

LE CALCULATEUR "BULL"
=====

3ème partie - FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL -

Dans le Calculateur électronique conçu en France par la Compagnie des Machines BULL et réalisé dans ses ateliers de l'avenue Gambetta à Paris, il n'y a ni basculeurs, ni compteurs électroniques ; en outre, les diodes ne sont pas des tubes électroniques mais des diodes à cristal.

Le Calculateur se présente sous forme d'une armoire métallique roulante, de dimensions moyennes, qui peut être reliée par 2 câbles flexibles, soit à une Tabulatrice, soit à une Reproductrice, soit à une Calculatrice.

Ces machines envoient au Calculateur les données des calculs, provenant de la lecture des cartes qui leur sont présentées, et, quelques centièmes de seconde plus tard, reçoivent en retour les résultats de ces calculs.

Le Calculateur BULL présente 2 caractéristiques essentielles :

- 1°) Il utilise la numération série semi-binaire et les nombres ainsi exprimés sont en perpétuel mouvements, car ils ne cessent de se propager tout au long des circuits qui les contiennent.
- 2°) Les tubes électroniques sont peu nombreux (moins de 200) car ils ne servent pas au calcul proprement dit.

Ils n'interviennent que pour créer les impulsions, entretenir leur énergie (les régénérer) et, chose très importante, repérer leur position et les engager à l'heure dite, au moment choisi, dans les combinaisons arithmétiques déterminées par le programme.

NUMERATION SERIE SEMI-BINAIRE

Nous avons vu que dans ce système, les nombres de 12 chiffres pour lesquels le Calculateur est prévu, peuvent être représentés par un train de 12 wagonnets tous semblables.

Chaque wagonnet comporte 4 banquettes, dont chacune détermine la place d'une impulsion, lorsqu'il y a lieu qu'elle existe, selon la valeur du chiffre décimal figuré par le wagonnet.

En tête il y a le wagonnet des unités, puis celui des dizaines etc.... et le train entier circule sur une seule voie, sur un seul circuit électrique.

Conséquences :

- Pour changer de voie un seul organe d'aiguillage suffit pour le train entier, comme sur les chemins de fer.
- Pour régénérer les impulsions circulant sur une voie, un seul tube électronique amplificateur suffit, à travers lequel se précipitera le train entier pour ressortir pareil à lui-même, mais tout gonflé d'une énergie nouvelle.

Cette simplicité explique tout particulièrement le petit nombre de lampes existant dans le Calculateur BULL.

LIGNES A RETARD

Le train circule sur son fil électrique à la vitesse de la lumière : 300.000 Km par seconde.

Mais nous savons, à l'aide d'agencements très simples de selfs et de capacités, lui faire prendre tels retards que nous voulons. Le phénomène est bien connu : une self retient une certaine quantité d'énergie électrique qu'elle ne restituera qu'à retardement. Nous avons donc construit ce que nous avons appelé des lignes à retard et nous avons adopté une unité de retard appelée θ

Qu'est-ce que θ

Supposons 2 trains A et B circulant à même hauteur sur 2 voies parallèles.

Faisons passer le train A à travers une ligne à retard de valeur θ , tandis que le train B continue sa marche normale.

Passé la ligne de retard, le train A en entier sera décalé en arrière, de telle sorte que sa banquette n° 1 est venue à la hauteur de la banquette n° 2 du train B.

Une ligne à retard très intéressante est celle qui a comme valeur $4 \theta = \tau$

Son importance est considérable. En effet, elle provoque le recul de la banquette n° 1 du train A jusqu'à la hauteur de la banquette n° 5 du train B.

Ou mieux, le wagonnet n° 1 du train A a reculé jusqu'à la hauteur du wagonnet n° 2 du train B, c'est-à-dire que nous avons mis le rang des unités du 1er nombre à la hauteur du rang des dizaines du 2ème nombre.

Nous avons ainsi réalisé un décalage indispensable en multiplication, utilisé d'ailleurs par toutes les machines mécaniques à calculer.

Tout se passe comme si le train A était contraint de parcourir une dérivation supplémentaire de la voie, d'une longueur correspondant au décalage cherché.

Voici sous cette fiction comment on peut se représenter une ligne à retard de 6τ

Une autre ligne à retard très importante est celle dont la valeur = 12τ

Si mon train ^A passe dans une telle ligne, le train B se trouve décalé en avant par rapport à lui de la longueur entière de ses 12 wagonnets et les 2 trains pourraient marcher dorénavant l'un derrière l'autre s'ils circulaient sur la même voie.

BOUCLES A MEMOIRE

Mais ce n'est pas ce phénomène qui est important. L'important c'est le fait que la ligne à retard de 12τ est capable, à un moment donné, de reculer le train tout entier et de laisser libre, en avant et en arrière du train, la voie qu'il doit normalement parcourir.

C'est cet instant qui sera choisi pour disposer comme il convient, sans risquer de jeter le trouble dans les wagonnets d'un train qui roule à 300.000 Km/seconde, les aiguillages de la voie, lorsque nous voudrons engager notre train sur d'autres circuits.

Mais le circuit normal, et c'est là un fait remarquable de la conception du Calculateur BULL, est un circuit fermé partant de la ligne de retard pour y revenir après un très court trajet.

Lancé sur ce circuit, orienté par des diodes à cristaux, régénéré au besoin par des triodes électroniques, le train d'impulsions va se mettre à tourner sans fin et bouclera 5.800 fois la boucle par seconde.

Mais toujours lorsqu'il traversera la ligne à retard, nous aurons la certitude que le reste de la boucle est libre et que nous pouvons sans danger disposer les aiguillages comme il convient, pour la manoeuvre prévue au tour suivant.

Cet ensemble constitue une boucle à mémoire où nous pourrions conserver notre nombre de 12 chiffres aussi longtemps que nous le désirerions. Nous l'en tirerons pour l'intégrer dans un calcul et renverrons dans la boucle tel autre nombre à conserver.

Que signifie la présence des boucles à mémoire au sujet de nos possibilités de calcul.

La Tabulatrice BULL tourne à 150 tours/minute, c'est-à-dire effectue un cycle d'une carte à l'autre, en $\frac{40}{100}$ de seconde.

La lecture des données sur une carte, du chiffre 9 au chiffre 1, des 9 chiffres significatifs, absorbe les $\frac{9}{15}$ de ce temps, soit en gros $\frac{24}{100}$ de seconde.

Il reste donc $40 - 24 = \frac{16}{100}$ de seconde disponibles pour les calculs.

Pendant ce temps, dans les boucles à mémoire, les nombres effectueront un peu plus de 1.000 tours de boucle ; c'est-à-dire que nous disposons de 1.000 occasions successives d'aiguiller nos trains dans des opérations arithmétiques élémentaires, par exemple un transfert, ou une addition de 2 nombres.

Si nous voulons bien nous rappeler que la Calculatrice électromagnétique BULL dont la réputation n'est plus à faire, ne dispose en fait que de 22 occasions d'opérations élémentaires contre les 1.000 ci-dessus, nous prenons immédiatement conscience, malgré la différence des techniques, de la puissance de calcul représentée par les procédés électroniques.

A titre d'exemple, une multiplication dans laquelle le multiplicateur de 12 chiffres ne serait composé que de chiffres 9, nécessite 120 opérations élémentaires, absorbe $\frac{1}{8}$ de nos possibilités et s'effectue en $\frac{20}{1000}$ de seconde.

Mais dans la pratique la durée moyenne d'une multiplication 12 par 12 est de $\frac{15}{1000}$ de seconde.

RYTHMEUR

C'est l'organe qui définit le temps à l'intérieur du Calculateur.

Celui-ci met en jeu des vibrations émises par une oscillatrice électronique, à la fréquence de base de 275 kilocycles (rappelons par comparaison que Radio Luxembourg émet sur la fréquence de 200 kilocycles).

D'autre part le phénomène bien connu des battements permet d'engendrer, à partir de la fréquence de base, des vibrations d'une fréquence moindre que celle-ci, mais dans un rapport constant avec elle.

En choisissant convenablement une gamme de fréquences différentes, nous provoquerons toute une série de coïncidences entre les ondes de fréquences diverses et nous pourrons repérer à l'avance telle ou telle combinaison de ces coïncidences pour définir "l'époque", le "moment" où nous demanderons au Calculateur d'effectuer telle opération du programme.

Nous avons ainsi réalisé le compartimentage du temps à l'intérieur de l'appareil.

Mais d'autre part, il est nécessaire que le Calculateur agisse en concordance avec la Tabulatrice à laquelle il est connecté. C'est pourquoi cette machine lui envoie, à des moments bien déterminés, une impulsion spéciale qui servira à fixer l'origine des trains d'impulsions et à donner à chacune de celles-ci leur valeur dans la numération binaire que nous utilisons.

Donner l'heure et donner le départ, tel est le rôle du Rythmeur.

CIRCUITS DE COINCIDENCES

La constatation des coïncidences est le rôle dévolu à divers ensembles statiques, familiers aux électroniciens, composés essentiellement de diodes à cristal et de résistances.

Pratiquement, on utilise 2 sortes de circuits de coïncidences.

- 1°) Ceux qui représentent, pour un ensemble de coïncidences possibles, la condition "ou". Ils servent à constater qu'une quelconque de plusieurs conditions physiques se réalise.
- 2°) Ceux qui représentent pour un ensemble de coïncidences possibles, la condition "et". Ils servent à constater que toutes les conditions physiques considérées se réalisent ensemble.

Pour fixer les idées voici un schéma exprimant la condition "ou".

Pour que la sonnette S retentisse il suffit qu'un contact se produise en l'un des points 1 - 2 ou 3.

On peut appeler un planton soit d'un bureau, soit d'un autre.

Voici un autre schéma exprimant la condition "et".

La sonnette S ne retentira que si les 3 interrupteurs 1 - 2 - 3 sont en contact "ensemble".

Les organes des points 1 - 2 - 3 peuvent être des Thyratrons qui maintiennent le contact une fois établi.

L'organe du point S peut lui-même être un relais électronique (un aiguillage, un amplificateur etc...), qui n'entrera en action qu'à partir du moment où les trois conditions physiques des points 1 - 2 - 3 auront été réalisées.

COMPARATEUR

C'est un organe capable de déceler l'égalité ou l'inégalité de 2 nombres et dans ce dernier cas, le sens de l'inégalité.

Le comparateur dispose d'une entrée particulière pour chacun des deux nombres soumis à son analyse, aboutissant à une petite boucle-mémoire susceptible de conserver une impulsion que nous appellerons : l'impulsion-témoin.

Il existe donc deux boucles-mémoire α et β .

Les 2 nombres - les 2 trains - se présentent simultanément à l'action du comparateur, chacun par son entrée particulière, unités en tête, et la comparaison s'opère, impulsion par impulsion.

Les impulsions de même rang des 2 nombres constituent donc un front et le rôle du comparateur consiste à tirer une conclusion de la physionomie particulière de chacun de ces fronts successifs qu'il doit examiner.

Puisqu'il y a 2 trains, chaque front peut comporter 2 - 1 ou 0 impulsions.

Si le front ne comporte qu'une impulsion, par exemple du côté du nombre A, cela signifie que celui-ci devient brusquement supérieur à B, quelles qu'aient été les physiologies des fronts antérieurs.

En conséquence, une impulsion-témoin va se mettre à tourner dans la boucle-mémoire α , correspondant au nombre A.

Lorsque B deviendra plus grand que A, l'impulsion-témoin passera de la boucle α à la boucle β .

Si le front comporte 0 ou 2 impulsions, les circuits de comparaison restent en équilibre et il n'y a rien de changé aux constatations antérieures.

En définitive, est le plus grand, le nombre qui a "parlé" le dernier.

A ce moment, l'absence de toute impulsion-témoin ou sa présence soit dans la boucle α , soit dans la boucle β conditionne la nature de l'opération arithmétique qui doit succéder à l'opération de comparaison.

EXTRACTION DES NOMBRES

Ainsi conçu, le comparateur va servir à extraire du Calculateur les nombres-série.

Cette opération doit être synchronisée avec la marche de la Tabulatrice.

Au moment où cette machine s'apprête à imprimer les 9 - au moment du point 9 - nous enverrons à un comparateur le train représentant le nombre à extraire, en même temps qu'un train de 12 wagonnets constitués exclusivement de chiffres 9 pour servir de base de comparaison.

Au cours de cette opération qui dure 2/10 milliseconde, le Comparateur décèle que le chiffre 9 figure, par exemple dans le 2ème et le 7ème wagonnet, c'est-à-dire au rang des dizaines et des millions.

Cette constatation va être à l'origine de l'impulsion nécessaire pour commander l'impression d'un 9 dans les 2ème et 7ème colonnes de l'état, en cours d'impression sur la Tabulatrice.

lquement..... Au point suivant, au point 8, la même comparaison recommencera, mais avec un train d'impulsions représentant des 8 et ainsi de suite.

INTRODUCTION DES NOMBRES

Cette opération est des plus simples.

A l'origine de tous les circuits électroniques - à l'entrée du Calculateur - existe un émetteur unique qui peut à volonté donner toute combinaison des 4 impulsions représentant un chiffre.

Au point 9 de la Tabulatrice, c'est-à-dire pendant la lecture de la ligne des 9 sur la carte, le chiffre émis sera naturellement un 9.

Supposons que le nombre à introduire soit 979.

Puisque 9 existe dans deux colonnes (unités et centaines), nous recevrons de la Tabulatrice 2 impulsions simultanées, mais distinctes, qui provoqueront l'émission sur le circuit d'introduction d'un wagonnet "9", une première fois sans retard par rapport à l'origine fixée par le rythmeur, en raison de l'impulsion provenant de la colonne des unités ; une deuxième fois avec un retard de 2 \bar{Z} par rapport à cette origine, en raison de l'impulsion provenant de la colonne des centaines.

Il y aura dès lors 2 wagonnets "9" en circulation, l'un au rang des unités, l'autre au rang des centaines, qui vont se mettre à tourner dans une mémoire.

Au point 8 de la machine il ne se passera rien.

Au point 7, en raison de la présence sur la carte d'une perforation 7 dans la colonne des dizaines, un wagonnet "7" sera émis, qui sera lancé sur le circuit avec un retard de 1 par rapport à l'origine des nombres binaires et viendra par conséquent s'inclure exactement entre les deux wagonnets "9" qui étaient déjà en circulation et l'ensemble des trois wagonnets s'en ira tourner dans une boucle-mémoire, en attendant la formation du train entier de 12 chiffres.

OPERATEUR

C'est l'organe qui effectue la fusion de deux trains d'impulsions pour obtenir comme résultat : soit une addition, soit une soustraction élémentaires, qui par leur répétition, engendreront à leur tour les multiplications et les divisions.

L'opérateur présente une entrée particulière pour chacun des deux nombres à fusionner et une sortie unique pour le résultat de la fusion.

Les 2 nombres - les 2 trains - partis à la même heure de leur boucle à mémoire où ils attendaient en tournant en rond le moment d'être utilisés, se présentent simultanément à l'entrée de l'opérateur, les unités en tête, et la fusion s'opère, impulsion par impulsion, quelles que soient les longueurs des nombres.

Le résultat est renvoyé aussitôt dans une boucle à mémoire, où nous le retrouverons disponible pour l'opération élémentaire suivante.

De par sa fonction, l'opérateur rappelle le "curseur" de la Fermeture éclair, où d'un côté, entrent séparés les deux bords de la fermeture, pour ressortir de l'autre solidement accrochés.

Bien que tout simple et tout petit, un curseur suffit à assurer l'accrochage de kilomètres de fermeture Eclair.

Les deux nombres se présentent simultanément et, comme dans le Comparateur, les impulsions de même rang vont constituer un front, sur lequel s'exerce l'action de l'opérateur.

Mais ici, dans l'opérateur, existe un troisième train, un train interne, constitué par les impulsions de report, qui va se présenter à l'analyse frontale en même temps que les deux autres.

L'action de l'opérateur est donc conditionnée par le nombre d'impulsions qui figurent dans les fronts successifs formés par les trois trains :

3 - 2 - 1 ou 0 impulsions

Son action ultérieure se réduit donc aux 4 cas suivants :

Impulsions constatées	Impulsions à émettre	
	en arrière (report)	en avant
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

L'opérateur électronique doit donc pour chaque front d'impulsion :

- 1°) Envoyer en avant - c'est-à-dire vers la sortie des résultats - une impulsion pour tout front comportant 1 ou 3 impulsions.
- 2°) Envoyer en arrière, c'est le report - une impulsion pour tout front comportant 2 ou 3 impulsions.

Cette impulsion reportée doit évidemment se présenter sur le front du rang suivant de la banquette suivante. C'est pourquoi elle passe au préalable dans une ligne à retard de valeur θ .

Voici expliquée brièvement l'addition.

La soustraction s'effectue par un procédé semblable, mais avec des conclusions d'analyse frontale appropriées.

Mais il faut observer tout particulièrement que la soustraction s'effectue sans qu'il soit besoin de faire intervenir le complément à 9 du nombre à soustraire. Les nombres sont utilisés directement, tels qu'ils sortent des boucles à mémoire.

La multiplication se ramène à une série d'additions et la division à une série de soustractions, entrecoupées de décalages comme dans les machines à calculer mécaniques.

Représentons-nous comment ces machines établissent le produit d'un nombre A par le multiplicateur 23 :

- 1°) A est d'abord additionné 3 fois sur lui-même pour donner : P_1
- 2°) Puis A est décalé en arrière d'un rang décimal pour que le multiplicande ait désormais comme valeur : $10 \times A$.
- 3°) Ce nouveau multiplicande s'ajoutera 2 fois à P_1 et ainsi sera obtenu le produit définitif.

Si le multiplicateur avait comporté plus de 2 chiffres - des centaines - des mille - etc.... nous aurions pour chacun d'eux recommencé une série d'additions, précédée chaque fois d'un nouveau décalage.

L'automatisme de ces diverses opérations est obtenue dans le Calculateur électronique BULL grâce à l'intervention du comparateur, ainsi que nous allons le voir.

Les deux facteurs de la multiplication se présentent simultanément à l'opérateur et constituent :

- le multiplicande : le train A
- le multiplicateur: le train B

Mais le train B va constituer également le train des Résultats et dans ce but il se compose des 12 wagonnets - des 12 chiffres - du multiplicateur, suivis de 12 autres wagonnets, vides au départ, où le train A déposera son chargement à chacun des passages à travers l'opérateur.

C'est pourquoi le train A se présente à l'action de l'opérateur avec un retard de $12 T$ par rapport au train B, de façon que l'ensemble du train A soit à la hauteur de l'ensemble des 12 wagonnets vides situés en queue du train B.

Il va de soi que le train A n'est autre qu'un duplicata du multiplicande réel, dont l'exemplaire original est soigneusement conservé dans la boucle mémoire où il a été inclus dès son introduction dans le Calculateur.

A chaque nouvelle addition élémentaire on tire de la boucle-mémoire un duplicata du multiplicande pour l'envoyer vers l'opérateur en temps voulu.

Au cours de l'opération, le train "Résultats" va subir les modifications suivantes :

- d'abord le chargement des wagonnets de queue sera à chaque passage dans l'opérateur augmenté du chargement apporté par le train A.

C'est la réalisation effective de l'addition.

- Puis le chiffre de tête sera à chaque passage diminué d'une unité. C'est ainsi que si le multiplicateur est 23, 3 deviendra successivement 2 - 1 - 0.

- Enfin à sa sortie de l'opérateur, le train "Résultats" est soumis à l'action d'un comparateur qui recherche si le chiffre de tête est un "zéro".

La présence de "zéro" entraîne le changement de la nature de l'opération élémentaire suivante, qui sera non plus une addition, comme dans les cas précédents, mais un décalage.

Dans cette opération qui n'affecte que le train "Résultats" celui-ci est décalé en totalité, en avant, de 1 Z, ce qui entraîne deux conséquences :

- 1°) En tête du train B, que nous considérons toujours par rapport à l'origine des temps définie par le Rythmeur, se trouve désormais le wagonnet des dizaines, puisque le wagonnet des unités, dans le décalage, a franchi l'origine et est tombé dans l'oubli. En fait ce wagonnet a été supprimé.

Désormais après chaque addition élémentaire, l'action du Comparateur qui tout à l'heure s'exerçait sur le chiffre des unités, va s'exercer sur le chiffre des dizaines, ce qui est bien la condition indispensable au fonctionnement de la multiplication.

- 2°) La deuxième conséquence est que ce décalage relatif de 1 Z du train B par rapport au train A réalise exactement le changement d'ordre décimal du multiplicande par rapport au Résultat, changement nécessaire pour continuer correctement les opérations d'addition élémentaires.

Et celles-ci reprendront automatiquement jusqu'à l'apparition d'un nouveau ZERO en tête du train B, qui provoquera un nouveau décalage etc.... le tout à raison de 5.800 opérations élémentaires par seconde.

Pourquoi ces opérations s'arrêteront-elles lorsque le Résultat est établi ?

En fait, une petite mémoire circulante enregistre le nombre de décalages effectués et ne cesse de comparer ce nombre au chiffre 12.

Lorsque 12 décalages ont été effectués, tout s'arrête, parce que le train B ne contient plus que le résultat cherché, chiffre des unités en tête.

Tout s'arrête : c'est-à-dire que l'utilisation de l'opérateur s'arrête. Quant au train B, les 12 premiers wagonnets tournent dans une boucle-mémoire, les 12 derniers dans une autre boucle-mémoire, à la disposition du maître

Dans cette opération qui n'affecte que le train "Résultats" celui-ci est décalé en totalité, en avant, de 1 Z, ce qui entraîne deux conséquences :

- 1°) En tête du train B, que nous considérons toujours par rapport à l'origine des temps définie par le Rythmeur, se trouve désormais le wagonnet des dizaines, puisque le wagonnet des unités, dans le décalage, a franchi l'origine et est tombé dans l'oubli. En fait ce wagonnet a été supprimé.

Désormais après chaque addition élémentaire, l'action du Comparateur qui tout à l'heure s'exerçait sur le chiffre des unités, va s'exercer sur le chiffre des dizaines, ce qui est bien la condition indispensable au fonctionnement de la multiplication.

- 2°) La deuxième conséquence est que ce décalage relatif de 1 Z du train B par rapport au train A réalise exactement le changement d'ordre décimal du multiplicande par rapport au Résultat, changement nécessaire pour continuer correctement les opérations d'addition élémentaires.

Et celles-ci reprendront automatiquement jusqu'à l'apparition d'un nouveau ZERO en tête du train B, qui provoquera un nouveau décalage etc.... le tout à raison de 5.800 opérations élémentaires par seconde.

Pourquoi ces opérations s'arrêteront-elles lorsque le Résultat est établi ?

En fait, une petite mémoire circulante enregistre le nombre de décalages effectués et ne cesse de comparer ce nombre au chiffre 12.

Lorsque 12 décalages ont été effectués, tout s'arrête, parce que le train B ne contient plus que le résultat cherché, chiffre des unités en tête.

Tout s'arrête : c'est-à-dire que l'utilisation de l'opérateur s'arrête. Quant au train B, les 12 premiers wagonnets tournent dans une boucle-mémoire, les 12 derniers dans une autre boucle-mémoire, à la disposition du maître

de la machine, pour, selon le but final du calcul, être soit dirigés vers la Tabulatrice si le Résultat doit être imprimé, soit incorporés à d'autres opérations si ce Résultat n'était que partiel.

Dans les tableaux projetés, j'ai réduit la capacité du Calculateur à 4 chiffres au lieu de 12.

Le Produit sera donc constitué au bout de 4 décalages

Le premier tableau représente le schéma de la multiplication d'un nombre A x 23.

Dans le tableau suivant, j'ai réalisé le produit :

$$3148 \times 23$$

Le tableau représente les chiffres figurant dans le train des Résultats au fur et à mesure des opérations élémentaires.

Ces nombres ne sont nullement une vue de l'esprit.

Si nous avons à notre disposition, dans cette salle, sur cette estrade, le Calculateur électronique BULL connecté à sa Tabulatrice, nous lui ferions exécuter les deux travaux suivants :

1°) Travail (travail normal)

La Tabulatrice "lit" la carte sur laquelle sont perforés les 2 facteurs : 3149 et 23 "et les imprime.

En même temps, sur la même ligne, elle imprime le résultat de leur multiplication (72427), retour du Calculateur électronique.

Puis elle passe à la carte suivante et ainsi de suite, à sa vitesse normale de 150 cartes à la minute.

2°) Travail (travail d'analyse)

Nous présentons à nouveau les mêmes cartes à la Tabulatrice et pour chacune d'elles, nous allons demander à la machine d'imprimer les résultats des additions élémentaires successives effectuées par le Calculateur électronique.

Nous obtiendrons alors pour chacune des cartes un tableau analogue à celui projeté sous vos yeux, imprimé à la vitesse de 150 lignes à la minute.

Cette analyse vous permet de constater que nous pouvons à tout instant, malgré l'extrême rapidité de l'enchaînement des opérations successives, individualiser chaque maillon de cette chaîne et obtenir l'impression des résultats correspondants à chacun d'eux.

C'est ce que nous avons appelé le "pas à pas".

Cette faculté du Calculateur électronique BULL est remarquable par l'importance de sa signification.

- 1°) Nous avons vu que les nombres-série effectuaient 5.000 tours par seconde dans leur boucle à mémoire, avec la possibilité d'en sortir à chaque tour pour s'inclure dans un résultat qui reviendra aussitôt reprendre la ronde dans la boucle disponible.

Dans cette boucle il existe donc un résultat nouveau chaque $2/10.000$ de seconde.

Le fait que nous pouvons à volonté imprimer individuellement ces résultats successifs, démontre sans conteste que le Calculateur électronique BULL est capable de compartimenter le temps en tranches parfaitement définies, bien que de très faible durée, qui, dans l'exemple projeté sous vos yeux est de $2/10$ milliseconde.

- 2°) Au cours de l'impression du tableau, nous aurions eu le loisir d'examiner l'exactitude de chaque ligne du résultat, avant de passer à l'impression de la ligne suivante. Pendant ce temps, avant d'être engagé dans l'opération suivante, le nombre représentant ce résultat partiel est obligé, en attendant notre bon vouloir, de continuer à tourner dans sa boucle-mémoire à raison de 5.000 tours par seconde et se conserve pareil à lui-même, sans altération.

Ce fait, par sa seule existence, dont cette projection vous apporte le témoignage, met en évidence la sécurité que l'on peut attendre de l'emploi de la numération-série.

3°) Signalons enfin que le "pas à pas" ne constitue pas seulement une démonstration spectaculaire, mais contribue à l'entretien préventif grâce auquel le Calculateur électronique BULL reste toujours en parfait état de fonctionnement.

Dans cette méthode, tous les 2 ou 3 mois, on demande au Calculateur électronique BULL d'effectuer des opérations définies par des tests exactement étudiés, mais en lui appliquant une baisse de voltage de 60%.

Si au cours de ces épreuves à voltage réduit, le "pas à pas" révèle un défaut à un certain échelon des opérations, cet échelon permettra de déterminer immédiatement la lampe dont le vieillissement, non encore apparent en marche normale, a été rendu sensible par la faible tension que nous avons utilisée au cours de notre essai, et la lampe sera remplacée.

C'est ainsi que cette surveillance permet de remédier préventivement aux faiblesses à craindre du vieillissement des lampes.

Pour comprendre le sens de cette surveillance, il convient de se souvenir que, mis à part les lampes électroniques, les autres constituants du Calculateur : diodes à cristaux, selfs, condensateurs, sont des éléments fixes, statiques, inertes, qui ne peuvent ni vieillir, ni s'user.

Grâce à ces dispositions, le Calculateur électronique BULL à numération-série semi-binaire constitue pour les machines à cartes perforées un auxiliaire d'une fidélité absolue et d'une puissance prodigieuse.

Connecté à une Reproductrice, il réalise une Calculatrice d'un débit de 7.200 cartes à l'heure.

Connecté à une Tabulatrice, il permet l'impression des résultats d'un calcul complexe dans le moment même où s'impriment les données lues sur les cartes.

L'heure qui passe ne me permet pas de m'étendre en détail sur les possibilités de calcul de cet appareil.

Je vous dirai seulement que tous les problèmes habituels de comptabilité industrielle et commerciale sont traités par lui sans difficultés.

Il en résulte que les états bancaires, les factures, les bulletins de Paie, sont désormais établis avec des gains de temps considérables.

Il en résulte également qu'il n'y a plus lieu de réserver sur les cartes des colonnes destinées à enregistrer les résultats des calculs, puisque ceux-ci peuvent être à tout moment reconstitués instantanément.

Ainsi se trouve spontanément réalisée une augmentation de la capacité de la carte à 80 colonnes.

Le Calculateur électronique BULL est également apte au calcul scientifique. M'étendre sur ce chapitre serait risquer d'abuser de votre attention.

Mais en un mot, nous ne connaissons pas de problèmes qu'il ne puisse traiter, même ceux qui comportent des calculs en chaîne, tels que les problèmes d'optique ou de balistique et nous sommes à l'entière disposition des Savants et des Ingénieurs pour examiner avec eux tous les cas d'espèce qu'ils jugeraient bon de nous soumettre.

Pour résumer en quelques mots la raison de cette conférence et sa signification, il convient de retenir que le Calculateur électronique BULL dont je vous ai entretenu ce soir, est avant tout un appareil commercial, destiné à figurer en bonne place dans les équipements de bureau les plus classiques, en raison :

1°) de son faible encombrement

Les dimensions sont moindres que celles d'une Calculatrice ordinaire.

2°) de la simplicité de sa mise en oeuvre

Il suffit de le brancher sur une Tabulatrice ou une Reproductrice ordinaire pour qu'il effectue pour le compte de ces machines, mais instantanément, les calculs les plus complexes que l'on rencontre en Comptabilité courante.

3°) de ses possibilités de calculs scientifiques

Les bureaux d'études pourront désormais demander à l'atelier mécanographique de leurs services commerciaux, d'effectuer pour leur compte, dans des conditions de rapidité inusitées, les calculs complexes qui sont leur apanage.

4°) de la sécurité de son emploi

Le Calculateur BULL est toujours en état de parfait fonctionnement, du fait de la méthode d'entretien préventif sur laquelle j'ai attiré votre attention.

5°) de son faible prix

Il convient de savoir en effet que le prix de cet appareil est de l'ordre de 2 fois le prix d'une Calculatrice électromagnétique courante.

Il en résulte que dorénavant, lorsque l'importance d'un atelier mécanographique augmente et que la question se posera de la mise en service d'une deuxième Calculatrice, la question doit également se poser, s'il ne convient pas de préférer un Calculateur électronique aux deux Calculatrices désormais nécessaires.

Je souhaite que vous gardiez le souvenir de ces 5 points caractéristiques du Calculateur électronique français, conçu et réalisé à Paris par la Compagnie des Machines BULL et que le mot "électronique" ne fasse plus peur à ceux qui ont la responsabilité des Comptabilités et des bilans des Entreprises.

En m'excusant d'avoir presque abusé de votre temps, je vous remercie, pour terminer, de toute la bienveillante attention que vous avez bien voulu me prêter.