

Les machines à calculer arithmétiques

André Saint-Joanis

▶ To cite this version:

André Saint-Joanis. Les machines à calculer arithmétiques. Autre [cs.OH]. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 1951. tel-00165224

$HAL\ Id:\ tel-00165224$ https://theses.hal.science/tel-00165224

Submitted on 25 Jul 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

LES MACHINES A CALCULER ARITHMÉTIQUES

Vu:

Grenoble, le 3 décembre 1951.

Le Président de la Thèse,

L. NÉEL.

Vu:

Grenoble, le 29 novembre 1951.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,
L. MORET.

Vu et permis d'imprimer :
Grenoble, le 12 décembre 1951.

Le Recteur de l'Académie de Grenoble,
H. PARISELLE.



DEUXIEME THESE

Propositions données par la Faculté

LES MACHINES A CALCULER

ARITHMETIQUES

A.Saint - Joanis - Ingénieur I.E.G.

Deuxiéme thése

LES MACHINES A CALCULER ARITHMETIQUES

André Saint - Joanis Ingénieur I.E.G.

deux types de machines modernes:

- a) Les machines arithmétiques que nous nous proposons d'étudier.Les nombres y sont représentés par des états stables, bien distincts les uns des autres, dont les variations se font unité par unité.Les problèmes ayant été ramenés, au préalable, à la combinaison des opérations fondamentales de l'arithmétique, elles les effectuent dans l'ordre prescrit.
- sont essentiellement différentes de celles du premier type. Dans ces machines, on réalise une combinaison d'oreganes mécaniques, ou électriques, plus généralement physiques, obéissant à des lois représentées par les équations dont on cherche la solution. Elles sont, en général, construites pour des calculs spéciaux, alors que celles du premier type sont universelles. Les variables sont représentées par des grandeurs physiques continues (positions anguelaires d'arbres tournants ou tensions électriques). Dans l'analyseur différentiel de Bush, on trouve principalement des intégrateurs mécaniques et des engrenages différentiels. Ces machines font elle-même le travail mathématique. Il suffit de traduire les équations, avec leurs conditions initiales, en connexions mécaniques ou électriques, et en rapport

d'engrenage, ou en rapport de tensions électriques. Les résultats se présentent sous la forme d'une liste de nombres, ou plus souvent sous la forme de courbes. A l'heure actuelle, le point faible des machines analogiques est leur précision insuffisante: elles donnent rarement plus de trois chiffres exacts.

HISTORIQUE.

En I642, Blaise Pascal monta la première machine à additionner, pour soulager le travail comptable de son pére. De nombreux savants, Roth en I841, Felt en I885, Wahl en I907, perfectionnent sa machine, et mettent au point la machine à multiplier.

Jacquart invente le dispositif à cartes perforées, pour le tissage. Hollerith s'en sert dans les premières machines à statistiques.

En 1834, l'anglais Babbage se propose, à partir des quatre opérations fondamentales de l'arithmétique, de construire un ensemble capable de faire n'importe qu'elle suite d'opérations déterminée à l'avance, et d'imprimer les résultats.

En 1876, Thomson démontre la possibilité de résoudre les équations différentielles, et les équations aux dérivées partielles, aux moyens d'intégrateurs mécaniques. Le problème est repris par Torrès qui, en 1893, réussit à établir une machine.

Nous retrouvons les idées de ces précurseurs dans

CALCUL MECANIQUE

On entend par ce terme, l'analyse d'un calcul numérique destiné à être posé à une machine capable d'effectuer seulement les opérations élémentaires - addition, soustraction, multiplication, et quelquefois division -, sur des données numériques, et des valeurs de tables de fonctions usuelles ou expérimentales.

Ainsi l'intégrale est réduite à une suite d'additions et de multiplications: on divise l'intervalle d'intégration, en un très grand nombre d'intervalles partiels. La précision dépend naturellement du choix de l'intervalle des subdivisions.

La dérivée étant la limite du rapport d'un accroissement de la fonction à l'accroissement de la variable, on prend pour la machine des accroissements finis, mais petits. La précision dépend surtout de la méthode employée.

Une formule intégrale, différentielle, ouintégrodifférentielle se traduit par une série d'opérations à faire dans un certain ordre. Par conséquent, si l'on veut obtenir le maximum d'automatisme dans l'obtention du résultat final, il faut que la machine comporte, en plus d'un ou des organes de calcul, les organes essentiels suivants:

- a) Un organe de mémoire qui enregistre sous un numéro d'ordre, les données du problème, les résultats partiels, les valeurs des tables de fonction. Ces valeurs emmagasinées sont reprises en temps voulu par l'intermédiaire de l'organe de programme.
- b) Un organe de programme ou de commande qui matérialise les moyens d'action de l'homme sur le fonction-nement de la machine. Il relie, par l'intermédiaire d'un certain code l'organe de calcul, àl'organe de mémoire.

Une telle organisation de machines peut résoudre:

- a) des tables de fonctions,
- b) un système d'équations avec un grand nombre d'équations.
 - c) une équation de dégré élevé,
- d) des équations différentielles ou intégrales, portant sur une variable réelle.
- e) des équations aux dérivées partielles, et des équations intégrales à deux variables, problémes limites pour les machines actuelles.

Elles trouvent leurs applications:

En MATHEMATIQUES PURES: Elles ouvrent une branche nouvelle des mathématiques, les mathématiques expérimentales, étude de solutions construites sur la machine, pour des équations dont le mathématicien a beaucoup de peine à trouver les régles générales, étude des équations pour lesquelles il est incapable de fournir une solution, ou même savoir s'il y a une ou plusieurs solutions.

En SCIENCES: physique, aérodynamique, astronomie, météorologie, géodésie, résistance des matériaux.

En STATISTIQUES, et en COMPTABILITE.

Cependant, leur emploi necessite un programme soi gneusement préétabli, avec soin, par le mathématicien. Ce programme varie avec le type, les possibilités, l'agencement
général, des organes de la machine utilisée. Un grand nombre de problèmes, qui comportent des séries en chaine simple ou complexe, de milliers et même de millions d'opérations élémentaires, ne peuvent être résolus que si la machine fonctionne suffisamment vite, depuis son entrée jusqu'à
sa sortie, et si elle possède une mémoire d'assez grande
capacité.

CLASSIFICATION DES MACHINES ARITHMETIQUES

A) - Les machines de bureau:

Leur seul et unique organe: l'organe de calcul évite déjà à l'homme le calcul des opérations élémentaires: addition, soustraction, multiplication, et division, lui permet, ainsi, de gagner un temps considérable. Ces machines retiennent un nombre, le dernier résultat obtenu, qui doit être immédiatement utilisé, ou transcrit sur un papier, par l'utilisateur, s'il constitue un résultat partiel. Leurs prix relativement faible par rapport à celui des grandes machines, et leurs temps d'opération mesurés déjà enseconde, font que les machines de bureau sont couramment employées pour la résolution de calculs numériques, et sont considérées comme des auxiliaires précieux par le mathématicien.

B) - Les machines à statistiques:

En plus de l'organe de calcul, ces machines possédent un organe de mémoire, en principe illimité, la carte perforée: carton de format standard, sur lequel on représente les chiffres d'un nombre, par des trous placés suivant un code uniforme Ces machines comportent plusieurs éléments spécialisés, dont l'organisation constitue le programme. Celui - ci se compléte par un agencement particulier de la carte perforée, qui peut ainsi commander elle - méme, les opérations sur les nombres qu'elle enregistre. Dans ces dispositifs, l'homme intervient également, au cours du fonctionnement pour manipuler les cartes, et cabler les tableaux de commande.

C) - Les grandes machines universelles :

Elles peuvent résoudre les problèmes les plus variés à condition que leur travail soit, au préalable, soigneusement préparé, et organisé par le mathématicien. Elles comprennent, naturellement, tous les organes essentiels que nous avons signalés ci-dessus, avec en plus des organes de liaison à l'entrée et à la sortie. Leurs caractères principaux sont: leur grande vitesse de calcul et de liaison entre organes, leur mémoire extraordinaire pouttant insuffisante dans certains cas, leur fonctionnement entiérement automatique, qui ne necessite aucune intervention humaine, lorsque les ordres et les données ont été enregistrés une fois pour toute.

LES MACHINES DE BUREAU

Elles se divisent en deux catégories:

A) - La machine comptable ou additionneuse:

Elle est spécialement conque pour faire des additions ,et accessoirement de petites multiplications, par
additions successives, et répétées du même nombre. Nous trouvons dans cette machine les organes fondamentaux suivants:
UN CHIFFREUR INTERMEDIAIRE composé d'un certain nombre de
roues succeptibles d'occuper chacune dix positions, représentant les chiffres de 0 à 9. Le nombre de ces roues définit la capacité du chiffreur. Un viseur, constitué par une
lucarne, compléte le chiffreur et permet de repérer les positions de ces organes.

UN TOTALISEUR; c'est un chiffreur muni d'un reporteur. Ce dernier organe exécute automatiquement la retenue dans l'addition ou la soustraction. La retenue, qui consiste à déplacer d'une unité la roue d'un chiffreur, lorsque la roue immédiatement à droite passe de 9 à 0, s'effectue par l'énergie emmaganisée dans un ressort pendant une révolution complète de la roue d'attaque.

UN CLAVIER REDUIT de 9 touches (I,2,3,4,5,6,7,8,9), qui commande le totaliseur par l'intermédiaire du chiffreur intermédiaire, organe de controle.

UN DISTRIBUTEUR constitué par le chariot mobile qui porte le totaliseur, et par le tabulateur, clavier qui permet de déterminer l'ordre décimal du chiffre posé sur le clavier réduit.

Le chariot mobile sert également de porte-papier, et comme sur une machine à écrire, permet d'imprimer immédiatement les nombres à additionner ou à soustraire, ainsi que les résultats des opérations.

B) - La calculatrice:

Un organe supplémentaire, l'entraineur, permet de faire la multiplication et la division.

L'entraineur, pièce mobile de révolution se déforme suivant le nombre du multiplicande posé sur un clavier complet comportant plusieurs colonnes de 9 touches. A chaque tour de révolution, il transmet sa déformation au totaliseur, toujours porté par un chariot mobile.

La machine à deux chiffreurs intermédiaires, l'un "le chiffreur du clavier, indique le nombre posé sur le clavier (le multiplicande), l'autre "le chiffreur du multiplicateur", indique le nombre de tours exécutés par l'entraineur, pour les différentes positions du chariot mobile.

Soit à multiplier 357 par 69 : Le chariot mobile étant dans sa position la plus à gauche, en pose 357 sur le clavier complet .On fait tourner l'entraineur 9 fois, le totaliseur indique alors 357 x 9 = 3213 .On déplace le chariot d'un rang vers la droite, et on fait tourner l'entraineur 6 fois, il transmet alors au totaliseur 357 x 6= 2142; mais celui-ci indique le total : 3213

2142
24633

qui est bien le produit 357 x 69.

Nous remarquons que la durée de la multiplication est indépendante du nombre de chiffres du multiplicande.

Dans l'exemple ci-dessus, elle sera 6 + 9 = 15 fois le temps necessaire à une addition, plus le temps necessaire au déplacement du chariot d'un rang vers la droite.

Suivant le mode d'entrainement du chariot et de l'entraineur, ces machines sont:

SIMPLES: les manoeuvres se font à la main (Modéle Vaucanson)

A REPETITION: l'entraineur, dont l'axe est solidaire de
celui d'un moteur électrique se commande, pour chaque ordre
décimal, au moyen d'une touche que l'on tient abaisser
jusqu'à ce qu'il ast fait le nombre de tours voulu. Le
chariot se déplace automatiquement lorsque la touche remonte.

SEMI-AUTOMATIQUE (Modéle Peerless): Elles possédent un clavier réduit supplémentaire de 9 touches pour poser chiffre par chiffre le multiplicateur. Lorsque l'on appuie sur la touche 7, par exemple, un moteur électrique actionne l'entraineur et l'arrête automatiquement à la fin du 7è tour. Le chariot se déplace automatiquement, à partir du deuxième ordre décimal.

AUTOMATIQUE (Modéle Monroë): L'utilisateur inscrit le multiplicande sur un clavier complet, inscrit également le multiplicateur sur un clavier complet, et déclenche la multiplication, au moyen d'une touche de commande. Toutes les opérations se font alors automatiquement. Il ne reste plus qu'à lire le résultat.

La division s'éxecute d'une manière identique en sens inverse : le quotient se lit sur le chiffreur du multiplicateur et le reste sur le totaliseur.

Tous les chiffreurs peuvent être remis à zéro par des commandes indépendantes, complétées quelquefois d'une commande simultanée.

Des index mobiles placés sur des viseurs permettent de repérer les virgules, pour les nombres décimaux. Les nombres négatifs sont representés par leurs compléments à 9, comme pour les logarithmes.

Les machines les plus courantes permettent de calculer sans recopie, les expressions de la forme :

Sur la "Monroe" automatique, on peut calculer $a^2 + b^2 + c^2 + \dots + \dots$, avec la seule pose des valeurs a,b,c, . . . Cette machine permet également d'emmagaziner un multiplicateur commun, pour s'en servir quand on le désire. Cette caractéristique est utile pour le calcul des expressions de la forme kx + y . Sur certaines machines "Monroë", grace à un commutateur de report, on peut automatiquement faire passer un nombre, inscrit sur le totaliseur, sur le chiffreur du clavier, ce qui permet de calculer des produits de la forme a. B. c., sans transcription sur un papier.

La précision de la machine dépend de la capacité de ses chiffreurs. Pour les modéles les plus courants (Peerless), le chiffreur du clavier contient 9 chiffres, celui du multiplicateur 8 chiffres, et celui du totaliseur 13 chiffres. Ceux des modéles les plus perfectionnés (Monroë et Marchant) ont des capacités de IO, IO, et 2I chiffres. Même l'utilisateur le plus habitué fait quelquefois des erreurs de manipulation. Il est admis de consacrer environ, un tiers du temps total aux vérifications, en recommençant certaines séries de calcul dans un ordre différent.

La vitesse d'une calculatrice se définit à partir du "cycle d'addition", temps nécessaire à l'entraineur pour faire un tour, et enregistrer le multiplicande sur le totaliseur. Le plus grand nombre de modéles opérent avec des vitesses de 500 à650 cycles par minutes; certains modéles atteignent la vitesse de I350 cycles par minute (voir le tableau ci-dessous). Pour qu'une calculatrive soit vraiment rapide, il faut que sa manoeuvre réduise les temps perdus au maximum (inscription des nombres sur les claviers, mise en place des leviers indicateurs d'opération, manoeuvre des touches de commande, déplacement du chariot mobile). Avec certains modéles automatiques, ces temps sont insignifiants devant le temps nécessaire à l'utilisateur pour transcrire les résultats partiels sur le papier.

	FRIDEN	MARCHAND	: Monroe
Vitesse de base (cycles par minute)	500	1350	650
Durée en secondes de la multiplication: 9.999.999.999 X 9.999.999.999	12	IO	II
Durée en secondes de la division: 9.999.999.999 3.141.592.654	9	8,5	10
Durée en secondes de la division: 9.999.999.999 28.182.846	9	8	9,5

Dans une journée de 8 heures, un bon opérateur peut faire 400 multiplications ou divisions de 10 chiffres, un millier d'additions. Dans ceci, on compte le temps nécessaire pour enregistrer la réponse de chaque opération et fabriquer avec soin et exactitude des bulletins élementaires. Une bonne organisation du programme de travail consiste naturellement à poser le moins possible de nombre sur le clavier, et à éviter au maximum les résultats partiels à transcrire sur le papier.

LES MACHINES A STATISTIQUES

Ces machines utilisent le système à carte perforée, qui est à la fois un dispositif de liaison, et de mémoire. Les nombres sont enregistrés sur ces cartes au moyen de trous perforés. Ils sont traduits par les machines par l'intermédiaire de contacts électriques qui se forment à travers les perforations, et qui ferment les circuits d'excitation de relais électromagnétiques. Ces relais, synchronisés avec le mouvement de la carte dans la machine, agissent sur différents dispositifs mécaniques qui trient, reproduisent, traduisent, impriment, ou calculent. Nous décrivons plus particuliérement le matériel I.B.M. (International Business Machine corporation).

A) - La carte I.B.M. :

A l'état initial, c'est un carton de format standard et précis, sur lequel sont imprimées 80 colonnes comportant chacune 12 repéres désignés par y,x,0,1,2,3,4,5,6,7,3,9. On représente, par des perforations mises à la place des caractères d'imprimerie, tous les chiffres du système décimal; on indique si le nombre composé avec plusieurs colonnes

est négatif ou positif, en perforant x , ou en le laissant non perforé. En comptabilité, y et x combinés avec les chiffres, suivant un code, permettent de désigner les lettres de l'alphabet. La perforation "x" peut servir également, pour commander des dispositifs de controle, et de sélection dans les machines.

Chaque carte est divisée en un certain nombre de sections.Le nombre de colonnes par section dépend de la nature du calcul, et de sa précision (capacité de la section). Dans la méthode "digit", en réserve une colonne dens un ou plusieurs sections, pour indiquer des groupes de cartes.Ces cartes passent dans plusieurs types de machines spécialisés pour un travail bien déterminé.

B) - La perforatrice :

C'est une machine à écrire poinçonneuse, à 12 touches. Elle inscrit sur la carte les données du probléme.

Après chaque manoeuvre d'une touche, la carte se déplace
automatiquement d'une colonne. Des commandes auxiliaires
permettent de sauter des colonnes, ou d'éjecter la carte
immédiatement après la derniére manoeuvre.

C) - La vérificatrice :

Elle vérifie efficacement le travail fait par la précédente machine. Quand une touche est abaissée, la carte se déplace d'une colonne si elle est bien perforée; sinon elle s'arrête.

D) - La traductrice imprimeuse :

Cette machine traduit et imprime sur des bendes d'imprimerie, les informations perforées sur les cartes. Un tableau de commande permet de cabler la machine de façon à traduire les colonnes, dont on désire connaître en clair l'information, et de façon à imprimer les caractères, suivant une disposition convenable sur le papier.

E) - La trieuse :

Aprés avoir perforé les données, on dispose en général d'un grand nombre de cartes, qui peuvent se diviser en groupes désignés par un chiffre dans une colonne d'une section (méthode "digit").

Les cartes qui alimentent la trieuse passent sous un balai électrique, réglable suivant la colonne désignée. Cette lecture électrique qui commande un relais temporisé, a pour conséquence l'ouverture d'un casier, dont le numéro d'ordre correspond à la perforation, devant la carte qui défile à une vitesse uniforme. Si une carte n'a pas de perforation dans la colonne désignée; la machine la rejette dens son 13 éma casier.

F) - La reproductrice à grande vitesse :

Cette machine a deux alimentations A et B.

L'alimentation A comporte 80 balais de lecture, et 80 balais de controle. L'alimentation B dispose de 80 poincons, et de 80 balais de controle. Elle peut fonctionner de deux façons différentes.

- I) Les files de cartes à reproduire passent dans la partie A,et les nouvelles cartes dans la partie B.La lecture de A commande, par l'intermédiaire d'électro-aimants, les poinçons de B.Si les 2 controles simultanés ne s'accordent pas, la machine s'arrète.
- 2) Toutes les cartes passent dans l'alimentation B.La carte maitresse à reproduire, en trés grand nombre, est mise devant les nouvelles cartes. Les poinçons sont alors reliés électriquement aux balais de controle. L'information de chaque carte est transmise à la suivante. La partie A de la machine peut être utilisée pour le pointage des cartes.

G) - Le "tabulator" :

C'est une machine trés spécialisée, conque plus particuliérement pour la comptabilité, dont la fonction consiste à additionner ou à soustraire les nombres placés en liste dans une même division de colonnes. 80 balais d'addition, et 80 balais de controle, lisent une par une les cartes placés dans l'alimentation, qui sortent sans avoir subi aucune transformation. Chaque balai d'addition commande une roue d'addition d'un des 4 compteurs de

capacité IO, (ou un des 5 compteurs de capacité 8). Chaque bras de controle compare une colonne d'une carte avec la colonne correspondante de la carte précédente.Les cartes destinées à son alimentation sont déja classées en groupes. et même en séries de plusieurs groupes. Pour chaque division des cartes, le nombre lu sur une carte s'additionne dans un compteur au nombre lu dans la même division sur la carte précédente. On peut évidemment commander à la machine 4 (ou 5) additions simultanées, sans ralentir son rythme de fonctionnement. A la fin d'un groupe ou d'une série un ou plusieurs bras de controle commandent la remise à zéro d'un ou plusieurs compteurs, et la traductrice imprimeuse attelée à la machine imprime alors automatiquement les résultats, ou tataux par groupe ou par série, sur 4 (ou 5) bandes de papier de format standar dont le déroulement est synchronisé avec le reste de la machine. Si les résultats obtenus doivent être utilisés pour d'autres calcula. grace à une perforatrice commandée électriquement par le "tabulator", ils sont perforés automatiquement sur de nouvelles cartes dans les colonnes choisies.

Pour obtenir un certain nombre de combinaisons, un tableau de commande qui sert d'intermédiaire électrique entre la lecture et le controle d'une part, et d'autre part entre la lecture et la commande des compteurs, ainsi que celle de la traductrice imprimeuse, et celle de la perforatrique

permet de cabler la machine suivant ce que l'on désire obtenir. Ainsi on peut à vomonté faire I,2,3, ou 4 (ou 5) additions simultanées, imprimer et perforer les totaux par groupe ou par série de groupes, et même imprimer les données figurant sur chaque carte.

Pour faire des sommes algébriques, ou soustraire un groupe de carte à un autre groupe de carte, il suffit d'indiquer les nombres négatifs par une perforation "x".

H) - La calculatrice :

Cette machine , d'utilisation plus souple que la précédente, permet de faire sur une même carte les opérations suivantes: A X B, AX B $\stackrel{+}{=}$ C, A X B $\stackrel{+}{=}$ C $\stackrel{+}{=}$ D .

Aprés sa lecture sous 80 balais de commande, et 4 balais réglables de controle, qui détectent les perforations "x" (†), la carte s'achemine sous les poinçons, pendant que les compteurs font leurs opérations. A sa sortie, elle a les perforations du résultat final, et des résultats partiels si on le désire.

L'exemple ci-dessus indique comment la machine effectue une multiplication. Les produits partiels sont données par une table de multiplication électrique :

La multiplication A X B nécessite donc 5 compteurs: le numéro I enregistre le multiplicande, le numéro 2 enregistre le multiplicateur, le numéro 3 totalise les nombres formés par les dizaines des produits partiels, le numéro 5 totalise les nombres formés par les unités des produits partiels, le numéro 7 est un totaliseur général. Pour la série d'opérations A X B + C + D, les nombres C et D s'enregistrent sur deux autres compteurs: le numéro 4 pour C et le numéro 5 pour D.Il est possible de transférer simultanément, le contenu du numéro 4 dans le numéro 3, et le contenu du numéro 6 dans le numéro 5, ou de transférer successivement le contenu du numéro 3, ou du numéro 4, ou du numéro 5, ou du numéro 6, dans le totaliseur général numéro 7.

On dédouble la somme des produits partiels pour la raison suivante: une roue d'addition ne peut enregistrer qu'un chiffre à la fois alors que la table de multiplication électrique en fournit deux à la fois, pour chaque ordre décimal.

C'est une machine à "cycles" d'opération (le mot anglais est "cyclic"). La lecture de la carte et le transfert des données dans les compteurs I,2,4 et 6,nécessitent 2 cycles. Le transfert des dizaines et des unités des produits partiels dans les compteurs 3 et 5 se faisant simultanément, la multiplication partielle exige autant de cycles

qu'il y a de chiffres au multiplicateur. Le transfert simultané de 4 à 3, et de 6 à 5, ne demande qu'un cycle, alors qu'il en faut deux pour verser les compteurs 4 et 6 dans le compteur 7, ou les compteurs 5 et 5 dans le même compteur 7. La perforation se faisant colonne par colonne, il faut I cycle par colonne perforée. Ainsi dans le cas du calcul: A X B + C + D, si on désire perforer seulement le résultat final, il y a intérêt à transférer les compteurs 4 et 6 dans les compteurs 5 et 4, plutôt que dans le compteur 7, car on gagne de cette façon I cycle.

Le compteur 7 a une capacité de 10 chiffres, alors que tous les autres ont une capacité de 8 chiffres. Les compteurs sont commandés par des relais alimentés par des tensions continues différentes, fournies par un groupe convertisseur, ce qui permet de les sélectionner sur le tableau de commande.

Aprés chaque carte, tous les compteurs sont remis à zéro, sauf le compteur 7 qui se vide seulement à la commande de l'indication d'une fin de groupe. Ainsi on peut faire le calcul:

(A X B $\stackrel{+}{=}$ C $\stackrel{+}{=}$ D) $\stackrel{+}{=}$ (A' X B' $\stackrel{+}{=}$ C' $\stackrel{+}{=}$ D').... $\stackrel{+}{=}$...

La calculatrice éxécutera seulement:

$$(A \times B) \stackrel{!}{=} (A' \times B') \stackrel{!}{=} \dots : \stackrel{!}{=} \dots :$$

et le "tabulator"plus rapide, sera chargé d'éxécuter la somme algébrique:

$$D = C = D' = C' \dots + (AB = A'B' = \dots)$$

Si un groupe de cartes posséde un multiplicande commun, on conserve naturellement celui-ci dans son compteur.

Nous avons ainsi décrit toutes les machines succeptibles de servir au mathématicien, qui doit fournir un
programme, et les données au technicien spécialiste, responsable d'une salle de machines. Ce dernier organise la suite
des opérations suivant le nombre et la vitesse des différents types de machines dont il dispose. Dans cette organisation, et dans le cablage des tableaux de commande, il évite au maximum les gaspillages de temps. Si, par exemple, il
économise un cycle dans la calculatrice, sur des milliers
de cartes, il arrivera ainsi à gagner des heures. Des manoeuvres spécialisés tapent les données aux perforatrices,
surveillent les autres machines, et manipulent les cartes
entre deux opérations.

En cas de panne d'un de leurs organes électriques ou mécaniques, les machines peuvent faire des erreurs. Il est possible de faire un controle efficace sur les totaux généraux, en recommençant les calculs d'une façon différente, mais souvent plus rapide, car on omet simplement de

perforer les résultats partiels.

Ces machines ont des vitesses trés différentes:

la perforatrice et la vérificatrice passent I25
à 200 cartes par heure;

la trieuse en passe 20.000 à l'heure;
la reproductrice et la traductrice imprimeuse,
6.000 à l'heure;

le "tabulator", 9.000 sans imprimerie, ni perforation; 4.500 seulement, avec imprimerie; sa perforatrice passe 10 colonnes par seconde, et il lui faut I,5 seconde pour alimenter une nouvelle carte; il faut I, I seconde pour la remise à zéro, entre chaque groupe d'addition.

la calculatrice fonctionne à la vitesse de 150 cycles par minute;

Exemples: multiplication d'un nombre de 8 chiffres par un nombre de 8 chiffres, avec IO chiffres du résultat perforés, à la vitesse de 730 cartes par heure; même multiplication sans perforation à la vitesse de 870 cartes par heure; multiplication d'un nombre de 8 chiffres par un nombre de 5 chiffres, sans perforation, à la vitesse de I.350 cartes à l'heure.

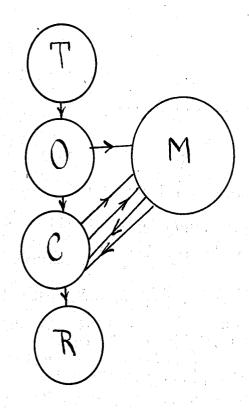
LES GRANDES MACHINES UNIVERSELLES

Ces machines sont appelées universelles, parce qu'elles permettent de résoudre les problèmes les plus variés. Elles exécutent à très grande vitesse, une suite plus ou moins complexe de centaines de milliers d'opérations élémentaires (addition, soustraction, multiplication, division, extraction de racine carrée ...), suivant un plan de travail soigneusement établi par un mathématicien. Leurs caractéristiques essentielles par rapport aux machines à statistiques sont les suivantes:

- a) elles calculent et commandent leurs calculs beaucoup plus vite;
- b)elles ont, en général, une mémoire beaucoup plus considérable:
- c)une fois le programme établi, les données et les instructions données, le fonctionnement de l'ensemble ne nécessite aucune intervention humaine.

A) - Schéma général:

Le schéma de la figure ci-contre montre sommairement leurs organes fondamentaux, liés entre eux automatiquement, soit par des supports matériels (bandes perforées, par



exemple), soit par des circuits électriques ou électroniques, pour le transfert des nombres et des ordres.

T désigne l'organe de transcription des données et des instructions du mathématicien.

O désigne l'ordonnateur quid déclenche, et controle les opérations dans l'ordre voulu.

C désigne l'organe de calcul qui comprend en général des totali-

seurs, un multiplieur (multiplication, division, et extraction des racines carrées), et un interpolateur.

M désigne l'organe le plus volumineux de la machine: la mémoire ou magasin qui reçoit, conserve, et distribue les résultats partiels, qui emmagasine les constantes, les tables de fonctions usuelles (log.x, IO^X, sin.x).

R désigne l'organe traducteur des résultats en langage naturel.

Pour montrer l'importance de ces machines, nous décrivons sommairement deux d'entre elles.

B) - "L'Automatic Sequence Controlled Calculator" (calculateur automatique à opérations ordonnées)

C'est la première grande machine à calculer.Conque par les chercheurs de l'Université de Harvard, sous la direction de H.H.Aiken, elle a été construite avec l'aide de la compagnie I.B.M., et mise en service en 1944.Elle a une longueur totale de 18,8 métres, et une hauteur de 2,43 métres.Eléctromécanique, elle utilise les éléments des machines à statistiques.Les mouvements sont commandés par des impulsions fournies par un synchroniseur, et un moteur de 4 CV. entraine les mécanismes.

Elle comprend:

- a) UNE MEMOIRE: elle est composée de 60 chiffreurs manoeuvrés à la main,72 totaliseurs, des tables électromécaniques de log.x,10^x,et sin.x.
- b) UN CALCULATEUR qui utilise les totaliseurs de la mémoire, pour les additions et les soustractions (capacité de 23 chiffres), et un multiplieur pour la multiplication et la division, 3 interpolateurs capables d'interpolation jusqu'au II^e ordre.
- c) UN ORDONNATEUR GENERAL composé de tambours sur lesquels se déroule une bande de papier perforé, dont chaque ligne porte 24 perforations divisées en 3 groupes A,B,C. Chaque ligne représente un ordre élémentaire:

prendre un nombre dans l'élément A, envoyer ce nombre à l'élément B, faire l'opération C.

d) - LA TRANSCRIPTION DES DONNEES ET DES RESULTATS se fait au moyen de cartes perforées.

La multiplication s'exécute de la façon suivante: le multiplieur reçoit le multiplicande de l'ordonnateur. Sa table de multiplication fait le produit de ce multiplicande par I,2,5,9 .Il demande le multiplicateur, choisit alors les produits partiels, les ajoutent en les décalant comme il convient. Ensuite l'ordonnateur fait passer le produit sur un chiffreur de la mémoire.

La division beaucoup plus longue, s'exécute par comparaisons du dividende avec les 9 multiples entiers du diviseur, par soustractions, et décalages vers la droite.

VITESSE DE CETTE MACHINE :

Opérations	: Temps en secondes
Addition	0,3
Soustraction	: 0,3
Multiplication	6
Division	11,4
Log _{IO} x	68,4
10 ^x	61,2
Sin.x	60

Ces temps s'entendent pour des nombres de 23 chiffres.

On ne garde que I5 chiffres du résultat.

La vitesse de l'ordonnateur est de 200 pas à la minute.

En I jour de 24 heures, cette machine fait le travail de 6 mois (6 heures par jour) d'un calculateur de bureau bien équipé.

C) - L'Electronic Numerical Integrator and Computer: E.N.I.A.C. (Intégrateur et calculateur numérique, électronique)

C'est la première machine à calculer électronique. Construite de 1943 à 1946, elle est déjà considérée comme un avant-projet des machines en construction, qui seront beaucoup plus perfectionnées.

Elle utilise la technique du multivibrateur d'EcclésJordan (flip-flop), système électronique qui ne peut occuper
que 2 positions d'équilibre parfaitement stables. Une décade
est constituée par IO flip-flop (soit 20 triodes) connectés suivant une chaine fermée, un multivibrateur attaquant
le suivant dissymétriquement. L'attaque simultanée se fait
par série d'impulsions d'une durée de 2 microsecondes, séparées de IO microsecondes.

Elle a été spécialement étudiée pour l'établissement des tables de tir: problème nécessitant un très grand nombre d'opérations, avec peu de données. Elle comprend donc un petit magasin (20 chiffreurs-totaliseurs de capacité IO), et un calculateur rapide (l'addition dure 200 microsecondes,

et une multiplication de IO chiffres par IO chiffres dure 2.600 microsecondes). Les cartes perforées sont encore utilisées: un lecteur transforme les perforations en signaux électriques qui excitent des relais. Des commutateurs électroniques commandés par ces relais transmettent des impulsions fournies par un synchroniseur. Comme dans la précédente machine les résultats sont imprimés automatiquement.

L'ensemble comporte I8.000 lampes, I0.000 condensateurs, 6.000 interrupteurs Le chauffage des cathodes absorbe 80 kilowatts, l'alimentation en courant continu en absorbe 40, et la ventilation 20.

Pour résoudre:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + a.(I + b.cos.t).y = 0$$

soit IOO équations, on remplace chacune de ces équations par l'équation aux différences finies, avec $\Delta t = 0,0004$ (soit 7.850 intervalles). Celà nécessite :

7.850 x IO x IOO = 7.850.000 multiplications et beaucoup plus d'additions exécutées en I5 heures par l'E.N.I.A.C.

Autre exemple: la trajectoire d'un projectile en mouvement est représentée par le système différentiel:

$$y'' = -Ey' - g$$
; $x'' = -Ex'$

avec E =
$$\frac{e^{-hy}.G(y)}{c}$$
 et $y' = \sqrt{x'^2 + y'^2}$

Comme G(v) est une fonction qui exprime la résistance de l'air déduite expérimentalement, on doit trouver une solution particulière pour chaque groupe de conditions initiales, et pour chaque type de projectile. Un calculateur de bureau bien exercé, peut trouver la solution correspondante à une trajectoire de 50 secondes en 20 heures, alors que 30 secondes suffisent à 1'E.N.I.A.C.

D) - Systèmes de numération employés dans ces machines:

Les mains de l'homme ayant IO doigts, pour les machines de bureau, il ne sagrait être question d'utiliser un
système autre que la numération décimale. Mais dans les
grandes machines où le problème comporte un grand nombre
d'opérations, il est intéressant d'utiliser le système à
base 2 qui simplifie beaucoup les calculs, et notamment la
multiplication.

Dans le système binaire, ou à base 2, il y a deux chiffres 0, et I, et les puissances de 2 remplacent les puissances de 10 du système décimal:

21	est	représenté	par	IO
22	est	représenté	par	100
A	4 mi na 14 4	are and after than two man and and are are are a	in and the date of	
ene sue a		ne mai and som ene som per refer som sign spet som s	PK 200 MP 417 S	Při 1970. supj dan špát
2 n	est	représenté	par	IOn

Les deux exmples ci-dessous illustrent la traduction du binaire en décimal, et du décimal en binaire.

Ex. a(2)=100.110.101=1+100+10000+100000+100000000

$$a_{(10)}$$
 $a_{1+2}^2 + 2^4 + 2^5 + 2^8$
 $a_{1+4} + 16 + 32 + 256$
 a_{309}

Ex. $a_{(10)} = 137$. Pour trouver $a_{(2)}$ on divise ce nombre par 2, puis le quotient obtenu par 2..., et ainsi de suite. Les restes de ces divisions successives, notés de droite à gauche sont les chiffres de $a_{(2)}$:

Dans le système binaire les calculs sont très simples, comme le montre les tables d'addition et de multiplication ci-dessous:

lab.	1.0	d	8	dition	Tabl	e	đe) N	nu]	ti	plication
0	+	0	**	0		. 1	0x	0	***	0	
0	+	I		I		0	X	I	#	0	
I	+	0	\ 	1		I	X	0		0	
I	*	I	#	IO		I	X	I	**	I	

Les nouvelles machines étant toutes électroniques, le système binaire se prête beaucoup mieux aux opérations dans la machine: une décade est représentée par un seul multivibrateur alors que dans le système décimal il faut faire des combinaisons, couteuses par le nombre de lampes employées, ou lentes à cause des réactions entre multivibrateurs pour en diminuer le nombre (voir l'appendice); la multiplication se réduit à une simple addition. Dans le système binaire, un nombre est représenté par 3 fois plus de chiffres que dans le système décimal, mais il suffit de 2 signes pour le représenter. Si l'on néglige le 0, l'inscription se réduit à I signe (perforé ou non perforé, existence ou non d'un point noir sur un fond blanc).

Le grand inconvénient du système binaire est la nécessité de traduire les données écrites en décimal, en signes correspondants au système binaire, puis ensuite de traduire les résultats fournis par la machine, en langage naturel, écrit dans le système décimal.

E) - Les travaux français:

La "Société d'Eléctronique et d'Automatisme", aprés la fabrication des machines analogiques O.M.E., s'intéresse à celle des grandes machines arithmétiques électroniques.

Une autre grande machine française, est également en projet, sous la direction de L.Cauffignal qui décrit, dans plusieurs articles, ses caractères généraux essentiellement différents de ceux des machines américaines et anglaises.

NECCESITE DE PLUSIEURS ORGANES DE CALCUL POUR ECONOMISER

LA MEMOIRE: Dans les machines américaines le volume de la

mémoire est disproportionné par rapport à celui de l'orga
ne unique de calcul. Dans les problémes qui comportent

beaucoup de données et de résultats partiels, le magasin

est pourtant insuffisant.

L.Couffignal démontre que dans une chaine complexe de séries de calculs, on peut distinguer des phases enchainées et des phases indépendantes. Les phases indépendantes peuvent se poursuivre simultanément dans des parties différentes de la machine. Dans la machine en projet, un nombre élevé de dispositifs de calcul permettra d'organiser le travail de façon que les résultats partiels apparaissent à un instant où ils puissent être repris par un de ces organes de calcul, et non plus dans une case de la mémoire. Cette derniére jouera simplement, un role identique à celui d'une batterie d'accumulateurs tampons.

VITESSE ACCRUE: au lieu de faire l'addition des nombres, un par un, le totaliseur les enregistrera simultanément. Pour la multiplication, tous les produits partiels seront calculés et totalisés simultanément. Ainsi une multiplication d'un nombre de IO chiffres par un nombre de IO chiffres demandera 50 microsecondes.

Cette vitesse pose des problémes pour les dispositifs de liaison entre l'organs de transcription des données, et les organes de calcul.Les moyens mis en ceuvre seront magnétiques, photographiques ou même électroniques.De plus au lieu d'introduire, en une seule fois, la totalité des données, on les introduira au fur et à mesure que la machine en avura besoin, sans ralentir son rythme.

F) - Mise en code d'un problème:

Un problème mathématique posé avec les équations exprimées avec les symbolismes mathématiques usuels, doit être décomposé en un grand nombre d'ordres conformes à la structure de la machine arithmétique, qui doit le résoudre. Ensuite il faut classer ces ordres, de façon qu'ils s'adaptent au fonctionnement des différents organes de la machine qui agissent entre eux suivant un processus spécial. Cette liste étant établie convenablement, il faut l'écrire suivant un code ("coding" ou mise en code) pour pouvoir l'enregistrer sur des cellules de l'organe de mémoire. Ces séries d'ordres traduits sur la machine, sous forme de groupements de digits binaires (chiffres 0 et I - impulsion ou non impulsion), passent en cours de fonctionnement sur l'organe de commande qui dirige les opérations.

Nous remarquons donc que le coding dépend de la structure de la machine, ou plus exactement, avant de projeter une machine, on doit au préalable étudier avec soin le mode de "coding" qui sera utilisé. Il est évident qu'un "coding" compliqué correspond à une machine de structure simple, et vice-versa un "coding" simple correspond à une machine complexe, capable de résoudre plusieurs opérations à la fois. En général, on choisit un compromis entre les deux. Comme les machines se perfectionnent de plus en plus, le "coding" d'un problème n'est pas encore au point. Il existe

donc de nombreux types de code. Nous citons un des codes les plus connus, celui de Von Neumann qui a déjà subi des améliorations. Chaque ordre comprend l'adresse de départ du nombre, la désignation de l'opération à faire sur ce nombre, et sa destination. Adresse de départ et destination sont toujours deux cellules de la mémoire. Une adresse, celle du départ, ou celle de la destination, est toujours fixe.

C'est par exemple la mémoire du totaliseur. Elle n'est donc pas indiqué dans les nouveaux codes qué se trouvent ainsi simplifiés.

Comme il faut 5 digits pour désigner un organe de calcul, et I5 pour désigner une cellule de la mémoire, chaque ordre comprend 20 digits, et une cellule comprend toujours 2 ordres (il est convenu que sa capacité maximum est de 40 digits). Aussi, dans la liste des ordres ci-dessous, deux symboles sont utilisés, l'un désigne l'adresse du nombre (I5 digits), l'autre désigne l'opération à faire sur ce nombre (5 digits).

Ordres du code Von Neumann

ADDITION ARITHMETIQUE:

- I) S(x)—— Ac effacer le totaliseur et ajouter le nombre d'adresse x
- 2) S(x)—Ah ne pas effacer le totaliseur et ajouter le nombre d'adresse x
- 3) R A effacer le totaliseur et y transférer le contenu du chiffreur du multiplicateur.

4) At ____ S(x) transférer le contenu du totaliseur à l'adresse x.

SOUSTRACTION ARITHMETIQUE:

- 5) S(x) —— Ac- effacer le totaliseur et soustraire le nombre d'adresse x.
- 6) S(x) Ah- ne pas effacer le totaliseur et soustraire le nombre d'adresse x.

ADDITIONS ET SOUSTRACTIONS DE VALEURS ABSOLUES:

- 7) S(x) —— AcM effacer le totaliseur et ajouter la valeur absolue d'adresse x.
- 8) S(x) —— Ac-M effacer le totaliseur et soustraire la valeur absolue d'adresse x
- 9) S(x) AhM ajouter sans effacer la valeur absolue d'adresse x.
- 10)S(x) Ah-M soustraire sans effacer la valeur absolue d'adresse x.

OPERATIONS SANS ADRESSE:

- II) R multiplier le contenu du totaliseur par
- I2) L multiplier le contenu du totaliseur par

MULTIPLICATION PAR UN NOMBRE QUELCONQUE:

- 13) S(x) R effacer le chiffreur du multiplicateur et y introduire le nombre d'adresse x.
- I4) S(y) AR A effacer le totaliseur et multiplier le nombre d'adresse y. par le nombre situé dans le chiffreur du multiplicateur.

ORDRES CONDITIONNELS: ils modifient la succession des ordres et permettent de recommencer des séries d'opérations, sans répéter les ordres:

- I6) CC —— S(x) si le contenu du totaliseur ≥0, opérer comme CU.
- 18) CU —— S(x) transférer le controle à l'ordre de gauche de la paire de controles d'adresse x.

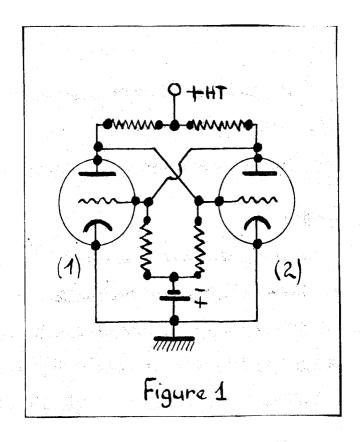
MODIFICATIONS DES CONTENUS DES CELLULES:

- 20) Ap —— S(x) remplacer les I2 digits de gauche, de la paire de controle d'adresse x (ordre de gauche), par les digits 9 à 20 du totaliseur (à partir de la gauche).
- 2I) Ap'--- S(x) remplacer les I2 digits de gauche, de la paire de controle d'adresse x (ordre de droite), par les digits 29 à 40 du totaliseur (à partir de la gauche).

Les ordres 16,17,18,19 permettent de faire les opérations de récurrence. Une récurrence est une suite d'opérations à faire un certain nombre de fois (-R ou +R). Lorsqu'une suite d'opérations est terminée, l'ordre 18 ou 19 permet de diriger à nouveau l'organe de commande sur la première des opérations. A chaque passage de l'organe de commande, on retranche ou on ajoute I au nombre R contenu dans le totaliseur. Ainsi lorsque la suite d'opérations a été faite R fois, l'ordre 16 ou 17 intervient pour diriger l'organe de commande sur une autre série d'ordres.

Les ordres 20 et 21 permettent de modifier le contenu d'un ensemble de mémoires en laissant fixe le déroulement des ordres. Ils sont utilisés pour les calculs qui portent sur des quantités devant prendre toutes les valeurs représentées par des différentes combinaisons d'indices.

Dans le "coding" de problèmes différents, on retrouve souvent des séries d'ordres identiques qui n'ont pas besoin d'être établies chaque fois. On constitue alors des sous-programmes qui sont enregistrés sur des bandes de papier perforées, ou sur des films magnétiques, ou sur tout autre dispositif, suivant le type de machine utilisée. Ces enregistrements peuvent servir indéfiniment, et simplifient considérablement le "coding".



APPENDICE

QUELQUES SYSTEMES ELECTRONIQUES UTILISES DANS LES MACHINES ARITHMETIQUES

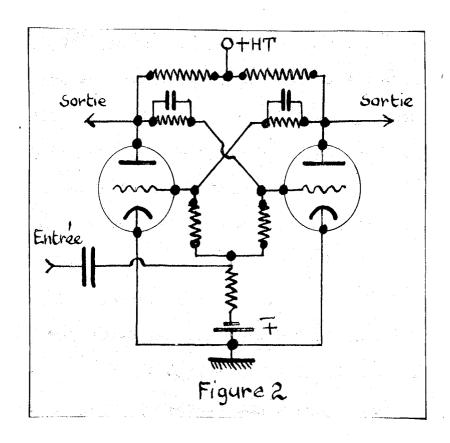
Les machines universelles électroniques constituent une trés vaste technique. Nous allons décrire sommairement quelques uns des nombreux dispositifs utilisés.

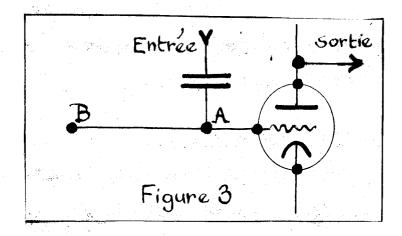
Basculateur :

C'est l'élément fondamental des machines arithmétiques électroniques.Les américains lui donnent le nom de "flip-flop".La figure I représente le schéma de principe du premier basculateur, ou multivibrateur d'Ecclès-Jordan. Il utilise deux triodes.Chaque grille d'une triodé est liée à l'anode de l'autre.

Supposons qu'à l'état initial, le tube (I) soit bloqué, et le tube (2) débloqué, avec un courant anodique normal. Si l'on applique une impulsion négative à la grille du tube (2), le courant plaque de celui-ci va diminuer.

Ceci entraine une augmentation du potentiel de la plaque (2), et par conséquent du potentiel de la grille (I). Ensuite





le courant plaque du tube (I) augmente, ce qui entraine une nouvelle diminution du potentiel de grille du tube (2), et ainsi de suite, jusqu'au moment où le tube (2) est complétement bloqué à son tour, et le tube (I) débloqué.

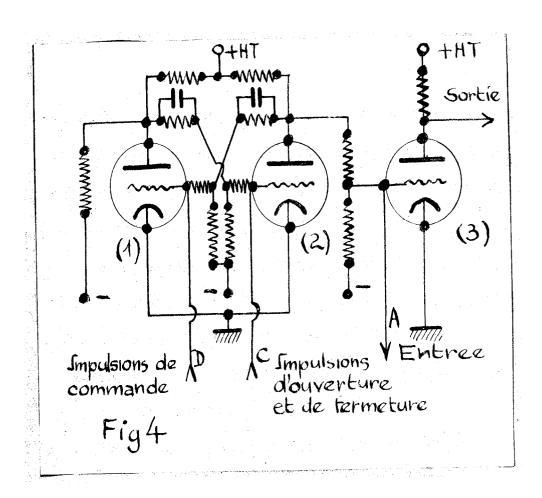
Il y a basculement des états réciproques des triodes (I) et (2).Ce système a donc deux états stables, et il suffit d'envoyer une impulsion négative sur la grille de la triode débloquée, ou une impulsion positive sur la grille de la triode bloquée, pour provoquer instantanément l'état inverse de celui existant.

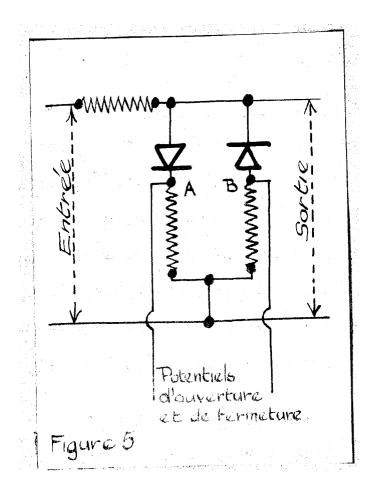
La figure 2 représente une montage symétrique de ce basculateur. L'attaque est commune aux deux grilles. Une impulsion toujours de même sens peut renverser le système, quelque soit son état initial. Si les impulsions successives sont négatives, elles agissent toujours sur la triode qui se trouve débloquée.

Premier type d'interrupteur :

Une triode utilisée comme interrupteur (figure 3)
ne permet le passage des impulsions positives venant en A,
que si le point B est d'un potentiel cenvenable. Ce dernier
dépend de la position d'un basculateur. Dans le premier
état, il est négatif et ne permet pas le passage. Dans le
deuxième état, il est moins négatif, et les impulsions arrivant en A peuvent débloquer la triode, et passer.

Dans le dispositif de la figure 4,1'ouverture et





la fermeture du tube (3) peuvent être commandées par deux impulsions appliquées aux tubes (I) et (2) d'un basculateur. En état d'ouverture, le tube (2) est débloqué, et son potentiel d'anode est trés faible. Une impulsion négative appliquée en C provoque le basculement, le potentiel d'anode (2) augmente, et la triode (3) laisse passer les impulsions arrivant en A. Une impulsion négative appliquée en D provoque le basculement en sens inverse.

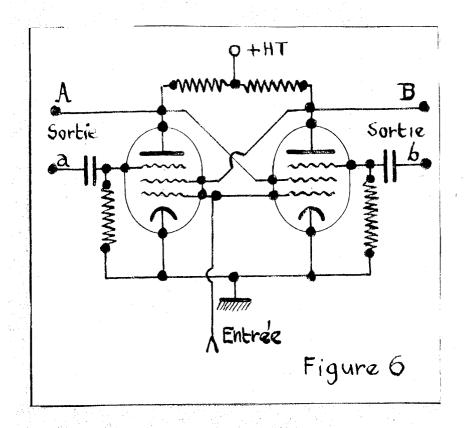
un nombre d'impulsions déterminé. Les impulsions appliquées à (5) attaquent également un compteur agencé de telle sorte qu'au bout de n impulsions, il transmet la n^{1éme} impulsions en D.

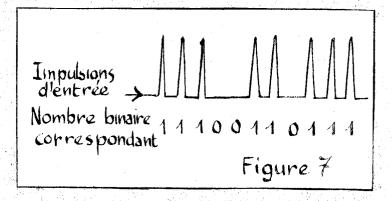
Deuxième type d'interrupteur : (figure 5)

Il utilise deux diodes. Suivant le signe du potentiel appliqué entre A et B, ces diodes sont bloquées ou débloquées. Quand elles sont bloquées, elles se comportent comme des résistances infinies, et les impulsions arrivant à l'entrée se retrouvent intactes à la sortie. Quand elles sont débloquées, elles se comportent comme des résistances trés faibles; les impulsions sont alors court-circuitées.

Exemple de commutateur : (figure 6)

C'est un basculateur à pentodes (la grille-écran





d'un tube est réuni à la plaque de l'autre). Une impulsion négative appliquée en D fait basculer la lampe débloquée. Suivant l'état du système les impulsions sortent par A ou par B.

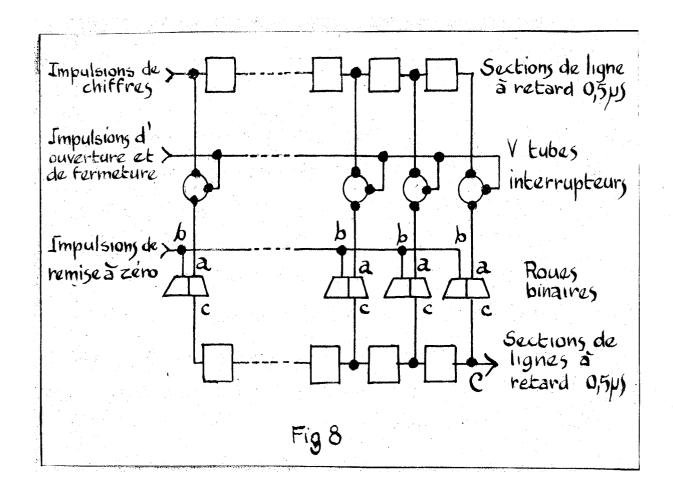
Exemple de chiffreur binaire (figure 8):

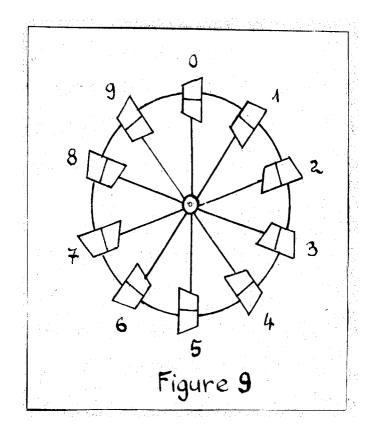
Dans une première catégorie de chiffreurs, chiffreurs à circulation d'impulsions, un chiffre est représenté par une série d'impulsions qui se succédent à une cadence déterminée. Elles se propagent dans un milieu déterminé, à la vitesse désirée (le milieu le plus souvent utilisé est le mercure).

Dans une deuxième catégorie de chiffreurs, on définit la roue comme un système à n états stables, (n est égal au nombre de chiffres de la base de numération employée).

Dans tous les cas les chiffres se présentent sous forme d'une série d'impulsions, en nombre égal au chiffre à inscrire.

Dans le système binaire, un basculateur constitue une roue binaire, et n basculateurs constitue un chiffreur binaire de capacité n. Chaque chiffre I est caractérisé par une impulsion, et chaque chiffre 0 par une abséence d'impulsion (voir figure 7). Dans l'exemple de la figure 8, la cadence des impulsions est de 2 millions par seconde, soit une impulsion ou une abséence d'impulsion toutes les 0,5 microseconde.





Les impulsions successives sont appliquées à l'entrée d'une ligne à retard composée de n sections de 0,5
microseconde. Ainsi toutes les impulsions représentant les
chiffres se présentent en même temps devant les roues (la
première à la sortie de la dernière section, et la derniére à l'entrée de la première section). Si à ce moment une
impulsion spéciale ferme les interrupteurs V, toutes les
impulsions ou abscence d'impulsion s'inscrivent sur l'appareil simultanément.

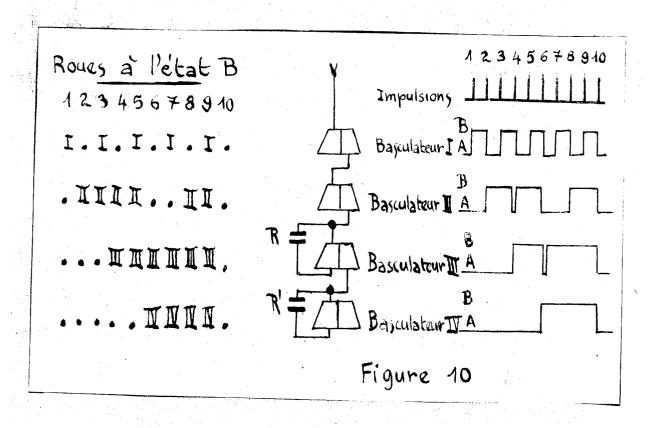
Une impulsion de remise à zéro appliquée en b, fait basculer les roues qui sont dans la position I.Les circuits d'anode de ces dernières sont alors parcourus par une impulsion qui se propage sur une deuxième ligne à retard.

Ainsi si cette remise à zéro s'est faite au temps t, on a au point C, successivement au temps t + 0,5; t + 2.0,5....

... t + n.0,5, les impulsions ou abséences d'impulsion qui représentent les chiffres du nombre binaire que l'on veut lire aprés son passage dans le chiffreur.

Chiffreurs décimaux:

a) - Le plus simple et le plus rapide est celui utilisé dans l'E.N.I.A.C. (figure 9). Chaque roue est composée de IO basculateurs binaires comprenant chacun deux triodes (I) et (2). Toutes les grilles des tubes (I) sont rounies entre elles et à la source d'impulsions à compter. Chaque grille des tubes (2) est réunie à la plaque (2) précédente.

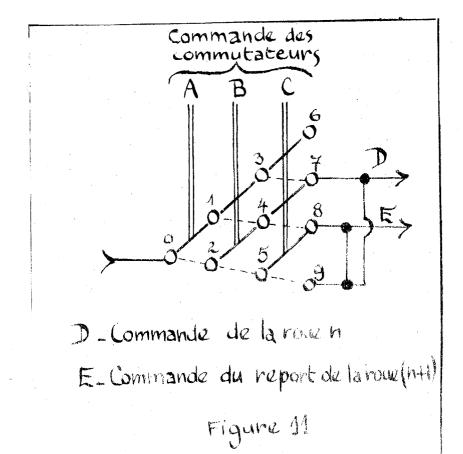


A l'état initial tous les basculateurs sont dans la position A, sauf le basculateur 0 qui est dans la position B.La première impulsion renverse le basculateur 0 (Bà A) qui à son tour renverse le basculateur I (A àB). De même la deuxième impulsion renverse à nouveau le basculateur I (B à A) qui à son tour renverse le basculateur 2 (A à B).Il y a toujours un et un seul basculateur dans la position B, et son numéro est égal au nombre d'impulsions appliquées à la roue.

Ce dispositif présente l'inconvénient de nécessiter un nombre élevé de tubes par roue, soit 20.

b) - La figure IO représente le principe de fonctionnement d'une roue de chiffreur décimal qui n'utilise que 4 multivibrateurs, soit 8 triodes seulement. Des réactions du basculateur III sur le basculateur II (R), et du basculateur IV sur le basculateur III (R'), permettent de faire avancer le système.

A l'état initial, les quatre basculateurs mis en série, sont à l'état A.Un basculateur est renversé chaque fois que le basculateur précédent passe de l'état B à l'état A, et il y a réaction de III sur II ou de IV sur III, quand III ou IV passe de l'état A à l'état B.Il est naturellement impossible que les deux réactions se fassent simultanément. La figure montre que pour chaque impulsion, le système se trouve à un état différent des 9 autres possibles, et qu'au



bout de IO impulsions le système revient à l'état initial O.Son grand inconvénient est sa vitesse réduite par les réactions R et R'.

Exemple de totaliseur binaire:

Considérons la roue d'ordre n d'un totaliseur binaire. Dans l'addition de deux nombres cette roue reçoit:

- A Le niéme chiffre du premier nombre à additionner (I s'il
- y a impulsion, 0 s'il y a abs fence d'impulsion).
- B Le niéme chiffre du deuxième nombre à additionner.
- C Le report venant éventuellement de le roue d'ordre
- n I (impulsion s'il y a report, abs dence d'impulsion s'il n'y a pas report).

Cette roue doit:

- D Enregistrer le niéme chiffre du total des deux nombres.
- E Passer le report éventuel à la (n + I) iéme roue.

Le tableau ci-dessous indique les 8 combinaisons possibles:

electron designation and property and the complete and the second	CONTRACTOR COMMENTS OF THE PROPERTY AND ADDRESS OF THE PROPERTY OF THE PROPERT	formar 18 parties provide to all total	prijetocijakog	E madement con to	ALCO ALCO ALCO ALCO ALCO ALCO ALCO ALCO	MERCINATION WAS	PROFESSION NO	4.4445.4573.4974	erente de la comp	Cycledia esanggi wakigana chana waki wakika wakika wakika wakina wakia kata waki waki waki waki waki waki waki
	A %	0	0	I	0	0	I.	36.	- Frank	
Entrées	B	0	0	0	Ţ	I	0	1	I	
	C	0	I	0	0	1	I	()	1	
CLANNING DYNAM SATTING MEN FORMSTEDDING OF MANAGEMENT		STATE OF THE PARTY	(*BPRZPARZXXXAC)	annen entisk-stio	er-trians artitles of	Carried or other states of the	and all the second second	arrest de la company	rang melangga	中国教育の研究 Health (イング 4 中国) Anda (23.7) (4 中国) (1 中国) (1 中国) (2 中国) (1 中国) (2
	D	0	I		. .	0	0	0	I	
Sorties	E	O	0	0	0	I	Ī	I	*	
territoria de la companya del companya de la companya del companya de la companya										

Ces combinaisons sont réalisées, pour chaque roue, au moyen de 3 commutateurs qui fonctionnent simultanément

(figure II). Un commutateur unipolaire, commandé par l'impulsion éventuelle de la roue n du chiffreur, A, à deux positions (0 - I et 0 - 2); un commutateur bipolaire, commandé par l'impulsion éventuelle de la roue n du chiffreur B, a deux positions (I - 3, 2 - 4 et I - 4, 2 - 5), et un commutateur tripolaire, commandé par l'impulsion de report de la roue n - I du totaliseur, a deux positions (3 - 6, 4 - 7, 5 - 8 et 3 - 7, 4 - 8, 5 - 9).

L'addition décimale est encore beaucoup plus complexe.La multiplication binaire se fait par un système analogue à celui de l'addition binaire.Quant à la multiplication décimale elle nécessite l'emploi d'une table de multiplication électrique avec plusieurs totaliseurs.

TABLE DES MATIERES	
	eges
HISTORIQUE	1
CALCUL MECANIQUE	4
CLASSIFICATION DES MACHINES ARITHMETIQUES	7
LES MACHINES DE BUREAU A - La machine comptable ou additionneuse B - La calculatrice	9 0 10
LES MACHINES A STATISTIQUES A - La carte I.B.M. B - La perforatrice	16 16 17
C - La vérificatrice D - La traductrice imprimeuse E - La tricuse	17 18 18 18
F - La reproductrice à grande vitesse G - Le tabulator H - La calculatrice	19 21
LES GRANDES MACHINES UNIVERSELLES A - Schéma général B - L'Automatic Sequence Convolled Calculator C - L'E.N.I.A.C. D - Systèmes de numération employés dans ces ma	26 26 28 30
chines E - Les travaux français F - Mise en code d'un probléme	32 54 36
APPENDICE: Quelques systèmes électroniques utilisé-s dans les machines arithmétiques	IIII

OUVRAGES ET ARTICLES DE REVUE CONSULTES

- I HIGH SPEED COMPUTING DEVICES by the staff engeneering associates, inc. Supervised by G.B Tompkins and J.H. Wakelin. Edited by W.W. Stifer, Jr. (Mc Graw hill book company, Inc. 1950)
- 2 PUNCHED CARD METHODS IN SCIENTIFIC COMPUTATION by W.J.Eckert Columbia University. (Published by the Thomas J. Watson astronomical computing bureau January 1940)
- 3 LES MACHINES A CALCULER, LEURS PRINCIPES, LEUR EVOLUTION par Louis Couffignal (Paris Gauthiers Villards 1933)
- 4 LES GRANDES MACHINES A CALCULER par L.Bouthillon (Mémorial de l'aptillerie française 1950)
- 5 CALCUL ELECTRONIQUE par André de Saint-Romain (Radio-Françai Octobre et novembre 1948)
- 6 L'EVOLUTION DES MACHINES A CALCULER par Jean Pérés (Allomes-Décembre 1947)
- 7 LES MACHINES A CALCULER AMERICAINES par Léon Brillouin (Annales des télécommunications - Tome 2 - n° II -Novembre 1947)
- 8 LES TRAVAUX FRANCAIS par Louis Couffignal (Annales des Télécommunications Tome 2 n° 12 Décembre 1947)
- 9 LES MACHINES UNIVERSELLES par Michel Berry (La Technique Moderne I et 15 septembre 1948)
- 10 -NOTES du service interne de la Société d'Electronique et d'Automatisme (S.E.A.)