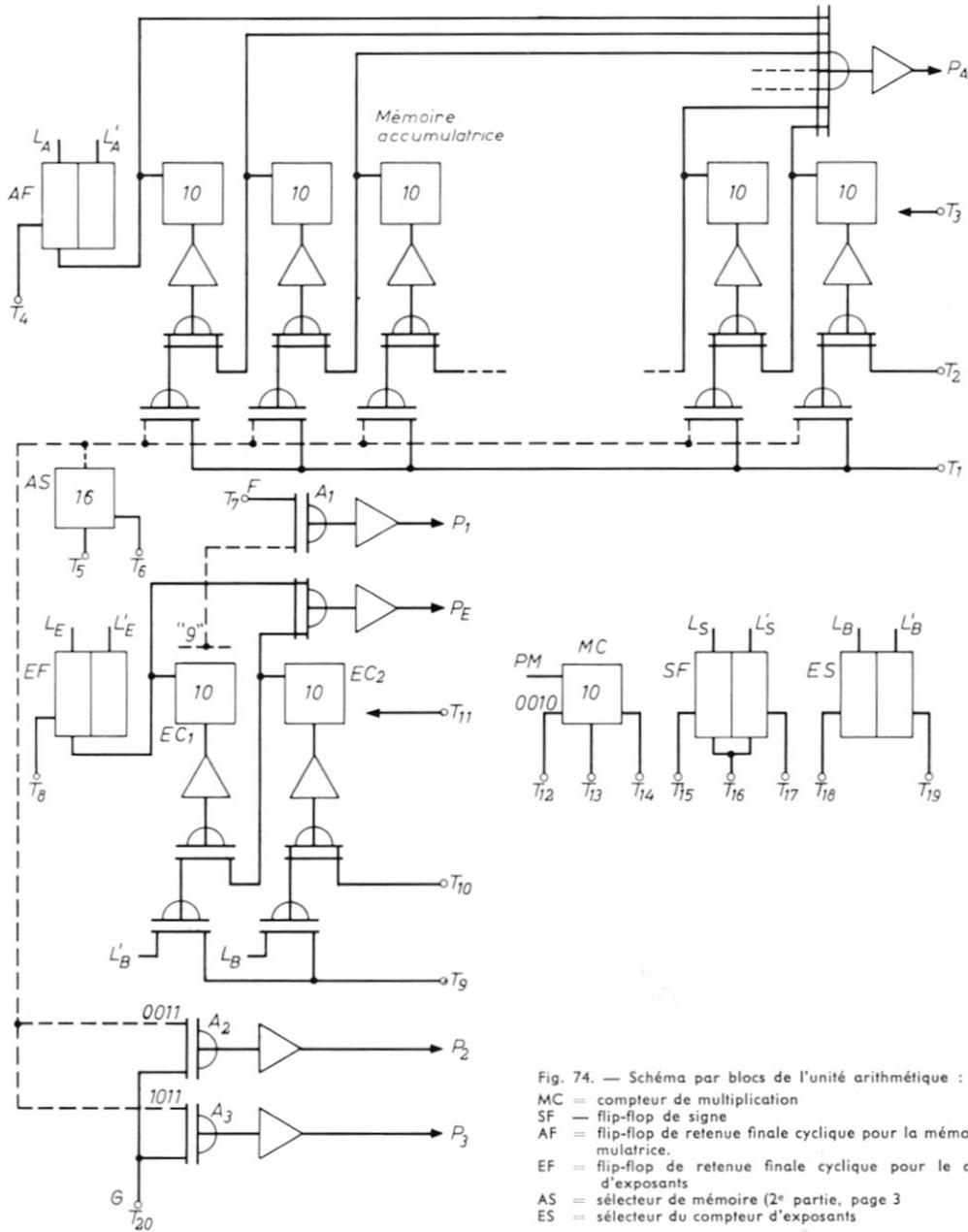
Dans ce chapitre, nous donnons les schémas par blocs du groupe calculateur complet avec de brèves descriptions de ses différentes parties. Les impulsions d'entrée sont indiquées par T, les impulsions de sortie par P et les niveaux du signal par L. Les bornes marquées des mêmes nombres sont reliées ensemble.

Si une partie a été décrite précédemment, le numéro de la page où se trouve la description est indiqué.

### 1 — Unité arithmétique (fig. 74)

Mémoire accumlatrice (2<sup>e</sup> partie, page 3) : comprend 11 compteurs décimaux avec les portes « ET » et « OU » correspondantes.

Compteur des exposants (2<sup>e</sup> partie, page 5) : contient 2 compteurs décimaux avec les portes « ET » et « OU » correspondantes.



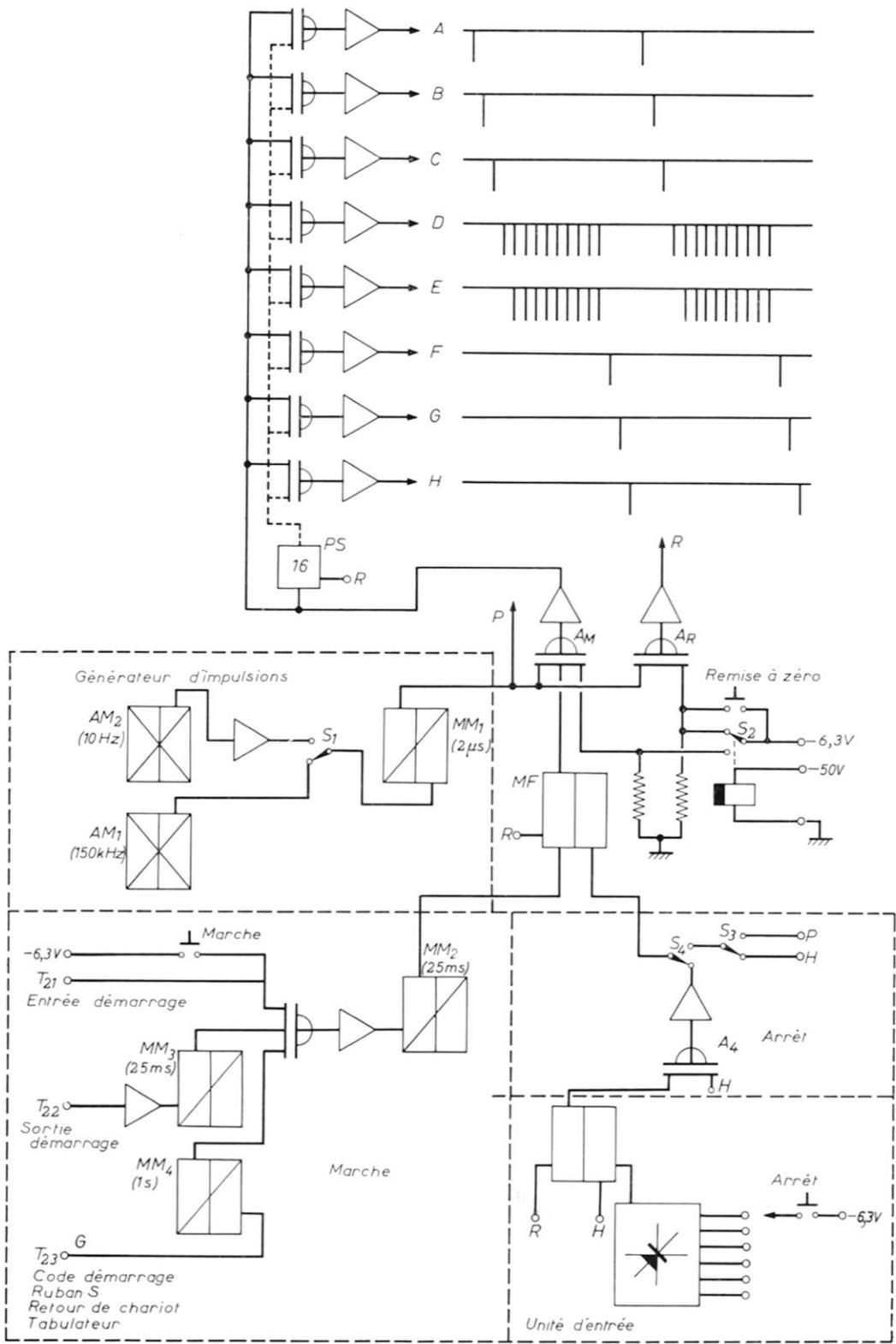
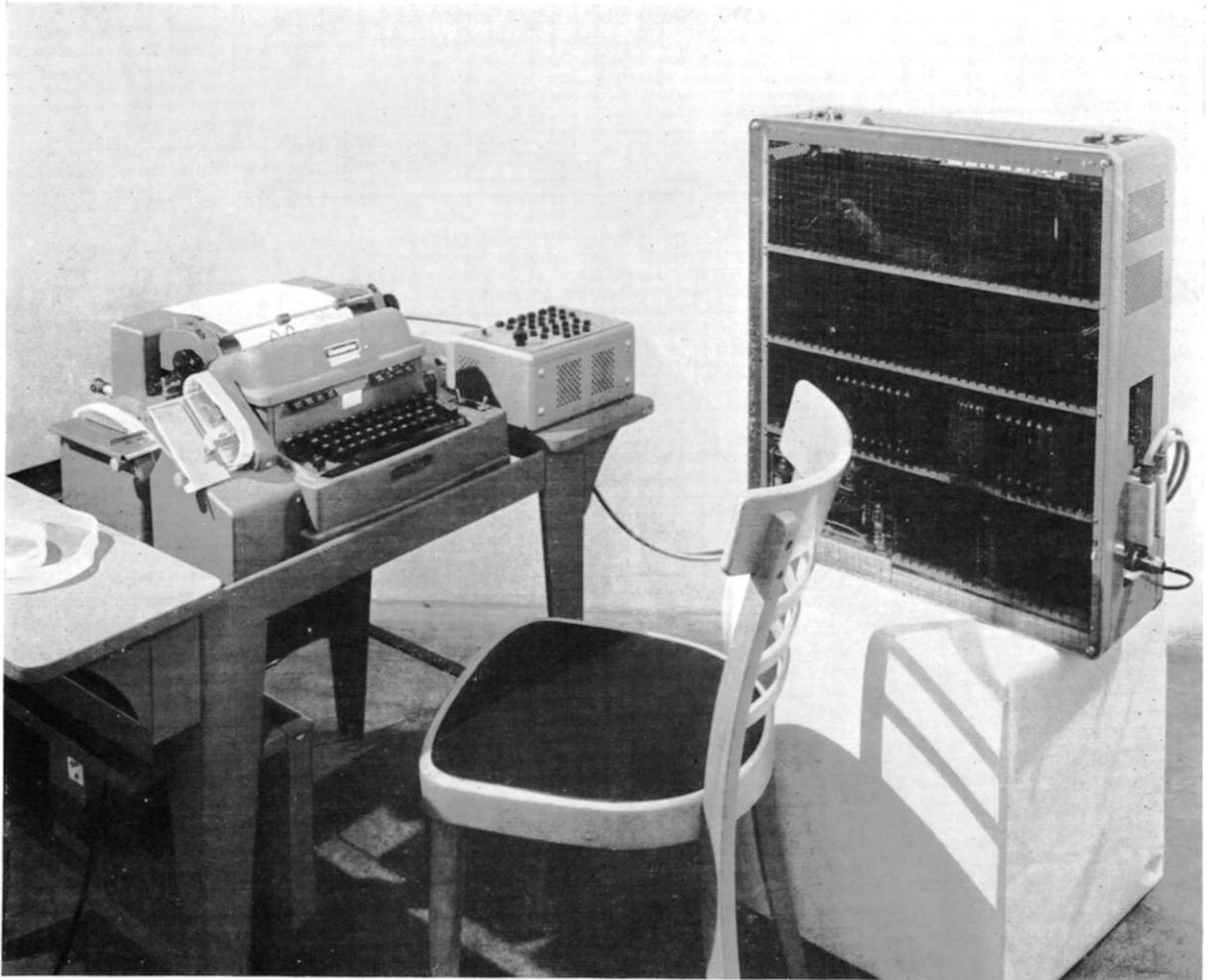


Fig. 75. — Schéma par blocs du générateur de trains d'impulsions (voir le début du chapitre IV)

**2 — Générateur de trains d'impulsions** (fig. 75, et lire la description au chapitre IV)

- $AM_1$  = générateur d'impulsions pour l'utilisation normale
- $AM_2$  = oscillateur d'essai
- $MM_1$  = conformateur d'impulsions
- $A_M$  = porte centrale; l'un de ses niveaux est déterminé par le flip-flop de porte centrale MF
- MF = flip-flop de porte centrale
- $A_R$  = porte qui laisse passer toutes les impulsions d'horloge lorsqu'elle est ouverte (pour les remises à zéro).  $A_R$  est ouverte lorsque la touche de remise à zéro est enfoncée ou lorsque le contact  $S_3$  est dans la position représentée sur le dessin

- $S_2$  = commutateur du relais de retard. Lorsque le groupe calculateur est mis en marche,  $S_2$  reste dans la position indiquée pendant un certain temps. Ainsi, les impulsions de remise à zéro sont appliquées à toutes les bornes reliées à R. Le commutateur  $S_3$  est déplacé alors sur l'autre position, d'où  $A_R$  n'est plus dans le circuit et  $A_M$  s'y trouve
- PS = sélecteur d'impulsions avec les portes qui l'accompagnent. Il distribue les impulsions d'horloge (A... H) sur les sorties appropriées
- MM2 = déclenchement de MF avec un temps de retard de 25 ms
- MM3 = dispositif assurant un retard supplémentaire, tenant compte de l'inertie des touches (leviers d'électroaimant) de la machine à écrire
- MM4 = dispositif de retard correspondant à la durée (1 s, environ) exigée pour les opérations de « retour de chariot » et de « tabulation »



Le groupe calculateur comprenant : la machine à écrire électrique (à gauche), l'unité d'établissement du programme (au centre) et le groupe calculateur proprement dit (à droite). On peut établir le programme automatiquement à l'aide du mécanisme à ruban de papier de la machine à écrire

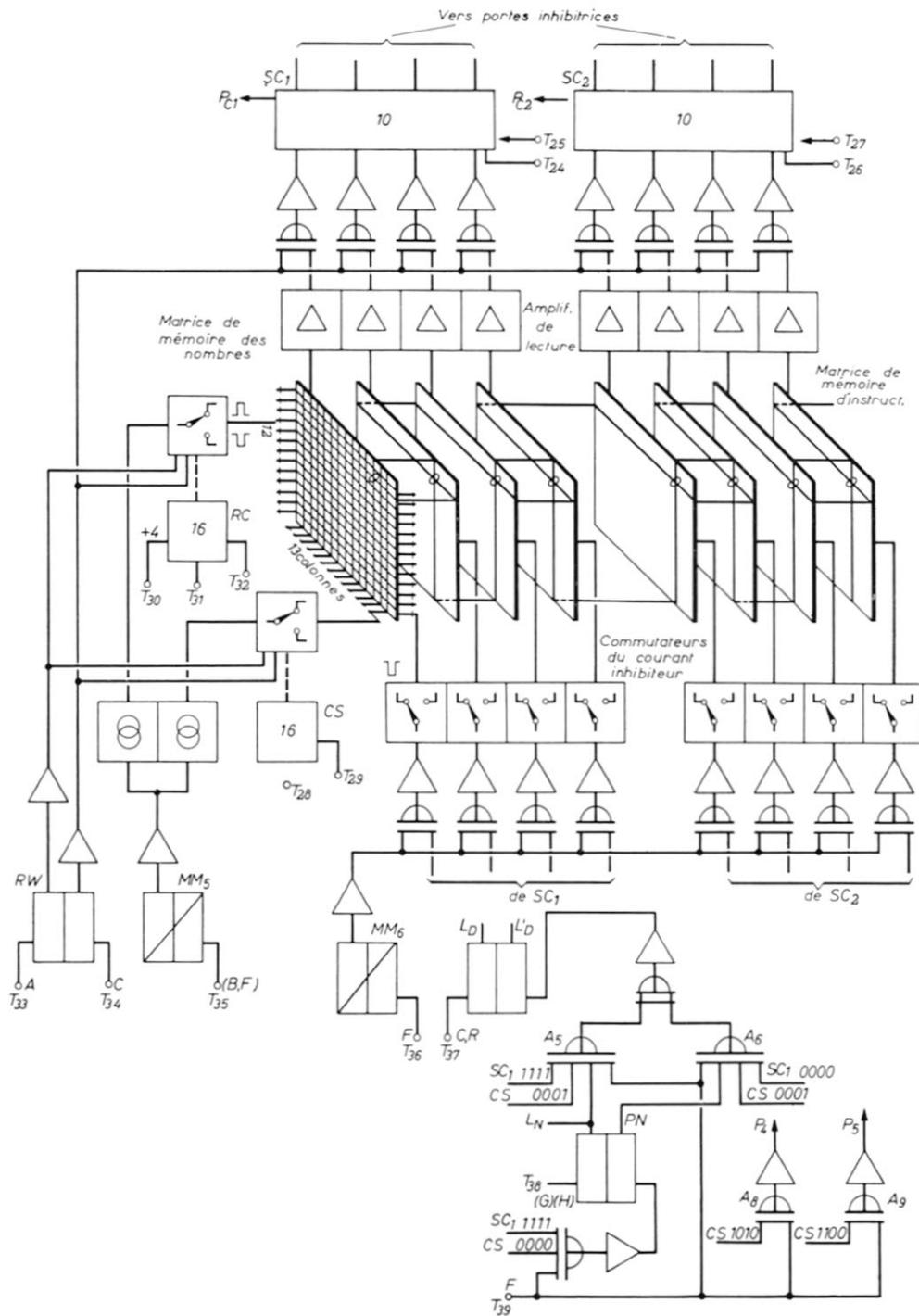


Fig. 76. — Schéma par blocs de la mémoire.

**3 — Mémoire** (fig. 76, voir le Chapitre VII)

- SC<sub>1</sub> = compteur de mémoire pour la mémoire des nombres
- SC<sub>2</sub> = compteur de mémoire pour la mémoire des instructions
- RS = sélecteur de rang pour le choix des fils de mémoire horizontaux, formé d'un sélecteur de groupe et d'un sélecteur individuel
- CS = sélecteur de colonne pour le choix des fils de mémoire verticaux, formé d'un sélecteur de groupe et d'un sélecteur individuel

RW = flip-flop lecture-écriture (voir aussi la fig. 59)

MM5 et MM6 = conformateurs d'impulsions pour mettre en action les sources de courant : courant lecture-écriture et courant inhibiteur, respectivement

PN avec les portes qui l'accompagnent : détecteur de chiffre non-significatif (voir le Chapitre VIII)

SD = détecteur de signe

T<sub>30</sub> = borne d'entrée du troisième flip-flop de CS, utilisé en liaison avec la sélection des instructions (voir à la fin du Chapitre VII)

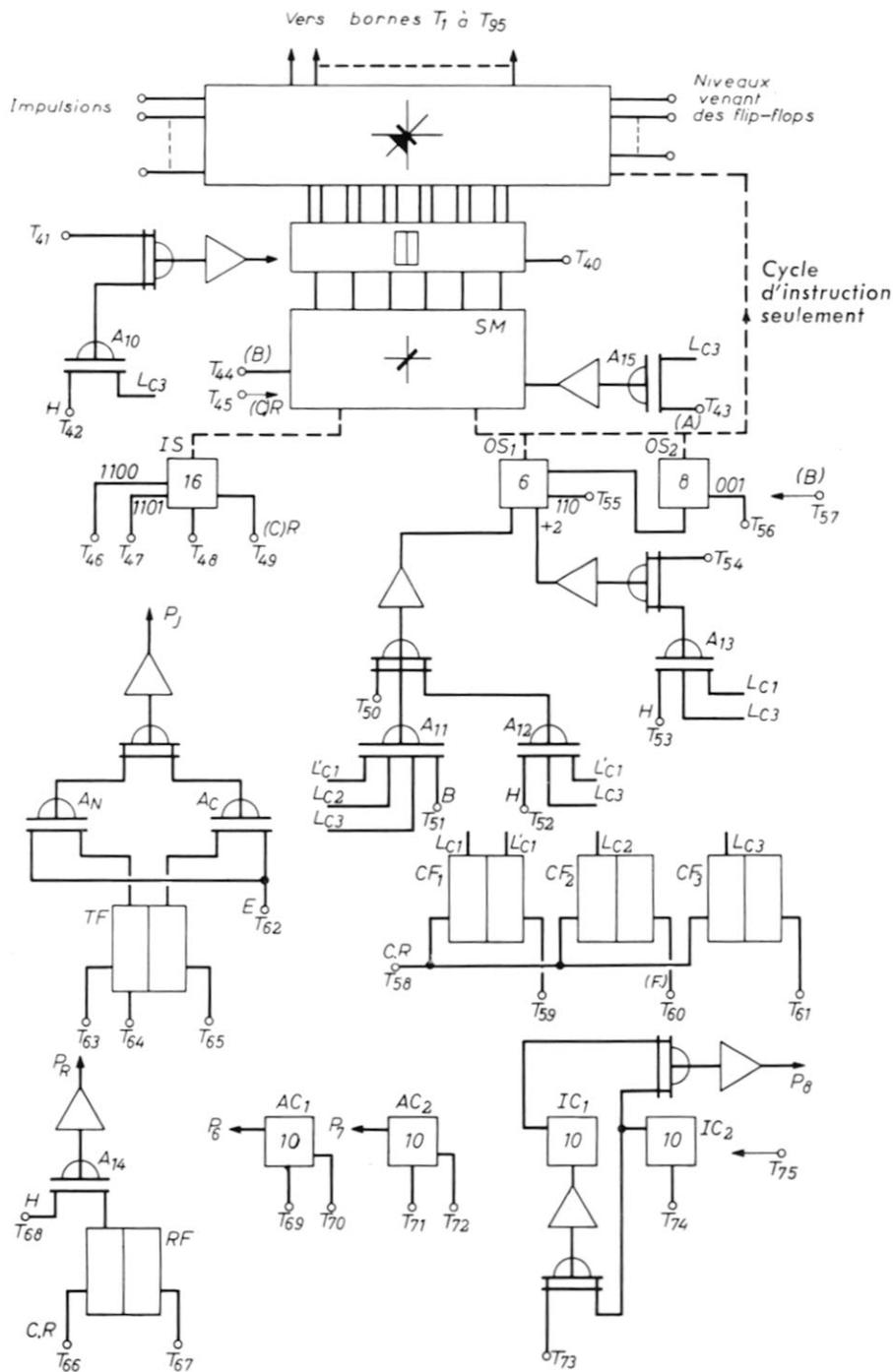


Fig. 77. — Schéma par blocs de l'unité de commande.

4 — Unité de commande (fig. 77, voir le début du Chapitre X)

DG = système de porte utilisé avec le micro-programme

IR = mémoire (registre) des instructions, formée de six flip-flops

SM = matrice pour sous-programme

IS = sélecteur d'instructions. Il choisit la macro-opération à effectuer (qui correspond au premier chiffre de l'instruction complète)

T46 et T47 = bornes d'entrée pour les micro-opérations prédéterminées des sous-programmes faisant l'objet d'un programme interne

OS<sub>1</sub> et OS<sub>2</sub> = sélecteurs de groupe et individuel, respectivement. Ils constituent ensemble le sélecteur d'opération

CF<sub>1</sub> ... CF<sub>3</sub> = détecteur conditionnel, combiné avec A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub> et A<sub>13</sub> (voir le début du Chapitre X)

AC<sub>1</sub> et AC<sub>2</sub> = compteurs d'adresses qui déterminent l'emplacement d'un nombre dans la mémoire de la première et de la seconde adresse de l'instruction

(deuxième et troisième chiffres de l'instruction complète)

IC<sub>1</sub> et IC<sub>2</sub> = compteur des instructions. Il compte les nombres ordinaux attribués aux instructions complètes contenues dans le programme

RF = flip-flop de remise à zéro

IT = unité de transport d'information (voir le début du Chapitre V)

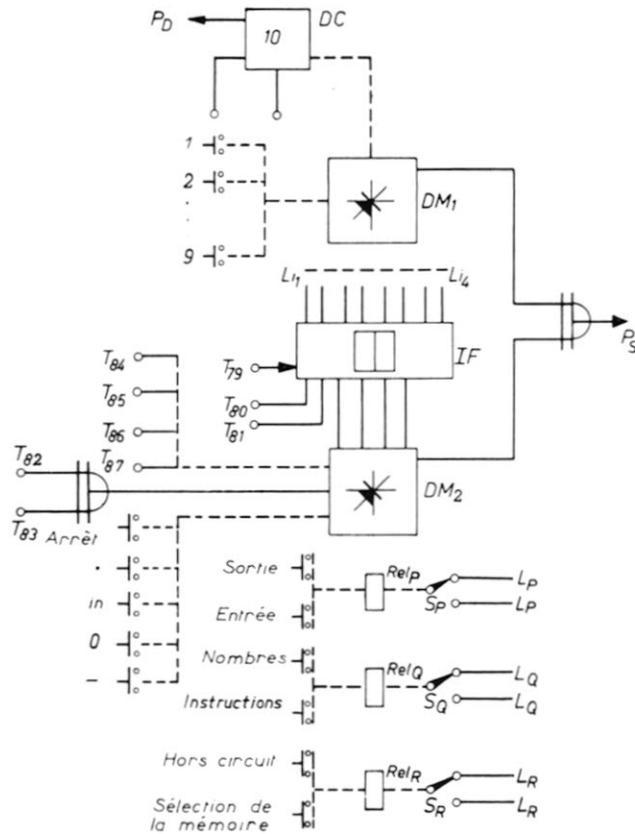


Fig. 78. — Schéma de l'unité d'entrée.

### 5 — Unité d'entrée (fig. 78)

DM<sub>1</sub> = matrice à diodes pour l'entrée des nombres (voir le début du Chapitre IX)

DM<sub>2</sub> = matrice à diodes pour l'entrée des instructions : arrêt, virgule décimale, entrée, 0 et moins

IF = flip-flops pour les instructions. Leurs rôles sont semblables à ceux de la mémoire des instructions (IR de la fig. 77)

DC = compteur d'entrée (voir le début du Chapitre IX)

S<sub>P</sub>, S<sub>Q</sub> et S<sub>R</sub> = commutateurs relais, permettant de choisir entre :

P = sortie et entrée

Q = entrée des nombres et des instructions

R = choix d'un emplacement donné dans la mémoire et suppression de ce choix, en enfonçant la touche appropriée

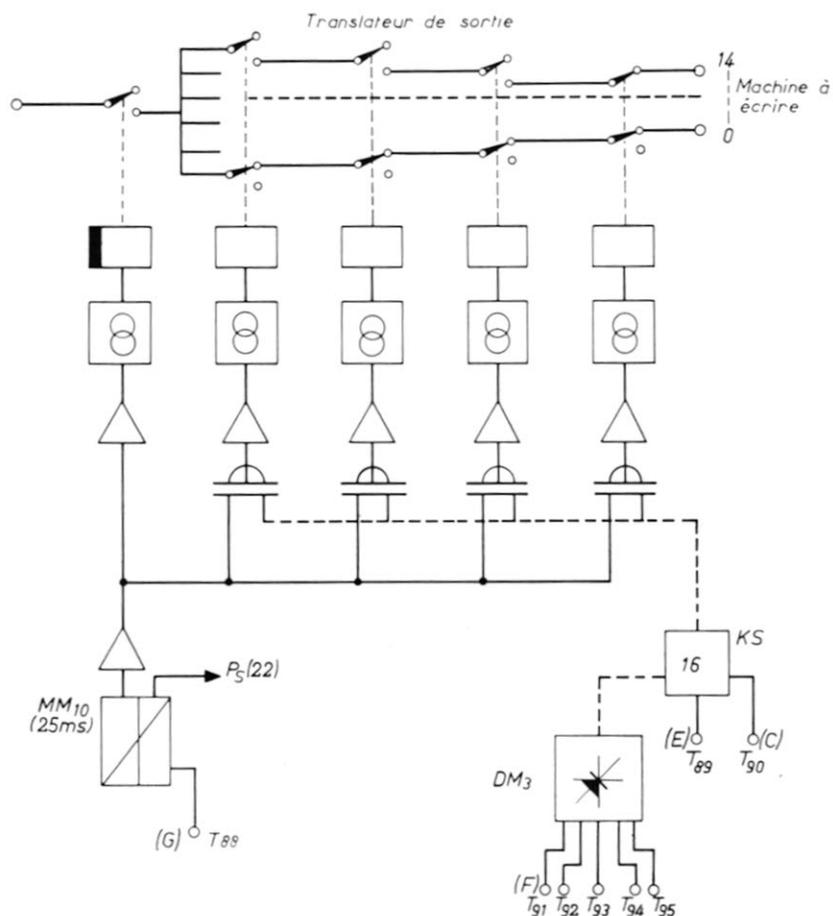


Fig. 79. — Schéma de l'unité de sortie.

**6 — Unité de sortie** (fig. 79, Ch. IX, partie II)

KS = compteur de sortie

T<sub>89</sub> = borne d'entrée pour la sortie des nombres

T<sub>90</sub> = borne de remise à zéro pour le compteur de sortie

D<sub>M3</sub> = matrice à diodes

(T<sub>91</sub> ... T<sub>95</sub>) = bornes d'entrée pour la sortie des signes et des instructions pour la machine à écrire

MM<sub>10</sub> = multivibrateur monostable pour la mise en jeu des relais

## XII. — RÉPERTOIRE DE MICRO-OPÉRATIONS

### Micro-opérations disponibles

Le tableau suivant forme un répertoire de 63 micro-opérations que le groupe calculateur permet d'entreprendre. Dans les colonnes de ce tableau, on trouve les données suivantes :

Colonne I = le nombre de série (ordinal) de la micro-opération

Colonne II = les positions des six flip-flops de la mémoire des instructions

Colonne III — l'opération ou les opérations à effectuer

Colonne IV — l'impulsion finale caractéristique de la micro-opération

Les symboles utilisés dans la troisième colonne sont expliqués ci-dessous :

Se = déclencher ... (flip-flop) de 0 à 1

Re = déclencher ... (flip-flop) de 1 à 0

[...] = contenu de ...

R [...] = transporter le contenu de ... dans ..., comme il existe

C [...] = transporter le complément à 9 du contenu de ... à ...

C<sub>10</sub> [...] = transporter le complément à 10 du contenu de ... à ...

ICR = transmettre l'impulsion cyclique de retenue

Mémac = mémoire accumulatrice

NOR = normaliser = le nombre est écrit dans la mémoire sous la forme de sa mantisse (transféré à travers le détecteur de chiffre non-significatif)

Les symboles de la quatrième colonne indiquent quelle impulsion forme l'impulsion finale caractéristique et dans quelles conditions cette impulsion doit être délivrée.

La notation G.L'P<sub>i</sub>, par exemple, veut dire que l'impulsion finale caractéristique est donnée par l'impulsion G suivante qui coïncide avec un niveau faible à L<sub>p</sub>. Si les symboles sont séparés par un point (par exemple : P<sub>E</sub>.P<sub>D</sub>) cela signifie que l'impulsion finale caractéristique est donnée par l'impulsion P<sub>E</sub> ou P<sub>D</sub> suivante.

I	II	III	IV
1	000001	Se CF3	G.L'P
2	000010	R [Mémac] → SC <sub>1</sub> + NOR + Se RF + Re Mémac	P <sub>4</sub>
3	000011	C [Mémac] → SC <sub>1</sub> + NOR + Se RF + Re Mémac	P <sub>4</sub>
4	000100	R [EC <sub>2</sub> ] → MC + Se RF	F.L <sub>B</sub>
5	000101	C [EC <sub>2</sub> ] → MC + Se RF	F.L <sub>B</sub>
6	000110	R [MC] → EC <sub>2</sub> + ICR + Re ES	F.L <sub>B</sub>
7	000111	C [MC] → EC <sub>2</sub> + ICR + Re ES	F.L <sub>B</sub>
8	001000	R [Mémac] → SC <sub>1</sub> + Se RF + Re Mémac	P <sub>4</sub>
9	001001	Re EC + C <sub>10</sub> [MC] → EC + ICR + Re ES	F.L <sub>B</sub>
10	001010	R Mémac SC <sub>2</sub> + Se RF + Re Mémac	P <sub>2</sub>
11	001011	Nettoyer emplacement mémoire + Se RF	P <sub>5</sub>
12	001100	R [EC] → SC <sub>1</sub> + Se RF + Re EC	P <sub>5</sub>
13	001101	Espacement + impulsion P <sub>E</sub> à SF + impulsion F à EC <sub>2</sub> , MC, DC	Pe.P <sub>D</sub>
14	001110	R [MC] → SC <sub>1</sub> + Se RF + Re MC + Impuls. F → DC + P <sub>D</sub> → CF <sub>1</sub> + Re Mémac par P <sub>D</sub>	G
15	001111	Ecrire 0 + impuls. à EC <sub>2</sub> , MC et DC	P <sub>E</sub>
16	010000	R [SC <sub>1</sub> ] → Mémac + ICR + Se RF	P <sub>3</sub>
17	010001	C [SC <sub>1</sub> ] → Mémac + ICR + Se RF	P <sub>3</sub>
18	010010	R [SC <sub>1</sub> ] → Mémac + ICR + Se RF + P <sub>3</sub> → MC	P <sub>M</sub>

I	II	III	IV
19	010011	C [SC <sub>1</sub> ] → Mémac + ICR + Se RF + P <sub>3</sub> → MC	P <sub>M</sub>
20	010100	R [SC <sub>1</sub> ] → Mémac + ICR + Se RF + P <sub>3</sub> .L <sub>A</sub> → MC	P <sub>3</sub> .L' <sub>A</sub>
21	010101	C [SC <sub>1</sub> ] → Mémac + ICR + Se RF + P <sub>3</sub> .L <sub>A</sub> → MC	P <sub>3</sub> .L' <sub>A</sub>
22	010110	R [SC <sub>1</sub> ] Signe → Mémac + ICR + G → MC	P <sub>M</sub>
23	010111	C [SC <sub>1</sub> ] Signe → Mémac + ICR + G → MC	P <sub>M</sub>
24	011000	R [SC <sub>1</sub> ] → EC + ICR + Se RF	P <sub>3</sub>
25	011001	C [SC <sub>1</sub> ] → EC + ICR + Se RF	P <sub>3</sub>
26	011010	R [SC <sub>1</sub> ] → KS + écrire + impuls. → EC <sub>2</sub> , MC, DC + P <sub>m</sub> → RF	P <sub>D</sub> .P <sub>M</sub>
27	011011	C [SC <sub>1</sub> ] → KS + écrire + impuls. → EC <sub>2</sub> , MC, DC + P <sub>m</sub> → RF	P <sub>D</sub> .P <sub>M</sub>
28	011100	R [SC <sub>1</sub> ] → MC + impuls. G → MC + P <sub>M</sub> CF <sub>1</sub> + Se RF	G
29	011101	C [SC <sub>1</sub> ] → MC + impuls. G → MC + P <sub>M</sub> → CF <sub>1</sub> + Se RF	G
30	011110	Signe → SF + Se RF	G
31	011111	Signe → SF + Se RF + Re RS	G
32	100000	Re RS + [AC <sub>1</sub> ] → RS + prédéterminer CS à 1011 + Re P <sub>M</sub>	G
33	100001	Se CF <sub>1</sub> si EC ≤ 0	G
34	100010	Re RS + [AC <sub>1</sub> ] → RS + prédéterminer CS à 1011 + Re P <sub>M</sub>	G
35	100011	Se CF <sub>1</sub> si [SC <sub>1</sub> ] < 0	G
36	100100	Re RS + [AC <sub>2</sub> ] → RS + Re PN	G
37	100101	Se CF <sub>1</sub> si [SF] < 0	G
38	100110	Re RS + [AC <sub>2</sub> ] → RS + prédéterminer CS à 1011 + Re N	G
39	100111	Impuls. G → DC + P <sub>D</sub> → AS + Pd → CF <sub>1</sub>	G
40	101000	R [DC] → EC <sub>2</sub> + ICR	G
41	101001	Ecrire « » + impuls. → EC <sub>2</sub> , MC, DC + P <sub>E</sub> → SF + P <sub>D</sub> .P <sub>E</sub> → CE <sub>1</sub>	G
42	101010	R [DC] → AS	G
43	101011	Ecrire un point	G
44	101100	R [DC] → CS + impuls. → CS	G
45	101101	Tabulation	G
46	101110	R [DC] → CS + impuls. → CS + Se RS à 1010	G
47	101111	Retour de chariot de la machine à écrire	G
48	110000	Re IC + [AC <sub>1</sub> ] → IC	G
49	110001	C [AC <sub>1</sub> ] → MC + impuls. → MC + P <sub>M</sub> → CF <sub>1</sub>	G
50	110010	[AC <sub>2</sub> ] → IC <sub>2</sub>	G
51	110011	[S <sub>6</sub> ] → DC + C [AC <sub>2</sub> ] → DC + C [AC <sub>2</sub> ] → MC → Re IF <sub>4</sub>	G
52	110100	[IC <sub>2</sub> ] → RC + impuls. → IC <sub>2</sub>	G
53	110101	Appliquer 14 impulsions à OS <sub>1</sub>	G
54	110110	Re RS + [IC <sub>1</sub> ] → RS	G
55	110111	Signe → PN + impuls. G → CS	G
56	111000	Prédéterminer CS à 1101 + Re RS	G
57	111001	Prédéterminer RS à 1010 + appliquer 10 impuls. à OS <sub>1</sub>	G
58	111010	Prédéterminer RS à 1011	G
59	111011	Prédéterminer RS à 1010 + impuls. → compteur de mémoire le moins significatif	G
60	111100	Prédéterminer OS <sub>1</sub> à 010 et OS <sub>2</sub> à 001 + Se SM + Re SF et RS	G
61	111101	Prédéterminer OS <sub>1</sub> à 001 et OS <sub>2</sub> à 010 + Se SM + Re SF et RS	G
62	111110	Re tous les flip-flops et compteurs, sauf IC <sub>1</sub> et IC <sub>2</sub>	G
63	111111	Re tous les flip-flops et compteurs, sauf IC <sub>1</sub> et IC <sub>2</sub> + Se IF <sub>4</sub>	G

## Cycle d'instruction

La suite des événements qui se produisent durant le cycle d'instruction, c'est-à-dire la partie de sous-programme qui précède toutes les macro-opérations (voir Chapitre X), est indiquée ci-dessous. Les opérations du cycle d'instruction sont effectuées durant le passage des 5 positions de OS (sélecteur d'opération), positions qui sont mentionnées dans la seconde colonne à la place de celles de la mémoire des instructions IS.

1	001	$[IC_2] \rightarrow CS + \text{impuls.} \rightarrow IC_2$	H
2	010	$[IC_1] \rightarrow RS$	H
3	011	$[SC_2] \rightarrow IS + \text{impuls.} \rightarrow RS$ (borne 30)	H
4	110	Re $AC_1 + [SC_2] \rightarrow AC_1 + \text{impuls.}$ $\rightarrow RS$ (borne 30)	H
5	111	Re $AC_2 + [SC_2] \rightarrow AC_2 + Se SM$ $+ Re RS + Se CF3$	H

A titre d'exemple, une explication détaillée de la micro-opération N° 14 est donnée ci-dessous :

R  $[MC] \rightarrow SC_1$ . Le contenu du compteur de multiplication (MC) est transporté dans le « compteur de mémoire »  $SC_1$ , à travers l'unité de transport d'information IT. Dix impulsions D sont appliquées à la borne d'entrée de MC ( $T_{13}$ ) et l'impulsion de retenue de MC ( $P_M$ ) est appliquée à l'entrée de IT ( $T_{64}$ ). Les impulsions de sortie de IT ( $P_I$ ) sont alors injectées à l'entrée de  $SC_1$  ( $T_{24}$ ).

Se RF. Appliquer une impulsion (dans ce cas, une impulsion G) à l'entrée de RF ( $T_{67}$ ).

Re MC. Appliquer une impulsion (dans ce cas, une impulsion G) à l'entrée de remise à zéro de MC ( $T_{14}$ ).

### 1 — Addition

Nombre ordinal	Micro-opération N°	Nombre ordinal	Micro-opération N°	Nombre ordinal	Micro-opération N°
0	5	10	33	20	33
1	34	11	36	21	34
2	24	12	32	22	38
3	38	13	33	23	9
4	25	14	5	24	24
5	33	15	4	25	56
6	32	16	22	26	12
7	36	17	16	27	62
8	22	18	31		
9	16	19	2		

### 2 — Soustraction

0	5	12	16	24	17
1	34	13	17	25	16
2	24	14	33	26	31
3	38	15	36	27	2
4	25	16	32	28	33
5	33	17	33	29	34
6	32	18	5	30	38
7	36	19	4	31	9
8	33	20	33	32	24
9	22	21	23	33	56
10	23	22	22	34	12
11	33	23	33	35	62

Impuls. F  $\rightarrow DC$ . Appliquer une impulsion F à la borne d'entrée de DC ( $T_{77}$ ).

PD  $\rightarrow CF_1$ . Appliquer une impulsion  $P_D$  (l'impulsion de sortie de DC) à l'entrée de  $CF_1$  ( $T_{59}$ ).

Re Mémac par PD. Appliquer une impulsion  $P_D$  à la borne de remise à zéro de la mémoire accumulatrice ( $T_3$ ).

G. L'impulsion finale caractéristique (une impulsion G, dans ce cas) est appliquée au détecteur conditionnel  $CF_3$  ( $T_{61}$ ).

Les impulsions utilisées pour effectuer la micro-opération 14, et les bornes auxquelles elles sont appliquées, sont indiquées ci-dessous :

impulsion :	D	$P_M$	$P_I$	G	G	F	$P_D$	$P_D$	G
à la borne :	$T_{13}$	$T_{64}$	$T_{24}$	$T_{67}$	$T_{14}$	$T_{77}$	$T_{59}$	$T_3$	$T_{61}$

Le système de porte qui fait partie de l'unité de commande doit donc être construit de telle manière que lorsque les six flip-flops de la mémoire des instructions sont sur la position 001110 (= 14), les impulsions mentionnées ci-dessus peuvent passer par les bornes appropriées.

### Suite des micro-opérations pour les sous-programmes dans la matrice de sous-programme

Le tableau suivant mentionne les micro-opérations formant les douze sous-programmes indiqués au début du Chapitre X.

La suite des micro-opérations détermine le mode de tissage des fils de la mémoire des instructions dans la matrice à noyaux magnétiques SM (voir le Chapitre X).

## 3 — Multiplication

Nombre ordinal	Micro-opération N°	Nombre ordinal	Micro-opération N°	Nombre ordinal	Micro-opération N°
0	59	12	19	24	31
1	8	13	58	25	37
2	32	14	8	26	2
3	30	15	42	27	3
4	44	16	16	28	7
5	37	17	59	29	34
6	29	18	16	30	24
7	28	19	8	31	38
8	36	20	39	32	34
9	57	21	60	33	56
10	35	22	16	34	12
11	18	23	36	35	62

## 4 — Division

0	59	12	35	24	31
1	8	13	16	25	37
2	59	14	17	26	2
3	32	15	58	27	3
4	35	16	8	28	9
5	16	17	55	29	34
6	17	18	16	30	24
7	36	19	46	31	38
8	30	20	14	32	25
9	35	21	61	33	56
10	21	22	16	34	12
11	20	23	32	35	62

### 5 — Transport

Nombre ordinal	Micro-opération N°	Nombre ordinal	Micro-opération N°	Nombre ordinal	Micro-opération N°
0	32	3	24	6	38
1	16	4	36	7	12
2	34	5	8	8	62

### 6 — Saut (conditionnel)

0	16	3	35	6	50
1	59	4	62	7	62
2	8	5	48		

### 7 — Tabulation

Nombre ordinal	Micro-opération N°	Nombre ordinal	Micro-opération N°	Nombre ordinal	Micro-opération N°
0	45	1	62		

### 8 — Retour de chariot

0	47	1	62		
---	----	---	----	--	--

### 9 — Ecrire

Nombre ordinal	Micro-opération N°	Nombre ordinal	Micro-opération N°	Nombre ordinal	Micro-opération N°
0	5	12	15	24	1
1	51	13	1	25	41
2	34	14	35	26	13
3	24	15	26	27	1
4	55	16	27	28	43
5	33	17	43	29	37
6	1	18	35	30	15
7	53	19	26	31	1
8	40	20	27	32	35
9	35	21	62	33	26
10	1	22	40	34	27
11	41	23	35	35	62

### 10 — Entrée des nombres

0	32	5	34	10	25
1	8	6	12	11	34
2	37	7	34	12	12
3	7	8	37	13	76
4	6	9	24		

### 11 — Entrée des instructions

0	52	2	10	3	63
1	54				

### 0 — Arrêt ou remise à zéro (nettoyage) de l'emplacement de mémoire

000 = arrêt

01n = remise en jeu de l'emplacement de mémoire n.

0	49	2	63	4	62
1	36	3	11		



tous les sous-programmes, le calculateur est préparé à effectuer le sous-programme en question. Cela implique le transport du contenu de la mémoire des instructions vers le sélecteur d'instruction (le premier chiffre d'une instruction complète) et vers les compteurs d'adresse (les deux derniers chiffres).

Le cycle d'instruction est parcouru dans la durée de cinq positions du sélecteur d'opération OS. Comme on l'a déjà dit, ce sélecteur comprend un sélecteur de groupe OS<sub>2</sub> à 8 positions possibles et un sélecteur individuel OS<sub>1</sub> à 6 positions possibles.

Au cours des cinq premières positions de OS, OS<sub>2</sub> reste à 0 tandis que OS<sub>1</sub> passe sur toutes les positions de 1 à 5. Lorsque OS<sub>2</sub> est dans la position 0, OS influence seulement le système de porte de l'unité de commande; dès que OS<sub>2</sub> passe à la position 1, OS commence à agir sur la matrice SM. Le cycle d'instruction est indiqué dans le tableau de la page 21. A la réception d'une impulsion de démarrage, OS<sub>1</sub> est mis dans la position 1 (001). Le cycle d'instruction se déroule alors de la manière suivante :

- (1) Le contenu du compteur d'instructions IC<sub>2</sub> est transporté vers le sélecteur de colonne de la mémoire. L'instruction totale insérée dans le programme (nombre caractérisant cette instruction) est donc choisie. Une impulsion sur IC<sub>2</sub> prépare alors la seconde instruction qui doit être exécutée. L'impulsion finale (H), qui remet à zéro certaines unités, est appliquée à la borne T<sub>50</sub>. Ainsi, OS<sub>1</sub> est avancé d'une place. Cela se produit après chaque micro-opération durant le cycle d'instruction et la micro-opération suivante peut alors intervenir automatiquement.
- (2) Le contenu de IC<sub>1</sub> (compteur d'instruction N° 1) est transporté dans le sélecteur de rang de la mémoire, ce qui sélectionne le premier chiffre de l'instruction totale (représentant l'instruction proprement dite, dans ce cas : « additionner »).
- (3) Le contenu de l'emplacement sélectionné dans la mémoire des instructions est transporté du compteur de mémoire SC<sub>2</sub> (où il a été écrit pendant la lecture automatique de la mémoire) vers le sélecteur d'instruction IS. Ainsi, le fil de sous-programme approprié est choisi, dans le cas présent le fil : « Additionner ».  
Le sélecteur de rang reçoit alors une impulsion à la borne T<sub>30</sub> et s'avance donc de quatre places. Ainsi, le second chiffre de l'instruction est choisi, c'est-à-dire, la première adresse.
- (4) Lorsque le compteur d'adresse AC<sub>1</sub> a été vidé, le contenu de l'emplacement de mémoire sélectionné (c'est-à-dire la première adresse) est transféré du compteur de mémoire SC<sub>2</sub> dans AC<sub>1</sub>. Ce compteur a donc enregistré l'adresse du nombre dans la mémoire de nombre (p). Le sélecteur de rang est avancé de quatre places supplémentaires, afin de sélectionner la seconde adresse.
- (5) L'adresse de B (q) est transférée vers AC<sub>2</sub>, d'une façon semblable. Une impulsion de courant est transmise sur le fil d'addition de SM. Ainsi, tous les noyaux de SM prennent l'état convenable pour que l'addition se produise. La sélection des fils horizontaux de SM au cours de l'addition est opérée par OS, qui démarre avec OS<sub>1</sub> sur la position 0 et OS<sub>2</sub> sur la position 1. Une impulsion est fournie à OS<sub>1</sub>, chaque fois qu'un nouveau fil doit être sélectionné. Après chaque sixième impulsion, OS<sub>1</sub> avance OS<sub>2</sub> d'une place à l'aide d'une impulsion de retenue. Le sélecteur de rang de la mémoire est remis à zéro en vue de la préparation du cycle d'instruction suivant.

Le déclenchement de CF 3 a pour résultat, par l'application d'une impulsion A à la borne T<sub>43</sub>, l'écriture du contenu du premier rang de SM dans la mémoire des instructions. Cela se produit, évidemment, après qu'une impulsion H a déclenché OS. Ainsi, le fil passant à travers ce rang a été sélectionné.

Le cycle d'instruction est alors terminé. Il a mis l'équipement dans la situation suivante :

- Contenu du compteur d'adresse AC<sub>1</sub> = p (adresse de A)
- Contenu du compteur d'adresse AC<sub>2</sub> = q (adresse de B)
- Position du sélecteur d'instruction IS = 1 (additionner)
- Position du sélecteur d'instruction OS<sub>1</sub> = 000
- Position du sélecteur d'instruction OS<sub>2</sub> = 001
- Position du flip-flop conditionnel CF<sub>3</sub> = 1

### Le cycle d'opération

Le restant du sous-programme est commandé par la mémoire des instructions IR qui est, à son tour, commandée par le contenu de la matrice de rang sélectionnée par le sélecteur d'opération OS. Ce dernier est avancé d'une place, automatiquement, après chaque micro-opération, par l'application de l'impulsion finale caractéristique de la micro-opération à la borne T<sub>61</sub> de CF 3 (une partie du détecteur conditionnel). L'impulsion A suivante lit la matrice de rang en question et écrit son contenu dans la mémoire des instructions. Après une micro-opération conditionnelle, une micro-opération ordinaire est toujours « sautée ».

Nous allons donner maintenant une description détaillée de la suite des micro-opérations intervenant dans l'addition. Quelques-unes des actions secondaires des micro-opérations mentionnées dans le tableau de la page 20 ne sont pas utilisées pour une addition et, par conséquent, elles ne seront pas décrites ici.

- 0 : Le complément à 9 du contenu de EC<sub>2</sub> (c'est-à-dire, 0) est transféré dans le compteur de multiplication MC. Ce compteur contient donc un 9.
- 1 : Le contenu du compteur d'adresse AC<sub>1</sub> (p, l'adresse de A) est appliqué au sélecteur de rang RS. Ainsi, le nombre A est sélectionné. Le sélecteur de colonne CS est alors mis sur la position 11 (1011) par l'utilisation d'une entrée prédéterminée, si bien que le douzième chiffre de A (le signe de l'exposant) est sélectionné.
- 2 : L'exposant sélectionné est transféré dans le compteur des exposants EC1. L'impulsion finale caractéristique de cette micro-opération (une impulsion P<sub>5</sub>) n'apparaît pas encore, car elle doit traverser G9, lequel s'ouvre seulement lorsque CS est dans la position 12. Le fonctionnement qui vient d'être décrit se répète donc, avec la différence que, maintenant, le chiffre d'exposant est transféré dans EC<sub>2</sub>. En effet, le sélecteur de colonne de la mémoire et le sélecteur du compteur d'exposant ET ont été avancés d'une place. Comme CS est alors dans la position 12 (1100), l'impulsion P<sub>5</sub> provoque la micro-opération suivante.
- 3 : Comme à 1, ci-dessus, sauf que, à cet instant, c'est l'exposant de B qui est sélectionné.
- 4 : Comme à 2, sauf que l'exposant de B est transféré dans le compteur d'exposant sous la forme de son complément à 9. Ainsi, la différence  $d = n_A - n_B$  apparaît dans le compteur.
- 5 : micro-opération conditionnelle. Essayer si oui ou non le contenu du compteur d'exposant (d) < 0 (voir le début du Chapitre X).
  - a — s'il est négatif, sauter à 7 (en omettant 6)
  - b — s'il est positif, aller à 6 (en omettant ensuite 7)
- 6 : Si :  $d \geq 0$ , comme dans l'exemple numérique présenté ci-dessus, le contenu du compteur d'adresse AC<sub>1</sub> est appliqué au sélecteur de rang RS. Ainsi, le nombre A (avec le plus fort exposant) est sélectionné.
- 7 : Si, en réalité, B avait le plus fort exposant, on sélectionnerait B par cette micro-opération.

- 8 : Le chiffre de signe du nombre (A) sélectionné est transféré dans la mémoire accumulatrice. Comme le sélecteur de colonne est sur sa position 0, ce chiffre est placé dans le premier compteur de la mémoire accumulatrice. Une impulsion G remet à zéro le compteur de multiplication MC (il était précédemment à 9, voir 1). Une impulsion est émise par MC lorsqu'il passe de 9 à 0. Elle sert d'impulsion finale caractéristique de cette micro-opération.
- 9 : Le contenu (nombre A) du compteur de mémoire  $SC_1$  est transféré dans la mémoire accumulatrice. Le sélecteur de mémoire accumulatrice AS est alors sur la position 2. Donc, le signe de la mantisse de A s'écrit une seconde fois dans la mémoire accumulatrice, suivi de la mantisse complète. L'impulsion finale ( $P_2$ ) est délivrée lorsque le SÉLAC AS est sur la position 11 (1011). La mantisse se trouve alors dans la mémoire accumulatrice, avancée d'une place vers la droite (voir le début du Ch. XIII).
- 10 : Micro-opération conditionnelle. Vérifier si le contenu du compteur d'exposant  $d < 0$
- a — s'il en est ainsi, sauter à 10 en omettant 11
- b — s'il n'est pas négatif, aller à 11 et ensuite sauter 12
- 11 : Si  $d > 0$ , comme nous l'avons supposé ici, l'adresse de B (q) est alors appliquée au sélecteur de rang, qui est d'abord remis à zéro. L'emplacement de mémoire contenant B est alors sélectionné.
- 12 : Si  $d < 0$ , B a déjà été sélectionné à 7, ci-dessus, et A l'est maintenant. Dans un cas quelconque, le nombre à plus faible exposant est sélectionné à ce moment.
- 13 : Micro-opération conditionnelle. Essayer si  $d < 0$
- a)  $d < 0$  — sauter à 15 et omettre 14
- b)  $d > 0$  — aller à 14 et ensuite sauter 15
- 14 : Comme  $d > 0$ , le complément à 9 du contenu de  $EC_2$  (c'est-à-dire :  $9 - d$ ) est alors transféré au compteur de multiplication MC, qui contient donc un nombre négatif dont la valeur absolue est d.
- 15 : Si l'on avait  $d < 0$ , le contenu  $EC_3$  serait transféré, comme il est, dans MC et le compteur de multiplication contiendrait encore un nombre négatif dont la valeur absolue est dans ce cas  $|d|$ .
- 16 : Le chiffre de signe du nombre inséré dans l'emplacement de mémoire sélectionné (B, dans ce cas) est alors transféré au premier emplacement de la mémoire accumulatrice (comme il a été décrit en 8, ci-dessus). Une impulsion G avance alors d'une place le compteur de multiplication. L'impulsion finale caractéristique de cette micro-opération étant fournie par les impulsions de retenue venant de MC, l'opération décrite ci-dessus est répétée jusqu'au moment où cette impulsion de retenue est délivrée. Cela se produit après  $d + 1$  [ $= 10 - (9 - d)$ ] répétitions. Le chiffre de signe est alors écrit aux premières  $d + 1$  places de la mémoire accumulatrice car le sélecteur de mémoire accumulatrice avance d'une place après chaque cycle.
- 17 : La mantisse de B est alors écrite dans la mémoire accumulatrice (comme cela est décrit dans 9, ci-dessus). Comme elle est avancée de  $d + 1$  places vers la droite, son exposant, tel qu'il apparaît dans la mémoire accumulatrice est :
- $$n_B + (d + 1) = n_B + (n_A - n_B + 1) = n_A + 1$$
- Il est égal à l'exposant de A, tel qu'il était précédemment écrit dans la mémoire accumulatrice (voir début du Ch. XIII).
- 18 : Le signe du nombre actuellement enregistré dans la mémoire accumulatrice (c'est-à-dire, le signe de  $A + B$ ) est transféré sur le flip-flop de signe SF et RS est remis à zéro.
- 19 : Le contenu de la mémoire accumulatrice est transféré dans la mémoire, sous sa forme normalisée, c'est-à-dire qu'il est transporté à travers le détecteur de chiffre non-significatif. Il élimine les chiffres non-significatifs et enregistre leur nombre (s) dans le compteur de multiplication MC. La somme est logée à l'emplacement 0 de la mémoire, puisque le sélecteur de rang RS a été remis à zéro au cours de la micro-opération précédente.
- 20 : Micro-opération conditionnelle. Essayer si  $d < 0$
- a)  $d < 0$  — sauter à 22, omettre 21
- b)  $d > 0$  — aller à 21 et ensuite omettre 22.
- 21 : Comme nous avons supposé que d est positif, le contenu du compteur d'adresse  $AC_1$  est transféré dans le sélecteur de rang RS. Ainsi, le nombre A est sélectionné (le nombre qui a le plus fort exposant). Le sélecteur de colonne est placé sur 11 afin de sélectionner le chiffre de signe de l'exposant.
- 22 : Si B avait eu le plus fort exposant, cette micro-opération serait employée pour sélectionner son chiffre de signe.
- 23 : Le complément à 10 du contenu du compteur de multiplication (voir aussi 19) est transféré dans EC. Il résulte de cette opération que neuf impulsions E sont fournies à  $EC_1$  et  $10 - s$  à  $EC_2$ , d'où le contenu final de ces deux compteurs est, respectivement, 9 et  $10 - s$ .
- 24 : Le contenu de l'emplacement de mémoire sélectionné (l'exposant de A) est aussi transféré dans le compteur des exposants. L'unité  $EC_2$  reçoit ainsi  $n_A$  impulsions, d'où un total de  $(10 - s + n_A)$  impulsions ont été délivrées à ce compteur. Une impulsion de retenue va de  $EC_2$  vers  $EC_1$ , si bien que le contenu de ces deux compteurs est, respectivement,  $(10 - s + n_A) - 10 = n_A - s$  et 0. L'unité  $EC_1$  donne une impulsion cyclique de retenue lorsqu'elle passe de 9 à 0. Cette impulsion est appliquée à  $EC_2$ . Par conséquent, le contenu final de ce compteur devient  $n_A - s + 1$ . Comme nous l'avons expliqué au début du Ch. XIII, c'est l'exposant de  $A + B$ , dont la mantisse est écrite dans l'emplacement de mémoire 0.
- 25 : Le sélecteur de colonne est placé sur 11 et le sélecteur de rang sur 0 afin de sélectionner la partie « exposant » de l'emplacement de mémoire 0.
- 26 : Le contenu du compteur des exposants est déplacé vers la partie sélectionnée de la mémoire, à travers le compteur de mémoire  $SC_1$ . La somme demandée est alors écrite à l'emplacement 0 de la mémoire et en entier (mantisse + exposant).
- 27 : Tous les flip-flops et compteurs sont remis à zéro, à l'exception des compteurs d'instructions  $IC_1$  et  $IC_2$ . Le groupe calculateur est alors prêt à entreprendre le cycle d'instruction suivant.

#### XIV. — EXEMPLE DE PROGRAMME (extraction d'une racine carrée)

Nous allons décrire, dans ce chapitre, le programme pour l'extraction des racines carrées d'une série de nombres. Cela servira d'exemple pour montrer de quelle manière diverses macro-opérations que le groupe calculateur peut entreprendre, sont combinées afin d'éviter une opération plus compliquée. Nous retraçons d'abord le principe de la méthode d'extraction d'une racine carrée puis nous indiquons le programme basé sur cette méthode (**méthode d'itération**).

##### Principe

Si  $a$  est le nombre dont nous cherchons la racine carrée, nous avons  $\sqrt{a} = x$ , où  $x$  est la racine carrée demandée. En d'autres termes :

$$x^2 - a = 0 \quad (1)$$

et la valeur de la racine carrée de  $a$  peut être trouvée en résolvant l'équation du second degré (1) pour extraire  $x$ .

Considérons d'abord la fonction :

$$y = x^2 - a \quad (2)$$

et sa représentation graphique par une parabole (fig. 80). Les racines de l'équation (1) sont alors représentées par les points d'intersection de cette courbe avec l'axe des  $x$  (où  $y = 0$ ). Ces deux racines diffèrent seulement l'une de l'autre par leur signe. Il suffit donc de déterminer la valeur de l'une des deux racines. Nous choisissons ici la racine positive.

La position du point d'intersection positif peut alors être trouvée par un procédé d'itération, comme nous allons l'expliquer. Traçons d'abord une tangente à la parabole en un point d'abscisse  $x_0$ , qui doit être plus grande que  $\sqrt{a}$ . Pour un nombre  $a > 1$ , la solution la plus simple consiste à choisir  $x_0 = a$ . La tangente tracée coupe l'axe des  $x$  au point  $x_1$ , qui se trouve entre  $x_0$  et  $\sqrt{a}$ . Une tangente à la

parabole est alors tracée du point d'abscisse  $x_1$ . Elle coupe l'axe des  $x$  au point  $x_2$  (entre  $x_1$  et  $\sqrt{a}$ ). Ce procédé se répète jusqu'au moment où l'on atteint un point  $x_n$  suffisamment rapproché de  $\sqrt{a}$ . La précision de la méthode dépend de la valeur initiale de  $x_0$  et du nombre de répétitions.

On peut exprimer algébriquement ce qui vient d'être exposé.

L'équation générale d'une ligne droite, est :

$$u = px + q$$

où  $p$  est la pente de la droite. La pente d'une tangente à la parabole  $y = x^2 - a$  est donnée par  $dy/dx = 2x$ , d'où pour la tangente au point d'abscisse  $x_n$ , l'équation est :

$$u_n = 2x_n \cdot x + q$$

où  $q$  reste encore à déterminer. Au point de contact de la tangente avec la parabole

$$y_n = x_n^2 - a = 2x_n^2 + q$$

d'où

$$q = -(x_n^2 + a)$$

L'équation de la tangente au point  $(x_n, y_n)$  est donc :

$$u_n = 2x_n \cdot x - (x_n^2 + a) \quad (3)$$

Le point d'intersection  $(x_{n+1})$  de cette tangente avec l'axe des  $x$  peut être trouvé si l'on pose  $u_n = 0$  dans (3) :

$$2x_n \cdot x_{n+1} - x_n^2 - a = 0$$

d'où :

$$x_{n+1} = (x_n^2 + a) / 2x_n$$

ou encore :

$$x_{n+1} = \frac{1}{2} (x_n + a/x_n) \quad (4)$$

En d'autres termes, l'approximation s'améliore si l'on prend la moyenne de la valeur approchée et le rapport de  $a$  et de la valeur approchée, ce procédé étant toujours répété jusqu'au moment où l'approximation est bonne.

##### Exemple numérique

Trouver la racine carrée de 12 par la méthode décrite ci-dessus.

$$a = 12 \quad x_0 = 12 \quad x_{n+1} = 1/2 (x_{n+1} + a/x_n)$$

On trouve, successivement, les valeurs suivantes :

$n$	$x_n$	$x_{n+1}$	Erreur en %
0	12,000000	6,500000	+ 246
1	6,500000	4,173076	+ 87,5
2	4,173076	3,524327	+ 20,4
3	3,524327	3,464615	+ 1,75
4	3,464615	3,464100	+ 0,02

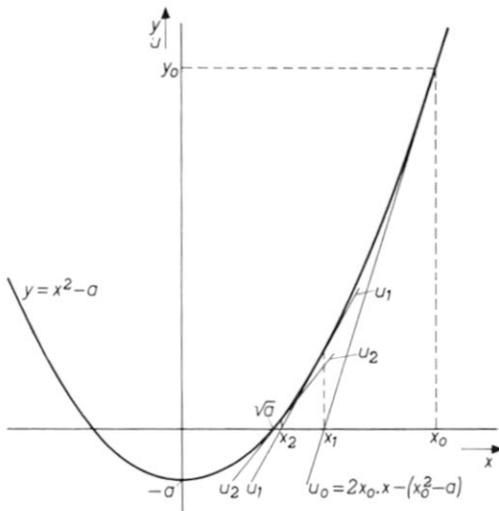


Fig. 80. — Représentation graphique des fonctions  $y = x^2 - a$  et des tangentes  $u_0, u_1$  et  $u_2$ .

La convergence rapide de la série peut être constatée à la dernière colonne, où l'on donne l'erreur relative de l'approximation obtenue.

### Etablissement du programme du groupe calculateur

Nous supposons que nous désirons établir le programme du groupe calculateur afin de trouver les racines carrées d'une série de nombres, partant de  $a_0$  et finissant à  $a_p$ , l'intervalle entre les nombres successifs étant de  $\Delta a$ .

Le résultat d'une opération arithmétique quelconque est stocké dans l'emplacement de mémoire 0, comme nous l'avons déjà mentionné dans le cas de l'addition (micro-opération 19).

Cet emplacement de mémoire doit donc rester vacant pour cet usage. Les constantes de l'équation (4) et les valeurs de  $\Delta a$  et de  $a_p$  doivent être stockées dans la mémoire : les emplacements de mémoire précis sont, en fait, arbitraires. Nous supposons qu'on assigne aux nombres en cause les emplacements suivants.

a	dans l'emplacement de mémoire	1
0,5	—	2
$\Delta a$	dans l'emplacement de mémoire	3
$a_p$	—	4

Les emplacements 5 et 6 sont réservés aux variables  $x_n$  et  $x_{n+1}$

$x_n$	dans l'emplacement de mémoire	5
$x_{n+1}$	—	6

La première macro-opération déplace le chariot de la machine à écrire à la position exigée pour taper la valeur de  $a$  dans la première colonne du tableau qui est établi par le groupe calculateur. La première instruction est donc :

00 : Tabulateur

Comme on l'a expliqué ci-dessus,  $x_0$  est pris égal à  $a_0$ , d'où la micro-opération suivante doit écrire  $a$  dans l'emplacement de mémoire 5

01 : Transporter [1] à 5

Comme résultat de cette opération,  $a$  est écrit à la fois dans 1 et dans 5.

La valeur de  $a$  doit alors être écrite :

02 : Ecrire [1] à la machine à écrire

La macro-opération suivante divise  $a$  par  $x_n$

03 : Diviser [1] par [5]

Le résultat de cette opération (stocké à l'emplacement de mémoire 0) est alors ajouté à  $x_n$

04 : Additionner [0] et [5]

La somme doit alors être multipliée par 0,5 pour donner  $x_{n+1}$

05 : Multiplier [2] par [0]

La valeur de  $x_{n+1}$  ainsi obtenue doit alors être transférée à l'emplacement de mémoire 6, sans cela elle serait perdue lorsque le résultat de l'instruction 07 serait écrit dans l'emplacement 0 de la mémoire.

06 : Transporter [0] à 6.

Les opérations décrites permettent de calculer  $x_1$  à partir de  $x_0$  (=  $a$ ) c'est-à-dire de  $n = 0$ . Ce procédé, partant de l'instruction 03, doit alors être répété pour les valeurs successives de  $n$ . Cela est inséré dans le programme à l'aide de l'instruction de « saut ». Il faut, toutefois, toujours se rappeler que :

- a) La valeur ancienne de  $x_n$  doit être remplacée par  $x_{n+1}$  avant que l'instruction de saut soit donnée, et que
- b) l'instruction de saut ne doit pas être répétée indéfiniment, mais doit, au contraire, s'arrêter dès que la différence entre  $x_n$  et  $x_{n+1}$  est suffisamment faible.

L'instruction de saut est alors étudiée pour être en action seulement tant que le contenu de l'emplacement 0 de la mémoire est négatif. Dans ce programme, l'instruction de saut est précédée de l'instruction pour soustraire  $x_n$  de  $x_{n+1}$ .

En théorie, le résultat de cette soustraction est toujours négatif, mais dans le groupe calculateur on considère un nombre comme étant zéro s'il n'y a pas de chiffre significatif dans un compteur quelconque de la mémoire accumulatrice. (Les valeurs positives de  $x_{n+1} - x_n$  n'ont pas besoin d'être considérées puisqu'il est théoriquement impossible qu'elles se produisent.)

La nouvelle instruction est donc :

07 : Soustraire : [6] — [5]

La valeur antérieure de  $x_n$  est alors remplacée par  $x_{n+1}$  dans l'emplacement de mémoire 5.

08 : Transporter [6] à 5.

Tout est maintenant prêt pour le cycle suivant d'opérations, donc il faut donner l'instruction de saut.

09 : Sauter à l'instruction 03.

Les instructions 03 et 09 sont alors répétées jusqu'au moment où le résultat de 07 apparaît sous la forme d'un 0 dans la mémoire accumulatrice. L'instruction de saut 09 n'est plus alors entreprise et le groupe calculateur suit l'instruction 10 : La racine carrée demandée, qui est stockée à l'emplacement 5, doit être écrite à la machine après que le chariot de la machine à écrire s'est déplacé vers la position à droite pour frapper la seconde colonne.

10 : Tabulateur

11 : Ecrire [5] à la machine

Maintenant, toute la suite de 00 à 11 doit être répétée, avec  $a$  remplacé par  $(a + \Delta a)$ , etc.

D'abord, la machine à écrire doit être préparée à frapper le rang suivant des résultats.

12 : Retour de chariot.

L'addition de  $a$  et de  $\Delta a$  est alors effectuée; le résultat apparaît à l'emplacement 0, comme d'habitude.

13 : Additionner [1] et [3]

Le nouveau nombre  $a_1 = a_0 + \Delta a$  est alors écrit dans l'emplacement de mémoire 1, à la place de  $a_0$ .

14 : Transporter [0] à 1.

Avant que l'instruction de répétition du cycle avec la nouvelle valeur de  $a$  soit donnée, il faut vérifier que la fin de la série n'a pas été atteinte. On le fait en soustrayant  $a_p$  de  $a$ .

Tant que le résultat est négatif, le cycle doit, évidemment, être répété.

15 : Soustraire : [1] — [4]

L'instruction de saut doit suivre alors :

16 : Sauter à l'instruction 00

Dès que l'instruction 15 donne un résultat positif, signifiant que l'on a dépassé  $a_p$ , l'instruction 16 est omise et le groupe calculateur passe à l'instruction suivante.

17 : Arrêt.

### Codage du programme

Le tableau ci-dessous mentionne toutes les instructions détaillées ci-dessus, dans l'ordre correct et codées comme elles vont apparaître dans le programme final. Le premier chiffre est le numéro de code de l'instruction en question, les second et troisième chiffres se rapportent aux adresses donnant les emplacements dans la mémoire.

N° de série	Instruction	Instruction codée
00	Tabulateur	700
01	Transporter [1] à 5	515
02	Ecrire [1] à la machine	919
03	Diviser [1] par [5]	415
04	Additionner [0] et [5]	105
05	Multiplier [2] par [0]	320
06	Transporter [0] à 6	506
07	Soustraire : [6] — [5]	265
08	Transporter [6] à 5	565
09	Sauter à 03	603
10	Tabulateur	700
11	Ecrire [5] à la machine	959 *)
12	Retour de chariot	800
13	Additionner [1] et [3]	113
14	Transporter [0] à 1	501
15	Soustraire : [1] — [4]	214
16	Sauter à 00	600
17	Arrêt	000

\*) Le dernier chiffre de cette instruction détermine la largeur de colonne du tableau écrit à la machine. Le mécanisme de ce fonctionnement ne sera pas discuté dans la suite.

— La table suivante montre le résultat d'un calcul du genre décrit ci-dessus, effectué sur le groupe calculateur avec les nombres entiers de 10 à 30.

Dans ce cas :  $a_0 = 10$ ,  $\Delta a = 1$  et  $a_p = 30$ .

10,00000000	3,16227767	21,00000000	4,58257570
11,00000000	3,31662480	22,00000000	4,69041576
12,00000000	3,46410162	23,00000000	4,79583153
13,00000000	3,60555128	24,00000000	4,89897949
14,00000000	3,74165739	25,00000000	5,00000000
15,00000000	3,87298335	26,00000000	5,09901954
16,00000000	4,00000000	27,00000000	5,19615245
17,00000000	4,12310563	28,00000000	5,29150265
18,00000000	4,24264069	29,00000000	5,38516483
19,00000000	4,35889895	30,00000000	5,47722560
20,00000000	4,47213596		

On peut avoir facilement une idée de la vitesse de fonctionnement du groupe calculateur. Ce calcul a duré 2 mn 50 s à partir de l'instant où l'on poussait sur le bouton « MARCHE » jusqu'au moment de l'ARRÊT (temps d'établissement du programme non compris).

## XV. — AGENCEMENT MÉCANIQUE ET ÉQUIPEMENT AUXILIAIRE

### Assemblage de l'équipement

Toutes les parties électroniques du groupe calculateur, sauf la mémoire et le sous-ensemble d'alimentation, sont montées sur des panneaux rectangulaires de matière isolante avec câblages imprimés. On utilise seulement trois types différents de circuits imprimés, pour le montage

des flip-flops  
des circuits de porte  
des contacteurs-sélecteurs

On peut voir ces types de panneaux à la figure 81. Ils sont tous aux mêmes dimensions 110 mm × 160 mm. Chaque panneau est électriquement et mécaniquement relié aux connexions de liaison par des contacts plans à ressorts dans lesquels le panneau s'encastre en bout. Les points de sortie

qui font partie intégrante du circuit imprimé font contact avec les ressorts. Tous ces ressorts sont montés sur un cadre-support qui peut contenir 116 panneaux ainsi que la mémoire et le sous-ensemble d'alimentation. Un panneau de commande et d'affichage est disposé dans le compartiment du haut. Les dimensions hors-tout du cadre-support sont les suivantes : Longueur : 66 cm, hauteur : 58 cm, largeur 21 cm (voir la page 30).

### Indicateurs

Chaque flip-flop du groupe calculateur est muni d'un indicateur visuel pour que l'on puisse connaître son état. Ces accessoires ainsi que l'oscillateur auxiliaire de 10 Hz apportent une aide importante pour la vérification du bon fonctionnement du groupe calculateur.

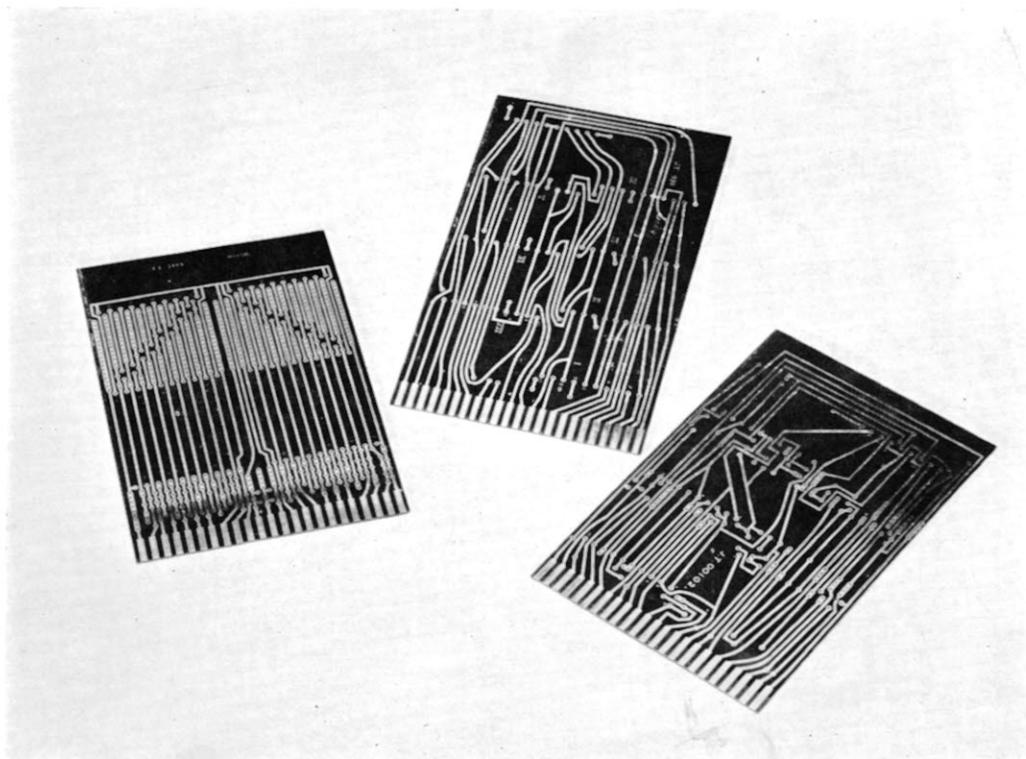
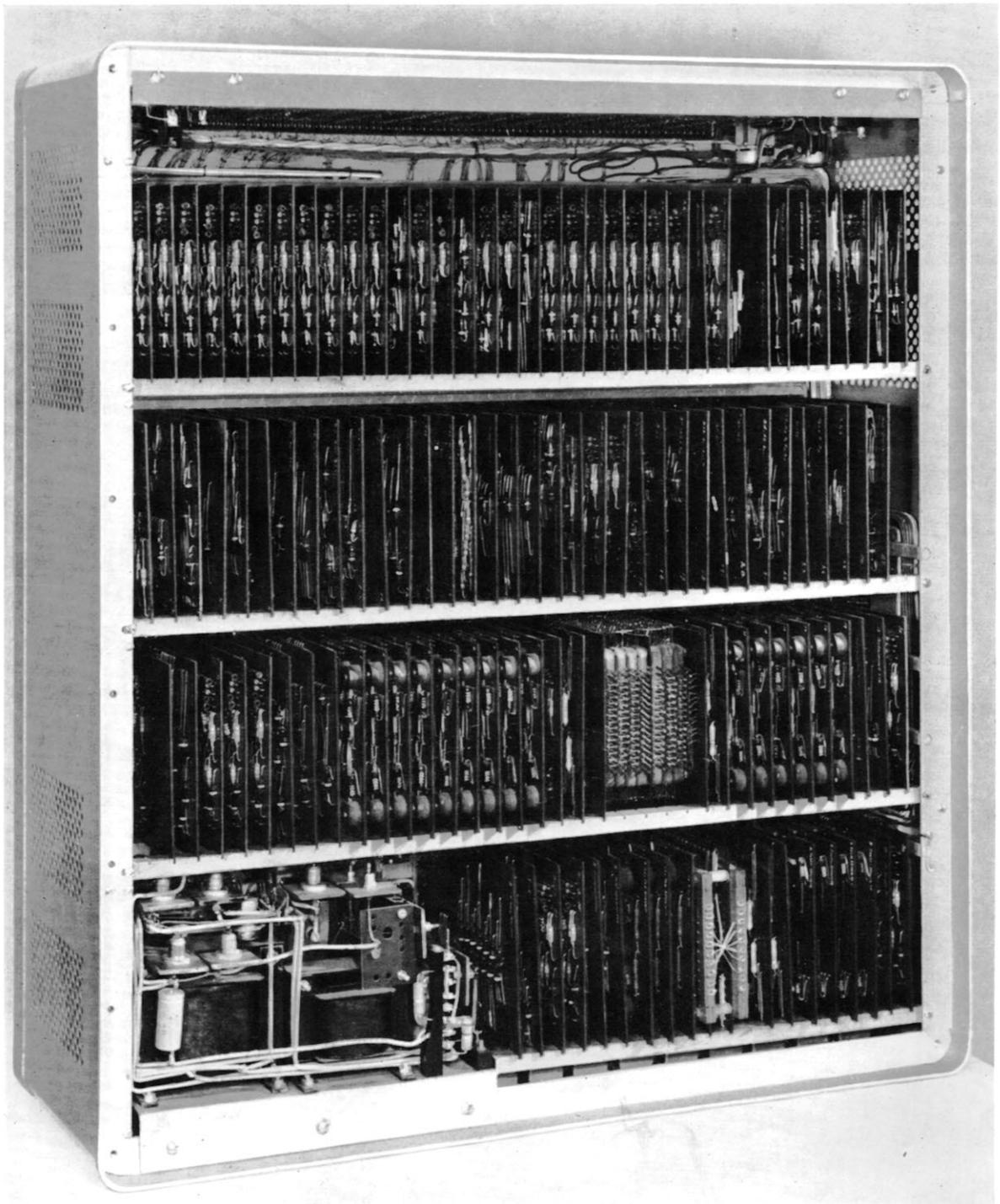


Fig. 81. — Les trois types de panneaux à circuits imprimés utilisés dans le groupe calculateur.



Vue interne prise à l'arrière du groupe calculateur.

Les tubes indicateurs sont du type DM 160. Le montage est indiqué à la figure 82. Le flip-flop étant dans l'état représenté sur la figure (état 0), la grille est négative et le tube est bloqué; dans l'état 1 du flip-flop, la tension de la grille du tube indicateur est voisine de 0 V. Par conséquent, le tube devient lumineux.

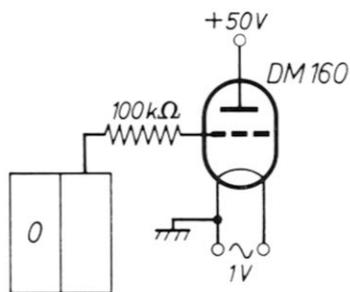


Fig. 82. — Mode de liaison du tube indicateur DM 160 et d'un flip-flop.

### Unité pour l'établissement du programme et machine à écrire

Les relais de l'unité de sortie et le panneau d'entrée sont montés dans un boîtier séparé. Il est relié au groupe calcula-

teur proprement dit par un câble à plusieurs conducteurs. La machine à écrire électrique est également disposée à l'extérieur du coffre principal du groupe calculateur (voir la page 14).

### Sous-ensemble d'alimentation

Le sous-ensemble d'alimentation comprend les parties suivantes :

- deux redresseurs stabilisés de  $-6,3$  V, 3,5 A et de  $+6,3$  V, 2,8 A destinés, respectivement, à l'alimentation des multi-vibrateurs et des montages de portes
- un redresseur stabilisé de  $-50$  V, 0,25 A pour alimenter les circuits des relais,
- un redresseur de  $+50$  V, 60 mA pour la tension d'alimentation de l'anode des tubes indicateurs DM 160.
- Une source de tension alternative de 1,0 V, 4 A pour les filaments des tubes DM 160.

Les redresseurs indiqués ci-dessus sont tous équipés de dispositifs semiconducteurs et sont alimentés à partir d'une tension de secteur alternative de 220 V. Le groupe consomme une puissance approximative totale de 80 W.



Essai sur l'un des panneaux du compteur.

---

*Les schémas publiés sont donnés sans garantie quant à leur protection éventuelle par des brevets.*

---

Le Gérant : R. GONDRY

---

## **C<sup>IE</sup> DES PRODUITS ÉLÉMENTAIRES POUR INDUSTRIES MODERNES**

Services Comm<sup>x</sup> et Magasins : 7, passage Charles Dallery - PARIS-XI<sup>e</sup>

Téléphone : VOLtaire 18-50

Usine à EVREUX

R. C. Evreux 55 B 74