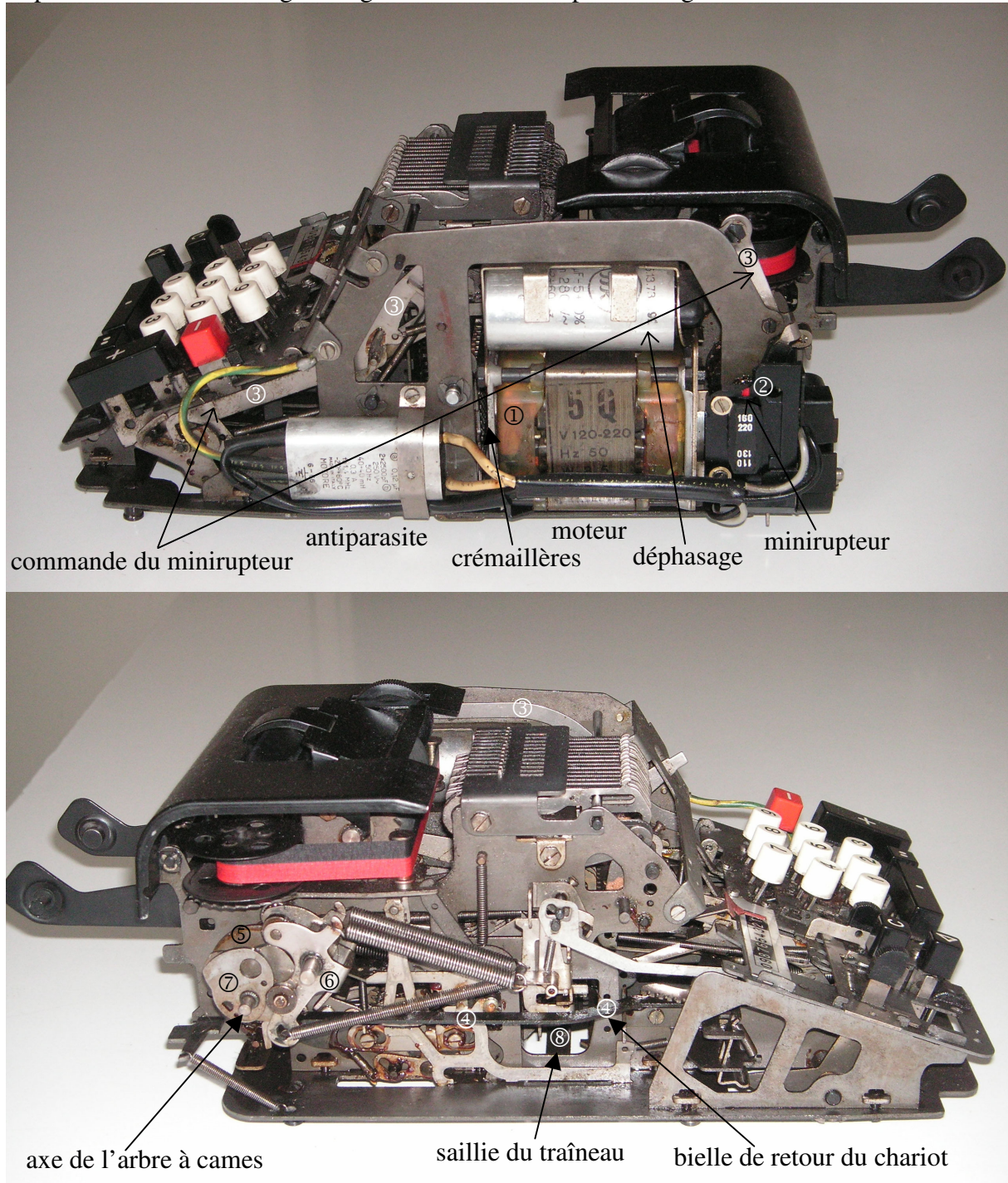


Olivetti summa quanta 20

par Alain Guyot

1. Introduction

L'auteur s'est procuré pour 15 € une calculatrice Olivetti summa quanta 20 pour la restaurer et en faire don à l'ACONIT (N° inventaire 19747) dans le but de permettre aux visiteurs de l'essayer. Cette calculatrice, version motorisée de la summa prima 20 déjà exposée à ACONIT (N° 12431), a été fabriquée en Argentine, au Brésil, en Italie et aux Etats-Unis (Olivetti Underwood). La mécanique a été développée en 1968 par l'ingénieur Natale Capellaro et la robe aux lignes anguleuses et tendues par le designer Marcello Nizzoli.



2. Rétroconception

Sans démontage l'observation des organes internes de la machine est limitée, en contrepartie on peut à loisir l'observer calculer. Ce qui suit est le résultat d'expérimentations et de la lecture des notices et brevets concernant cette machine.

Le vocabulaire pratiqué dans ce papier est le vocabulaire informatique.

3. Mémorisation des chiffres et des nombres

En entrée les chiffres sont posés au moyen de dix touches portant les symboles 0 à 9. Notons qu'outre la touche 0, une touche 00 permet de poser deux zéros d'un coup.

En sortie les nombres sont imprimés sur un ruban de papier par onze roues sur un même axe. Chacune des roues porte le dessin des chiffres 0 à 9 inversés et en relief. Les nombres imprimés sur le papier sont les seules mémorisations définitives.

A l'intérieur de la machine il y a deux mécanismes de mémorisation très différents.

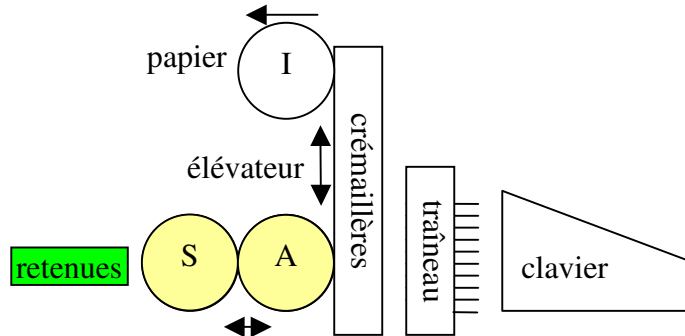
Les chiffres sont mémorisés par des roues qui peuvent prendre 10 positions angulaires discrètes. Les nombres sont formés de l'enfilement sur un même axe de 11 roues formant un cylindre. La machine comprend 2 cylindres A et S engrenés, sans compter le cylindre d'impression I déjà cité.

Dans un deuxième système, les chiffres sont représentés par 10 chevilles mobiles appelées stop alignées verticalement. Chacune de ces stops peut prendre 2 positions stables. Pour chaque valeur un stop est avancé, valant 0 en bas jusqu'à 9 en haut. Un nombre est mémorisé par une matrice de stops de 10 colonnes et 10 lignes. Cette matrice mobile est appelée traîneau.

4. Echange de valeur de nombre

On peut distinguer quatre mécanismes de transmission de valeur numérique.

Les 11 roues d'un cylindre sont chacune munies de 10 dents sur leur périphérie. Ces dents peuvent engrener avec un ensemble de 11 crémaillères verticales.



Les cylindres A et S sont toujours engrenés, la rotation d'une roue de A ou de S entraîne une rotation en sens inverse de la roue correspondante de l'autre cylindre. Ces roues sont calées au montage de façon que le 0 sur l'une corresponde au 9 sur l'autre.

En permanence $S+A=9999999999$. Traduit en arithmétique modulo 1000000000, $S = -A - 1$ (et réciproquement).

Les cylindres A et S sont montés dans un barillet qui peut tourner de 180° . Cela échange temporairement les cylindres A et S. Comme les valeurs de A et S sont complémentaires, cela équivaut à compléter A (et S également).

Le mouvement vertical des crémaillères entraîne une rotation des roues de I. Des marteaux frappent les roues de I vers le papier en imprimant la valeur de I. Les roues correspondant à des zéros à gauche ne sont pas frappées.

Le mouvement vertical des crémaillères limité par les stops du traîneau fait tourner les roues A, S et I d'un angle proportionnel à la position du stop. Compte tenu d'un mécanisme de retenue décrit plus loin, A est incrémenté de la valeur du traîneau (et S est décrémenté).

5. Pose des chiffres

Le clavier réduit transmet au traîneau la valeur d'un nombre séquentiellement chiffre à chiffre en commençant par les poids forts. Le traîneau ressemble beaucoup au chariot d'une machine à écrire. Il est ramené à zéro (complètement à droite) par une came du moteur électrique. Ce faisant il bande un ressort.

La frappe d'un chiffre (ou pose) laisse échapper (à gauche) le traîneau d'une position en libérant le ressort et ensuite avance un stop. La touche 00 laisse échapper deux positions. La touche → fait reculer (à droite) le traîneau et efface le dernier chiffre entré. Cette touche est dure en dépit d'une longue course car elle doit déplacer le traîneau et bander le ressort.

Une flèche rouge, solidaire du traîneau, indique sur un cadran combien de chiffres sont actuellement dans le traîneau (de 0 à 10 chiffres).

Le traîneau est prolongé sur sa gauche d'une ligne de 11 stops fixes en position basse qui complètent le nombre porté par le traîneau par des zéros à gauche.

6. Retour à zéro

Une touche C remet tout à zéro sans impression. D'autres retours à zéro sont implicites.

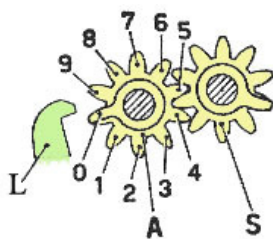
Lorsque le traîneau recule, une rampe repousse au passage tous les stops. Le traîneau est ramené automatiquement après une addition ou soustraction. Cependant un interrupteur marqué X inhibe le retour automatique du traîneau et donc sa remise à zéro.

Le cylindre A est remis à zéro en poussant le joystick en position "total" (*).

Le mouvement vertical des crémaillères entraîne une rotation des roues de A jusqu'à ce qu'un ergot solidaire de chaque roue vienne en contact d'une butée. La roue est stoppée en position 0. Les crémaillères transmettent à I l'ancienne valeur de A qui est imprimée. La lecture de A est donc destructive (comme une mémoire à tore ou une mémoire dynamique).

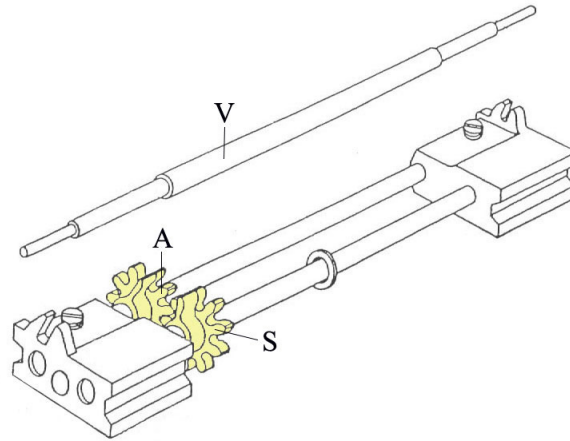
En poussant le joystick en position "sous-total" (◇), on imprime la valeur de A en préservant sa valeur.

7. Roues A et S

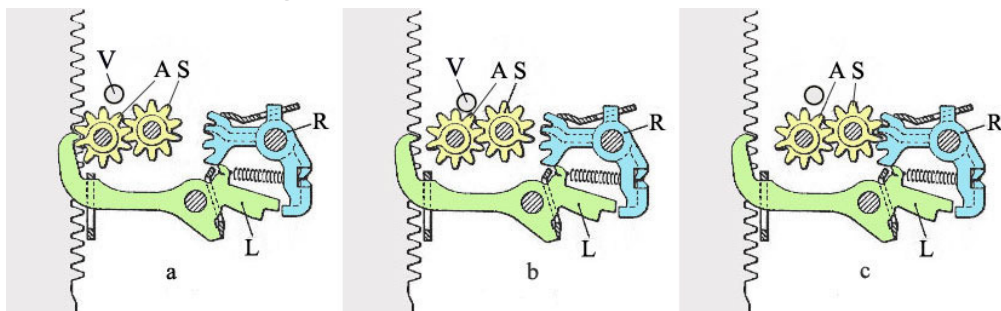


Chaque chiffre du registre totalisateur A est mémorisé par la position d'une roue. Une roue est l'assemblage d'un engrenage à 10 dents représentant les valeurs de 0 à 9, et d'un engrenage à une seule dent repérant le 0. Cette dent unique est dans le plan d'une butée L et vient au contact de cette butée lorsque la roue passe de 9 à 0 ou de 0 à 9. Une roue A (pour addition) engrène toujours avec une roue S (pour soustraction). Ces deux roues engrenées tournent en sens inverse.

Pour faire un registre, 11 roues A et S sont enfilées sur deux axes solidement assemblés par leurs extrémités. Dans cet assemblage une tige de verrouillage V peut glisser dans des encoches pour bloquer les engrenages (les empêcher de tourner).



8. Mouvements du registre totalisateur

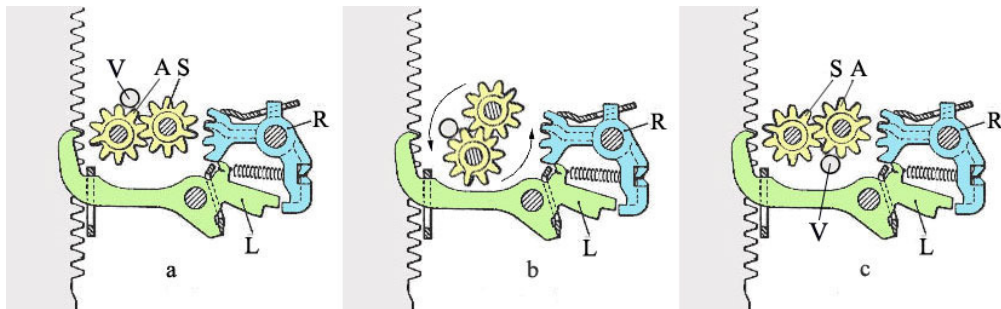


Le registre peut être déplacé.

(a) Vers la gauche, l'engrenage à dix dents A engrène une crémaillère. Le passage de 0 à 9 pousse la butée L vers le haut, le passage de 9 à 0 la pousse vers le bas.

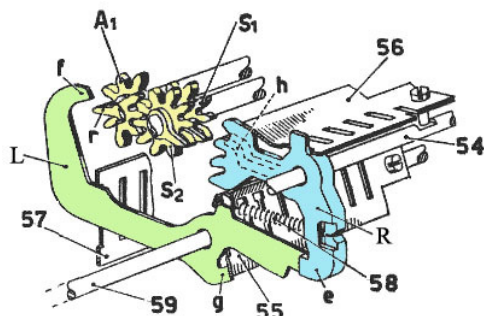
(b) Au centre les engrenages sont immobilisés par la tige de verrouillage V. Les crémaillères sont désengrenées.

(c) Vers la droite, l'engrenage à dix dents S engrène un segment d'engrenage à quatre dents R, le passage de 9 à 0 de S entraîne par une dent unique (pointillée) ce segment R vers le bas.



Lorsqu'il est en position centrale, le registre peut pivoter pour échanger A et S, ce qui revient à compléter la valeur du registre. La tige de verrouillage V ne libère le registre que lorsqu'il s'engrène soit avec les crémaillères soit avec les segments R.

9. Mouvement des pièces L et R



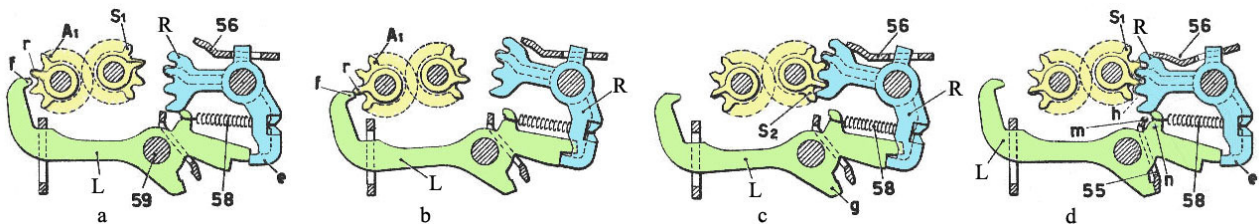
Le levier L pivote autour de l'axe 59 qui le traverse. Il est maintenu dans son plan par les encoches du peigne 57 et du peigne 55. Il est tiré en haut par le ressort 58. Il est poussé vers le bas par la rotation de la dent r qui pousse au passage le bec f. Il est alors maintenu en bas par le bec e de la pièce R.

La pièce R pivote autour de l'axe 54. Elle est maintenue dans son plan par une encoche du peigne 56. Elle monte sous l'action du ressort 58 lorsque son bec e est libéré par le levier L. Le levier L est ramené en position par le ressort 58 et par la rotation du peigne 55, vissé à l'axe 59, qui pousse la butée g. La pièce R est ramenée par le peigne 56, vissé à l'axe 54, qui pousse vers le bas la butée h.

10. Addition

Lorsqu'on enfonce la touche d'addition +, la valeur du traîneau est transmise à I et est simultanément ajoutée à A sans propagation de retenue. Cependant pour chaque roue de A un bistable formé des pièces L et R mémorise une retenue lorsque cette roue en tournant passe de 9 à 0.

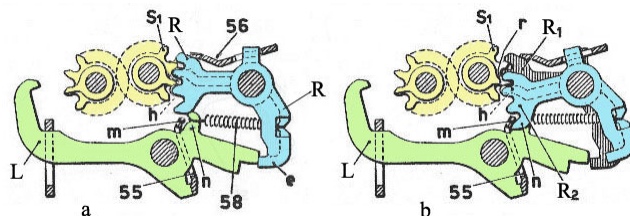
11. Mémorisation d'une retenue



Lorsque la roue A est entraînée par la crémaillère, la dent r peut pousser la butée f du levier L vers le bas. Le basculement du levier L libère la butée e de la pièce R qui bascule à son tour. Cette position est stable (b). La retenue est mémorisée.

Ensuite le registre se déplace vers la droite (c), la roue S engrène le segment R. Enfin ce segment R est ramené par le peigne 56, ce qui incrémente A de 1 (d). La retenue est propagée. Ce fonctionnement s'applique évidemment simultanément à tous les chiffres.

12. Propagation de retenue



Tant que les roues S sont engrénées avec les segments R, le passage d'une roue S de 9 à 0 abaisse un segment R qui entraîne la roue suivante. En effet, le segment R, outre ses 4 dents qui engrenent l'engrenage S, possède une dent unique h, dessinée en pointillé car cachée, qui se trouve dans le plan de la dent r de la roue S précédente. Lors du passage de 9 à 0, la dent r pousse par sa dent h le segment R vers le bas.

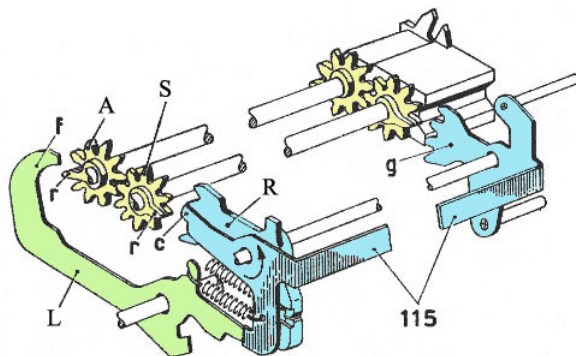
Ainsi, une retenue sur une roue dont la valeur est 9 entraîne l'incrémement de cette roue et de la roue suivante.

13. Résumé des mouvements

La pièce R (comme la pièce L d'ailleurs) joue plusieurs rôles. Elle peut prendre 3 posions, que nous notons 1 (haut), 0 (milieu) et 2 (bas).

Mouvement de R		Actionneur du mouvement
0 → 1	retenue détectée, mémorisée	crémaillère, dent r, pièce L, ressort 58
1 → 0	retenue primaire propagée	moteur, came, axe 54, peigne 56
0 → 2	retenue secondaire propagée	dent r, dent h
2 → 0		désengrènement, ressort 58

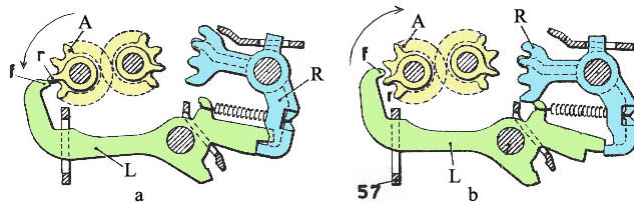
Lors de l'addition d'un nombre et de son opposé, toutes les retenues sauf la première sont des retenues secondaires, copiées de la retenue précédente, avec des jeux mécaniques inévitables qui se cumulent. Le résultat est restauré par la tige de verrouillage.



14. Rebouclage de la retenue

La retenue sortant du chiffre poids fort est recueillie par la dent c d'une barre 115, qui fait toute la longueur du registre, puis est réinjectée comme retenue entrante en poids faible par le segment g.

Une retenue rebouclée indique un changement de signe du registre. Le signe du registre est mémorisé à ce moment.



15. Retour à zéro de A

Le mouvement vers le bas (a) des crémaillères ajoute un nombre au registre. Par contre lors d'un mouvement vers le haut (b) la roue A se bloque en position 0, ce qui bloque et déverrouille la crémaillère. Les crémaillères se sont

déplacées d'un nombre de dents égale à la valeur du registre. Le registre est lu et remis à zéro, comme pour l'impression du total. Pour lire le registre sans le remettre à zéro, il suffit de ne pas désengrener les crémaillères lors de leur retour vers le bas, ce qui restaure la valeur précédente du registre.

16. Soustraction

Sans surprise la soustraction est semblable à l'addition. Cependant on échange A et S avant puis après l'addition. Cela revient à complémenter A, additionner à A, complémenter A.

Exemple 1 : 17 – 8

Valeurs initiales
Échange de A et S
Plus 8 sans retenue
Addition de retenues
Echange de A et S

	A	S	Retenues R
Valeurs initiales	0000000017	9999999982	0000000000
Échange de A et S	9999999982	0000000017	0000000000
Plus 8 sans retenue	9999999980	0000000019	0000000010
Addition de retenues	9999999990	0000000009	0000000000
Echange de A et S	0000000009	9999999990	0000000000

Exemple 2 : 17 – 20

Valeurs initiales
Échange de A et S
Plus 20 sans retenue
Addition de retenues
Échange de A et S

	A	S	Retenues R
Valeurs initiales	0000000017	9999999982	0000000000
Échange de A et S	9999999982	0000000017	0000000000
Plus 20 sans retenue	9999999902	0000000097	0000000100
Addition de retenues	0000000003	9999999996	222222002
Échange de A et S	9999999996	0000000003	0000000000

17. Impression du résultat

Dans cette machine, un résultat positif ($17 - 8$) se trouve dans A alors que un résultat négatif ($17 - 20$) se trouve dans S.

L'impression se déroule donc de la façon suivante :

si $A < 0$ alors
 échanger A et S
 imprimer A avec le signe "*" à droite
sinon
 imprimer A avec le signe "*" à droite

Une douzième roue imprime un commentaire à droite du nombre imprimé :

Sous total ≥ 0	◇	Sous total < 0	◇-
Total A ≥ 0	*	Total A < 0	*-
Addition	+	Soustraction	-

Non-opération (nombre qui n'est pas calculé) <

Un coulisseau se déplace de gauche à droite jusqu'au premier chiffre non nul en inhibant l'impression des zéros non significatifs. Le chiffre des unités est toujours imprimé.

18. Multiplication

L'interrupteur marqué \times permet de conserver la valeur du traîneau, qui n'est alors pas automatiquement remis à 0 après une addition ou une soustraction. Cet interrupteur est automatiquement ramené lorsqu'on imprime le produit, ou total (*).

La frappe d'un 0 décale le traîneau à gauche de une position.

Donc si on veut multiplier par 1789, par exemple, il faut frapper successivement les touches :

$\times + + + + + + + + 0 + + + + + + + + 0 + + + + + + + + 0 + *$

C'est évidemment assez long, toutefois moins long que de frapper 1789 fois la touche +. On peut obtenir le même résultat en frappant successivement:

$\times - 0 - 0 - - 0 + + *$

ce qui est plus court mais exige une certaine gymnastique de l'esprit. ($1789 = 2000 - 211$).

Cette dernière multiplication est dite abrégée.

Les touches addition (+) et soustraction (-) sont autorépéteuses. Il suffit de les maintenir enfoncées pour enchaîner une série d'additions ou de soustractions pour la multiplication.

En dehors de la multiplication, l'autorépétition accidentelle de l'addition ou de la soustraction (on a laissé le doigt sur la touche) est sans conséquence puisque la première opération remet le traîneau à zéro.

19. Entraînement électrique

Un moteur électrique à induction ① entraîne un arbre à cames par une vis sans fin. Ce moteur est alimenté à travers un minirupteur ②. Ce minirupteur est fermé lorsqu'on enfonce une touche de fonction ③ et est ouvert par une came lorsque l'arbre à cames a effectué un tour complet. La touche reste enfoncée pendant ce cycle.

La machine ne possède pas d'interrupteur marche/arrêt. Elle est en veille sitôt branchée. Et cette veille, écologique avant l'heure, ne consomme rien.

A chaque cycle une bielle ④ ramène à zéro le traîneau en bandant un ressort. Ce ressort stocke l'énergie nécessaire à la pose. Ce retour à zéro est débrayé par l'interrupteur marqué \times .

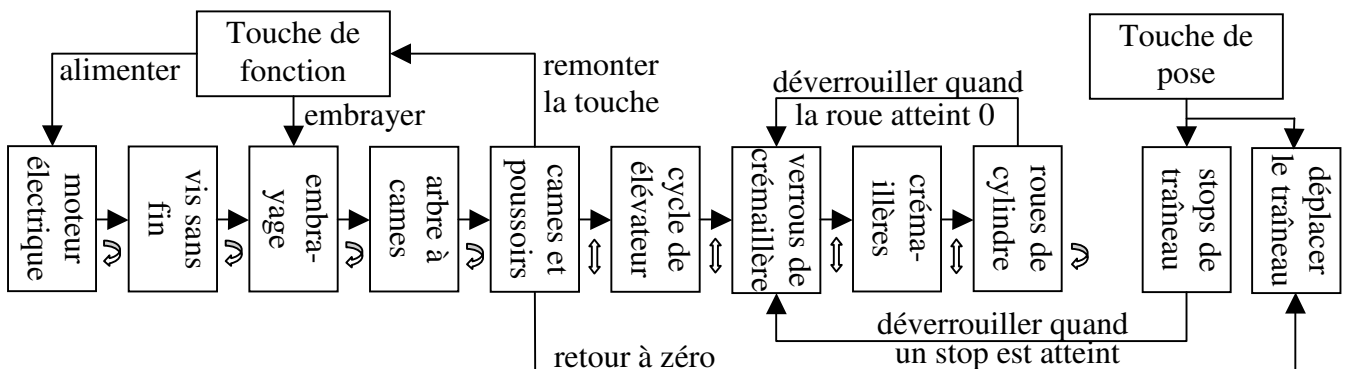
A chaque cycle une forte came ⑤ fait pivoter un élévateur autour de son axe ⑥. Une deuxième came ⑦ allonge l'élévateur (tangente de l'angle) de façon que l'extrémité de l'élévateur se déplace verticalement.

Cet élévateur entraîne les crémaillères par l'intermédiaire de verrous. Cet entraînement est dit intermittent car interrompu dès que les verrous sont ouverts soit par les stops du traîneau (addition/soustraction), soit par les butées de rotation r des roues du cylindre A (impression/remise à zéro). Ensuite l'élévateur redescend toutes les crémaillères en butée basse.

Une came meut les retenues (axe 54 et peigne 56 ainsi que axe 59 et peigne 55).

Pour éviter les à-coups, l'arbre à cames est débrayé en fin de course. Un petit volant est fixé à l'axe du moteur électrique. Un cycle de calcul enchaîne donc : alimenter du moteur, embrayer l'arbre à cames, tour complet de l'arbre à cames, débrayer, et enfin remonter la touche qui coupe l'alimentation.

Pour résumer le flux d'énergie mécanique nécessaire à tout échange ou modification de valeur de nombre : mouvement



20. Plan de masse

Les dimensions de la machine sont dictées par des contraintes ergonomiques et mécaniques. Pour rester lisibles, les résultats sont imprimés au pas de 4 mm. Le cylindre I de 12 roues d'impression mesure environ 5 cm. Les autres cylindres et le traîneau ont évidemment le même pas. Or le traîneau compte 11 zéros à gauche suivis de 11 chiffres et peut se déplacer de 11 positions. Son encombrement est d'environ 15 cm. La machine fait 18 cm de large. Quand le traîneau se décale à gauche, il fait saillie à travers une fenêtre du châssis®.

Quant à la hauteur de la machine, elle est donnée par la crémaillère engrainant S + la partie entraînée par l'élévateur + la crémaillère entraînant I. Quand la crémaillère est en position basse (0) elle touche presque le fond du boîtier, et quand elle monte elle fait saillie au dessus de la machine. La longueur totale des crémaillères est trois fois la circonférence des cylindres plus quelques marges.

Le clavier numérique doit être positionné près des unités du traîneau, c'est-à-dire sur l'extrémité droite de l'imprimante. Le clavier est la partie la moins densément peuplée de la mécanique. Sa taille est uniquement dictée par l'ergonomie.

21. Critique

Le clavier réduit (10 touches) autorise une machine plus compacte, cependant la saisie séquentielle des chiffres est certainement moins rapide qu'avec un clavier complet (110 touches) sur lequel on peut entrer plusieurs chiffres simultanément en se servant de plusieurs doigts. Le clavier réduit impose un traîneau pour le décalage des nombres. Ce même traîneau est utilisé pour la multiplication, avec simplement l'ajout d'un interrupteur × qui inhibe le retour du traîneau. On fait d'une pierre deux coups.

La multiplication est toutefois bâclée. Sur l'Olivetti summa 15, antérieure, il y a un compteur d'additions/soustractions, activé par l'interrupteur \times et remis à zéro par $*$. Sur une autre machine il y a un second clavier pour introduire le multiplieur.

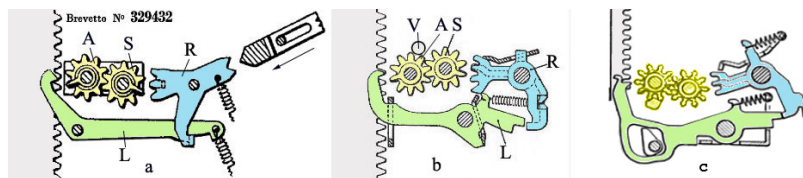
De plus on ne peut pas enchaîner deux multiplications puisque le multiplicande est forcément dans le traîneau.

A et S sont signés alors que le traîneau ne peut qu'être positif. Par exemple on ne peut pas multiplier -3 mais on peut multiplier par -3 ($\times - - - *$). Cette limitation n'est pas vraiment gênante.

Quant à la division elle est carrément sans support. Il n'y a pas de sonnette pour indiquer le changement de signe du reste partiel lors de la soustraction du diviseur, il faut donc surveiller l'impression, sans parler du manque d'un compteur de soustractions pour former le quotient.

De même il n'y a aucun indicateur de débordement.

La position du bouton "total" ($*$) et "sous-total" (\diamond) sur le tableau est peu pratique. Elle semble héritée de la version sans moteur, où on positionnait le joystick du pouce tout en abaissant le levier. Sur les versions suivantes (Olivetti electrosumma 20) ce bouton fut remplacé par deux touches sur le clavier. Ce clavier ressembla alors tout à fait aux pavés numériques des ordinateurs modernes.



22. Historique

Le système d'addition breveté par le génial ingénieur (ingénieur honoris causa car il était autodidacte) Natale Capellaro, a

sans doute puissamment contribué à faire d'Olivetti le premier producteur mondial de calculatrices de bureau pendant la renaissance italienne d'après guerre. Ce système s'est retrouvé dans tous les modèles d'Olivetti et son principe n'a guère varié de 1945 (a) à 1967 (c). Les mécanismes de remise à zéro ont été profondément refondus et on a ajouté une tige de verrouillage V et une dent au bas de la pièce R pour améliorer la stabilité à grande vitesse. Le grand Charles Babbage avait proposé dès 1846 un mécanisme complexe permettant de propager la retenue en temps constant, indépendant du nombre de chiffres. C'est probablement l'invention dont Charles Babbage était le plus fier et qui lui a donné confiance pour entreprendre la « Machine Analytique ». Cet additionneur à retenue anticipée a été effectivement construit en 1909 sous la direction de son fils Henry Babbage.

L'autre grande invention de Capellaro est le « solde négatif », c'est-à-dire la représentation des nombres en « signe/valeur-absolue », et l'« additionneur signé » ou « totalisation algébrique ». Dans ce système la valeur -15 est bien imprimée 15*- et non 999999984. Un certain Arthur F. Poolle avait breveté dès octobre 1916 (US1202763 Algebraic-Totalizer et US1301318 Calculating-machine) un système avec deux cylindres couplés, l'un pour les valeurs < 0 et l'autre pour les valeurs ≥ 0 . Des volets mobiles dévoilaient automatiquement le bon cylindre et rebouclaient la retenue, les nombres positifs s'affichant dans la fenêtre du haut et les nombres négatifs en bas (un peu comme le volet de la Pascaline). Ce système était cependant beaucoup moins développé que celui de Capellaro.

23. Conclusion

Cette machine correspond tout à fait à son slogan publicitaire
PAVIE (Portable, Accurate, Versatile, Inexpensive, Easy)

24. Références

Jean Marguin « Histoire des instruments et machines à calculer » Hermann 1994,
ISBN 2-7056-6166-3

Le Monde.fr du 05 janvier 2007 « Ranimer une belle mécanique, la Tetractys 24-CR »
<http://ananke.blog.lemonde.fr/2005/08/>

Brevet suisse CH329432 du 14/01/1945 « DISPOSITIVO DI RIPORTO IN UNA
MACCHINA DA CALCOLO » par Natale Capellaro

Brevet anglais GB768395A du 11/01/1955 « TRANSFER MECHANISM FOR
CALCULATING MACHINE » Olivetti S.P.A

Brevet américain US2954921 du 04/10/1960 « REGISTER REVERSING AND ENGAGING
MECHANISM » par Natale Capellaro Olivetti S.P.A