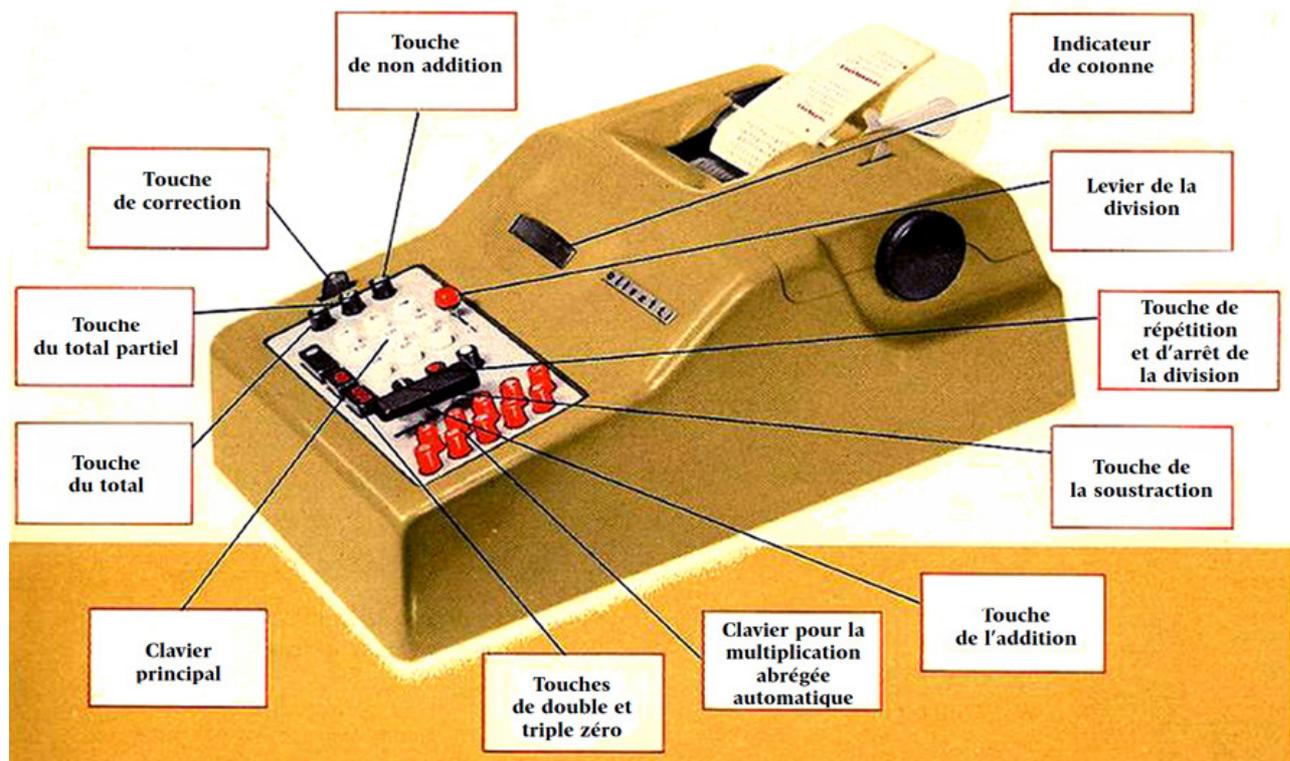


Étude de la divisumma 14 d'Olivetti

Alain Guyot
Chargé des collections



Résumé

Porté par la demande et aiguillonné par la concurrence, l'innovation était permanente dans les machines à calculer de bureau. Le premier microprocesseur a été conçu pour elles. La divisumma 14 d'Olivetti, objet de cette étude, figure en bonne place dans plusieurs musées. En une douzaine de pages concises, les principes de l'addition, de la soustraction, de la multiplication et de la division de cette machine sont clairement exposés.

1 Généralités

Avant de l'étudier, cette étude il convient de replacer la « Olivetti Divisumma 14 II S » dans le contexte des machines à calculer mécaniques qui ont régné pendant trois siècles.

Les machines à calculer mécaniques ou électromécaniques travaillent en base 10. Il y a eu cependant de rares exceptions.

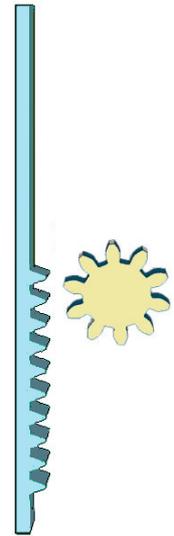
1.1 Engrenage et crémaillère

Les valeurs des chiffres sont représentées par des positions angulaires d'engrenage ou par les positions linéaires de crémaillère. Pour passer à la valeur suivante d'un chiffre on avance de une dent, d'engrenage ou de crémaillère.

Les crémaillères font un mouvement alternatif. Elles sont généralement ramenées en position de repos par un moteur. La position de repos représente la valeur 0. L'allemand Christian Ludwig Gersten utilisa des crémaillères pour la pose dans une machine à calculer dès 1722.

Les engrenages font un mouvement de rotation. Des engrenages furent utilisés dans la Pascaline dès 1645. Dans certaines machines, comme les machines du suédois Willgodt Theophil Odhner, les engrenages tournent dans un sens pour l'addition, et dans l'autre pour la soustraction. Dans la Divisumma, comme dans la Pascaline, ils tournent toujours dans le même sens. La position 0 est repérée par un bossage ou une dent fortement élargie.

Certaines machines n'ont que des engrenages, comme la Pascaline ou la machine de Odhner, d'autre que des crémaillères, comme la machine à crosses de Louis Troncet. La Divisumma utilise les deux.



1.2 Engrènement

Il est parfois nécessaire de désengrener des pièces pour les engrener à nouveaux dans une position différente. Soit on éloigne un axe de rotation jusqu'à ce que les dents ne se touchent plus, soit plus communément on fait coulisser les engrenages le long de leur axe jusqu'à ce qu'ils soient dans des plans différents. La Divisumma utilise les deux approches, la machine à différences de Charles Babbage uniquement la seconde, et la machine arithmétique de Pafnouti Lvovitch Tchebychev aucune des deux.

Le ré-engrènement est problématique dans les machines manuelles et source de blocages ou casse.

1.3 Remise à zéro

Pour remettre à zéro les engrenages on les entraîne tant que la valeur est $\neq 0$, et 0 est généralement la position de repos des crémaillères.

1.4 Clavier

C'est Jean-Baptiste Schwilgué, plus connu pour l'horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg, qui en 1844 ajouta un clavier sur un additionneur mécanique. Les touches étaient en ligne, comme les touches d'un orgue. En 1914, Gustaf David Sundstrand, américain né à Stockholm, breveta le pavé numérique dans la forme actuelle. La société Sundstrand, fondée en 1919 a vendu en 1927 ses droits à Underwood, rachetée par Olivetti en 1960.

2 Introduction

ACONIT possède une Olivetti Divisumma 14 II S (N° inventaire 20358) de 1948. Ce fut la première calculatrice électromécanique imprimante au monde à exécuter automatiquement les quatre opérations. De la série 14, qui compte aussi l'Elettrosomma 14 (N° inventaire 20359) et la Multisomma 14, la Divisumma 14 était la dernière et la plus perfectionnée. La mécanique a été développée vers 1941 par l'ingénieur Natale Capellaro et la robe beige dorée aux lignes

arrondies crée par le designer Marcello Nizzoli (1887–1969). Un exemplaire est exposé au MoMA (Museum of Modern Art) de New York dans la section Design Industriel (N° 492.1953), un autre au MNAM (Musée National d'Art Moderne) de Paris au Centre de Création Industrielle (N° AM1994-1-399).

Cette série 14 permet à Olivetti de conquérir, au cours des années 50, environ 80% du marché mondial des calculatrices électriques à imprimantes.

Olivetti devait adapter ses machines à écrire à la langue du pays d'exportation, si possible, mais pas les machines à calculer. Le monde entier calcule de la même façon.

2.1 La Divisumma versus la calculette contemporaine

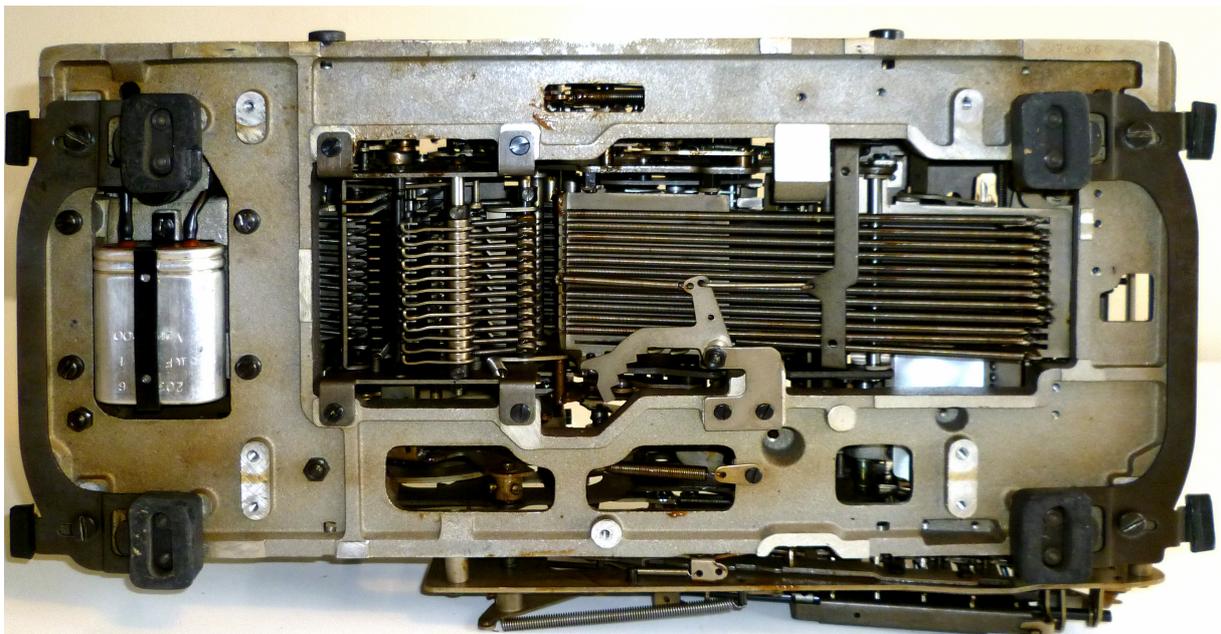
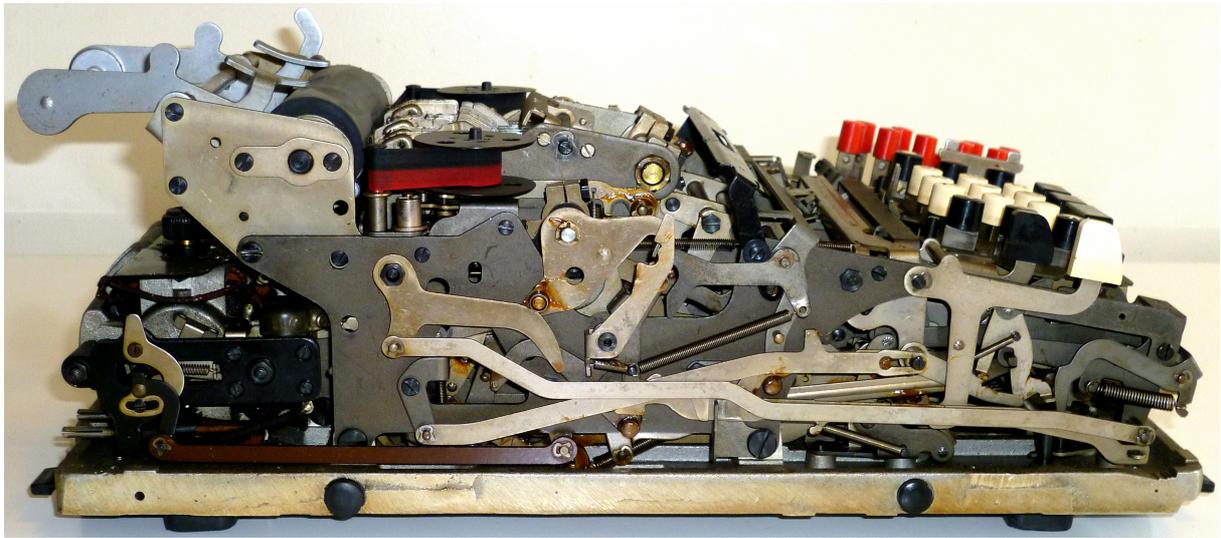
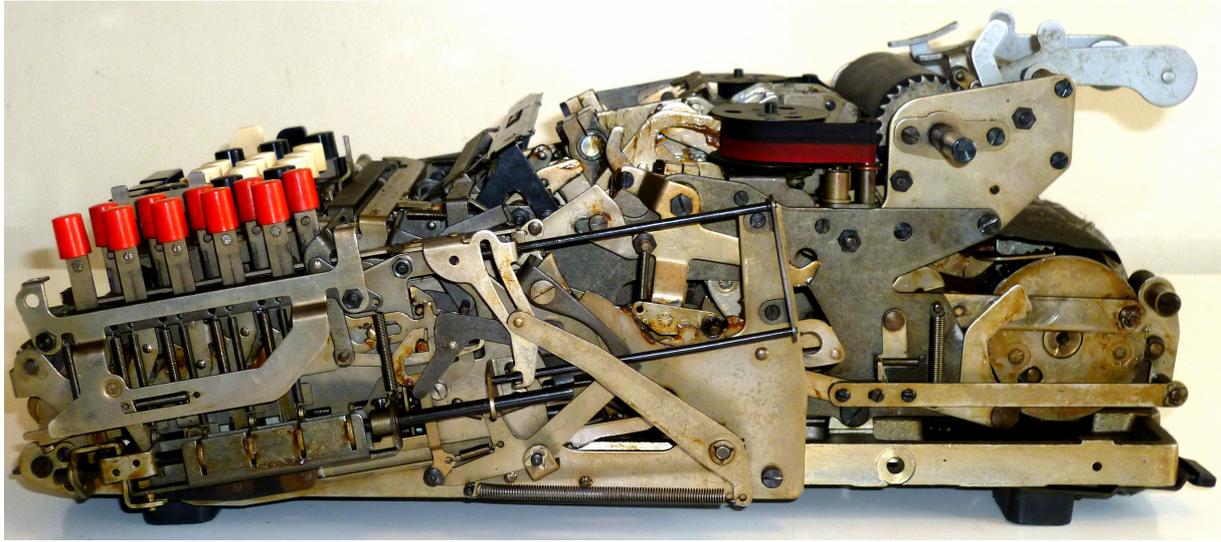
La Divisumma, 12,5 kg, anticipe les fonctions d'une calculette 4 opérations contemporaine. Il n'y a pas de bouton marche/arrêt, en veille, la Divisumma ne consomme pas. Un pavé numérique familier ; la touche + est remplacée par un gros bouton noir rectangulaire. Une touche - ;

pas de touche = ; deux touches \diamond ou * font cette fonction = . Pas de touche x, mais un clavier rouge pour le multiplieur, quand on utilise ce clavier, la machine multiplie. Pas de touche \div , mais un curseur. Tant que ce curseur est à droite, la machine divise. Les opérations de multiplication et division ne sont pas atomiques. Pas de « virgule décimale » non plus.

2.2 Trente ans d'améliorations

MC 3 Simplisumma (1942) – Divisumma 14 (1948) - Multisumma 14 (1948) - Elettrosomma Simplex (1954) - Divisumma 21 (1955) – Divisumma 24 (1956) – Tetractys 24 CR (1956) - Multisumma 20 (1964) - Logos 58 (1973).





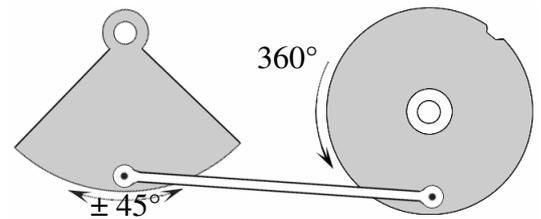
2.3 Principe des actionneurs oscillants

Le moteur électrique entraîne par une bielle un segment qui oscille de 90°. Ce segment à son tour anime toutes les fonctions de la machine.

Une encoche dans le volant du moteur commande un embrayage et assure que le volant moteur s'arrête toujours dans la même position.

Dans les machines postérieures, la bielle sera remplacée par deux cames à profil complémentaire, une qui tire et l'autre qui pousse, ce qui permet un meilleur contrôle de la cinématique.

Pour la Divisumma 14 la vitesse de rotation est environ 145 tours/minute (environ 2,5 additions par seconde). Cette vitesse est régulée par une masselotte centrifuge.



2.4 Principe de la crémaillère arrêtée

Le mécanisme de crémaillère arrêtée est généralement destiné à faire tourner une roue du totalisateur d'un nombre de dixièmes de tour égal à la valeur d'une touche enfoncée.

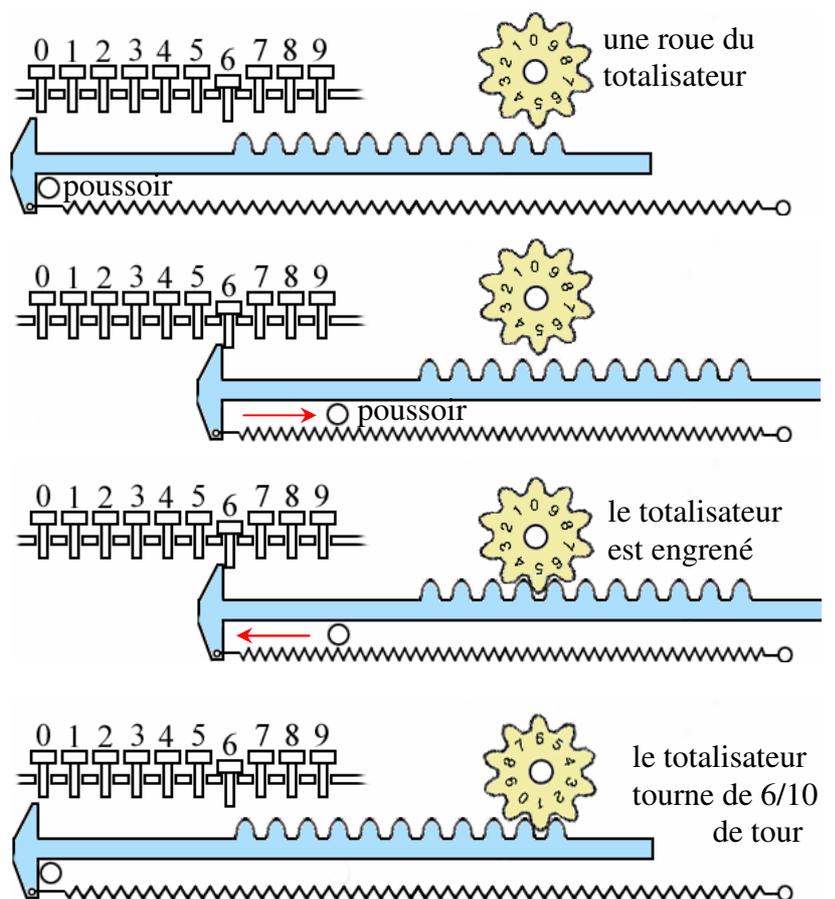
C'est de loin le mécanisme le plus commun dans les calculatrices à moteur.

Prenons un exemple : la touche numérique 6 est enfoncée puis on appuie la touche addition, ce qui lance le moteur. Un poussoir, animé par le moteur, fait un mouvement alternatif.

La crémaillère, tirée par le ressort, est arrêtée par la queue de la touche 6. Elle se déplace de 6 dents.

Lorsque le poussoir est totalement à gauche, le totalisateur est engrené et reste ainsi jusqu'à la fin du cycle.

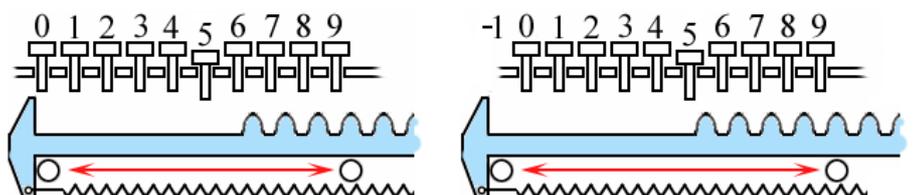
Le poussoir, ramené vers la gauche par le moteur, repousse la crémaillère qui entraîne la roue du totalisateur de 6/10 de tour.



2.5 Déplacement de n+1 dents

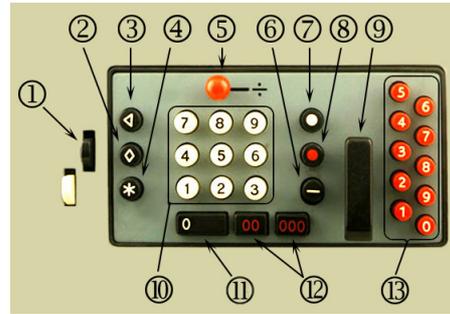
Dans la Divisumma 14, pour tenir compte d'une retenue éventuelle, la crémaillère se déplace de n+1 dents, par exemple si la touche 5 est enfoncée, la crémaillère se déplace de 6 dents.

Ceci s'obtient simplement en déplaçant la position initiale de la crémaillère, figure de droite ci-contre.



2.6 Clavier de la Divisumma 14

- 1- Touche pour annuler le dernier chiffre posé
- 2- Impression du sous-total \diamond (sans remise à 0)
- 3- Impression du nombre posé \triangleleft (sans calcul)
- 4- Impression du totalisateur * (avec remise à 0)
- 5- Curseur de division \div
- 6- Touche de soustraction -
- 7- Touche de non impression \circ
- 8- Touche d'arrêt de la répétition en division
- 9- Touche d'addition
- 10- Pavé numérique (pose de tous les nombres sauf le multiplieur)
- 11, 12- Touches de zéros (1 zéro, 2 zéros, 3 zéros)
- 12- L'appui simultané des deux touches provoque l'alignement à gauche du nombre posé
- 13- Clavier supplémentaire dédié au multiplieur

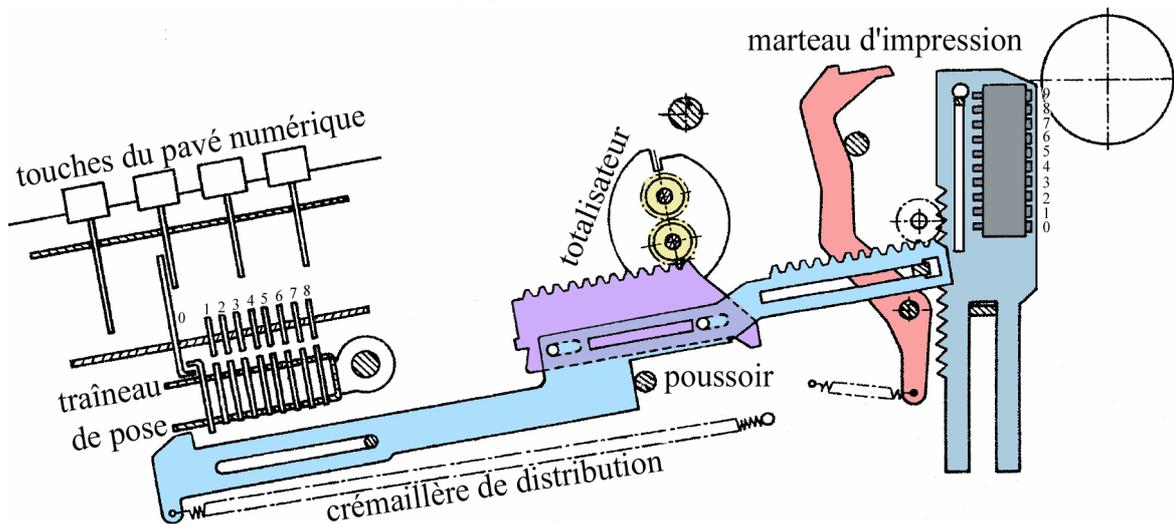
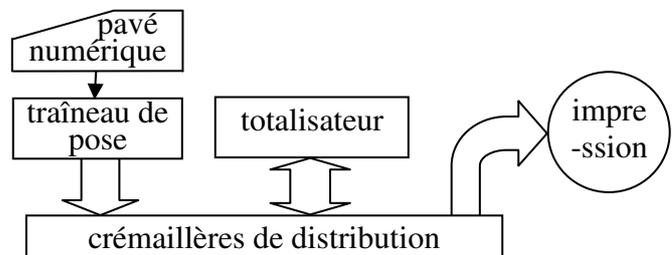


Les touches blanches concernent la pose, l'addition/soustraction et l'impression. Les touches rouges la multiplication et la division.

2.7 Mémoires et transferts de la Divisumma 14

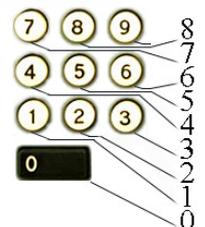
Le traîneau de pose mémorise des entiers positifs ou nuls sur 10 chiffres. Le traîneau de pose se déplace vers la gauche chaque fois qu'un chiffre est posé avec le pavé numérique pour paralléliser les nombres posés séquentiellement, en commençant par les poids forts.

Le totalisateur mémorise des entiers signés de 11 chiffres représentés en signe/valeur-absolue. La troisième mémoire est le ruban de papier.



2.8 Queues des touches du pavé numérique

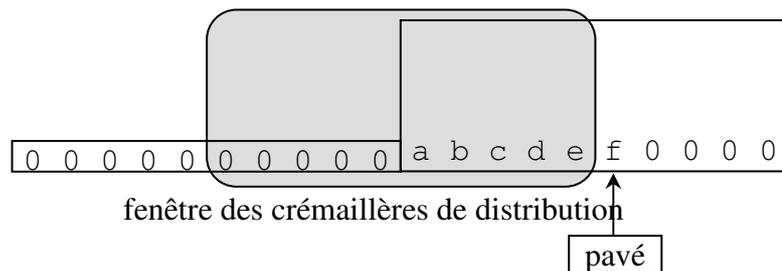
Les queues des touches du pavé numérique sont ramenées dans l'ordre à droite des crémaillères de distribution, poids 10^{-1} .



2.9 Traîneau de pose

Chaque chiffre du traîneau de pose est représenté par 9 chevilles mobiles appelées stops, qui peuvent prendre 2 positions stables : haut et bas. Chacun de ces stops représente une valeur. Le 0 est la valeur par défaut. Les touches 0, 00 et 000 décalent le traîneau à gauche de 1, 2 ou

3 positions sans le modifier. L'enfoncement d'une autre touche du pavé numérique remonte le stop du 0 et pousse un autre stop vers le bas puis décale le traîneau à gauche. Il n'y a pas de stop pour la valeur 9: aucun stop abaissé ne représente la valeur 9. Les stops sont maintenus par une matrice de 10 colonnes de 9 trous percés dans deux plaques.



Cette matrice de stops se prolonge à gauche par 10 stops fixes, toujours à 0. Le chiffre a est non nul : les touches zéro sont bloquées lorsque le traîneau est vide. Le chiffre f est évanescent, dès qu'il est posé, le traîneau se décale à gauche pour l'amener dans la fenêtre, il est remplacé par un 0. Lors du retour du traîneau à l'état vide ou de l'annulation du dernier chiffre posé, les chiffres qui sortent de la fenêtre à droite sont remis à zéro, par une rampe qui relève les stops.

2.10 Mouvements du traîneau de pose

Le traîneau se décale à gauche par un échappement :

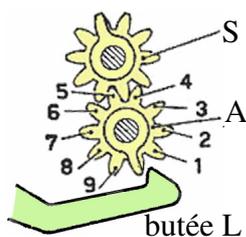
- 1- quand on enfonce une touche du pavé numérique
- 2- pendant la multiplication
- 3- quand on enfonce simultanément les touches 00 et 000, il se décale totalement à gauche

Le traîneau se décale à droite :

- 1- quand on efface le dernier chiffre posé (touche annulation)
- 2- pendant la division
- 3- quand on imprime le totalisateur, touche *, il se décale totalement à droite

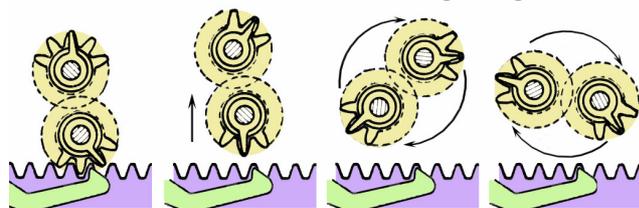
Enfin le traîneau se décale légèrement pour sortir les stops du chemin des crochets des crémaillères de distribution, désengrenant ainsi le traîneau de pose des crémaillères.

Une règle graduée, visible à travers une fenêtre transparente de la carrosserie de la machine, indique la position du traîneau et permet de savoir combien de chiffres sont dans le traîneau.



3 Totalisateur

Chaque chiffre du totalisateur est représenté par un engrenage à 10 dents A qui peut prendre 10 positions autour de son axe. Une dent unique, solidaire de l'engrenage, repère le zéro. Cette dent unique est dans le plan d'une butée L qui est poussée vers le bas lors du passage de 9 à 0 dans le sens des aiguilles d'une montre. La butée bloque à 0 l'engrenage qui tourne dans le sens inverse. Cet engrenage A est toujours engrené avec un engrenage S qui tourne en sens inverse. Les engrenages A et S sont calés pour que $A + S = 9$. Le totalisateur est formé de 10 engrenages A et S enfilés sur deux axes parallèles.



3.1 Mouvements du totalisateur

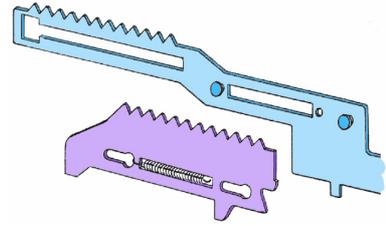
Le totalisateur T peut être déplacé vers le haut pour le désengrener des crémaillères. Quand il est déconnecté, il peut tourner de 180° pour échanger A et S.

Cela revient à compléter arithmétiquement le totalisateur : $T = 9\ 999\ 999\ 999 - T$.

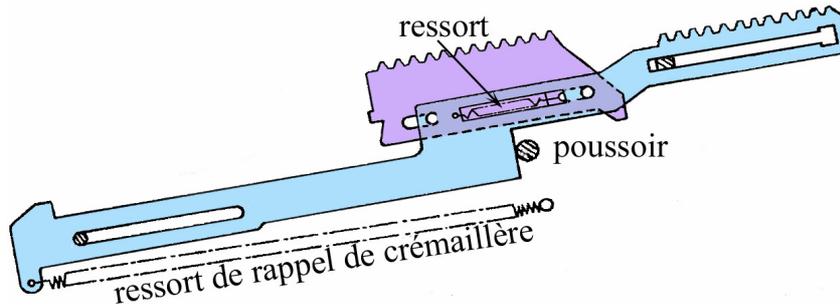
Remarque : dans les premières versions le totalisateur ne tourne que de 60° , avec une butée différente.

3.2 Crémaillères de distribution

Les crémaillères, au nombre de 10, sont formées de deux plaques en tôle découpée. La première, en bleu, est percée de deux longs goussets traversés par des arbres de maintien. La deuxième plaque, en mauve, est percée de deux goussets courts traversés par des tourillons rivés sur la plaque bleue. Un ressort reliant ces deux plaques tire la plaque mauve vers la droite.



Une barre poussoir actionnée par une bielle-manivelle entraînée par le moteur fait un mouvement alternatif de 11 pas. Le pas est la distance entre deux dents, entre deux stops du traîneau de pose et deux chiffres consécutifs de la barre d'impression.



Pendant la première moitié du cycle, le poussoir se déplace vers la droite. Chaque crémaillère, tirée par un ressort de rappel, suit jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée, soit par un stop du traîneau de pose, soit par la butée L du totalisateur s'il est engrené.

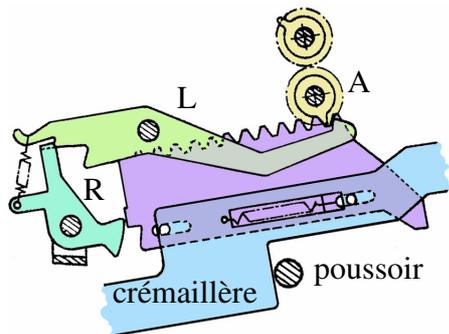
A ce moment, les crémaillères représentent la valeur numérique soit du traîneau, soit du totalisateur. On peut alors imprimer cette valeur.

Notez que la lecture du totalisateur est destructive, puisqu'elle remet le totalisateur à zéro.

Pendant la deuxième moitié du cycle le poussoir ramène les crémaillères en butée vers la gauche. La valeur des crémaillères est additionnée/soustraite au totalisateur, sauf si la touche "non calcul" est enfoncée.

Cette addition restaure la valeur du totalisateur s'il avait été remis à zéro.

Les longs ressorts de rappel de crémaillère sont parfaitement visibles sur la photo du dessous de la machine.



4 Addition

L'addition se réalise en deux temps :

- 1- addition modulo 10 de la valeur de la crémaillère à l'engrenage A et mémorisation des retenues.
- 2- addition des retenues.

Les retenues qui sont détectées pendant l'addition modulo 10 sont les retenues primaires. Celles qui sont générées pendant l'addition des retenues sont les retenues secondaires.

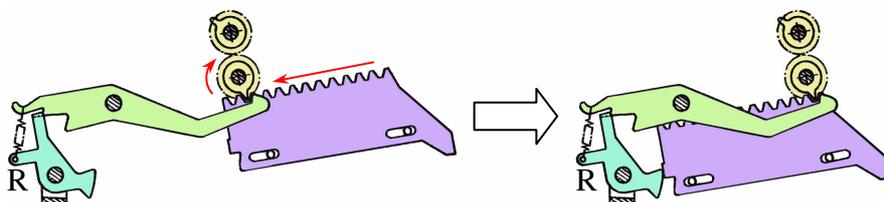
Prenons un exemple : $099 + 001 = 100$. La retenue des unités $9 + 1$ est une retenue primaire. Les retenues des dizaines et centaines sont des retenues secondaires.

Les retenues primaires sont mémorisées par la bascule formée des pièces L et R, reliées par un ressort.

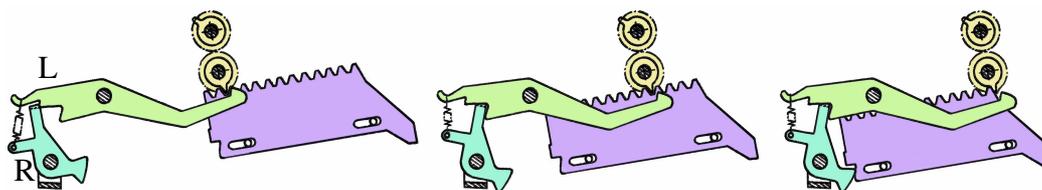
4.1 Propagation des retenues

Rappel : la plaque bleue se déplace de une dent de plus que le chiffre du traîneau. Voir §2.5

Cas 1 : pas de retenue. En revenant vers la gauche la plaque violette bute sur R et se déplace de une dent de moins que la plaque bleue. Le ressort entre les plaques se tend.



Cas 2 : une retenue primaire est détectée par L pendant l'addition modulo 10 et est mémorisée par R. Dans ce cas la plaque mauve se déplace comme la plaque bleue.



Cas 3 : une retenue secondaire est détectée après la fin du déplacement de la plaque bleue, elle libère la plaque violette qui sous l'action du ressort rattrape la plaque bleue.



Remarque : une retenue secondaire peut générer une autre retenue secondaire et ainsi de suite, par exemple $9\,999\,999\,999 + 0\,000\,000\,001$. Ces retenues se propagent séquentiellement, comme avec la Pascaline 300 ans plus tôt, ce cas critique limite la vitesse de l'addition de la divisumma 14. Cette limitation est élégamment réglée à partir de l'Olivetti summa 20 (voir «Olivetti summa quanta 20» par A. Guyot).

Pour clarifier, dans l'addition une roue du compteur tourne de $\{0,1,2 \dots 9\} + \{0,1\}$ dixièmes de tour, le chiffre du clavier est dans l'ensemble $\{0,1,2 \dots 9\}$ et la retenue dans l'ensemble $\{0,1\}$. L'Olivetti 14 fait $\{1,2,3 \dots 10\} - \{1,0\}$, c'est-à-dire fait un pas de plus puis soustrait 1 s'il n'y a pas de retenue, et soustrait 0 sinon.

5 Soustraction

Sans surprise la soustraction est semblable à l'addition. Cependant on échange A et S avant puis après l'addition. Cela revient à compléter le totalisateur T, additionner le traîneau de pose à T, compléter T.

$$T - \text{pose} = 9\,999\,999\,999 - ((9\,999\,999\,999 - T) + \text{pose})$$

Exemple 1 : 17 - 8	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	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	1111111001
Échange de A et S	9999999996	0000000003	0000000000

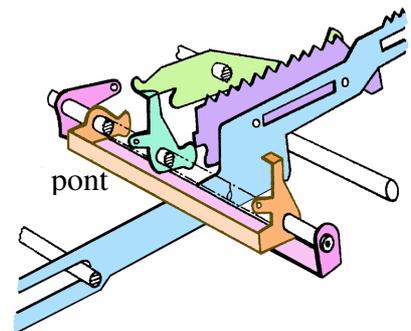
5.1 Rebouclage de la retenue sortante

Un pont, dessiné ci-contre en orange, complète la représentation du totalisateur à deux engrenages A et S (voir § 3.1) pour obtenir la représentation en «signe/valeur-absolue» nommé par Olivetti «solde négatif». Une retenue en 11^{ème} position signale un changement de signe du totalisateur. Or

$$A + S = 9\ 999\ 999\ 999$$

Il suffit alors d'ajouter 1 pour avoir $A + S = 0$ (modulo 10 000 000 000), c'est-à-dire $A = -S$.

Donc si le solde est positif ou nul, sa valeur est A, sinon sa valeur absolue est S. La machine mémorise le signe et sélectionne soit A soit S pour avoir la représentation en «signe/valeur-absolue». Le signe est imprimé à droite du solde.

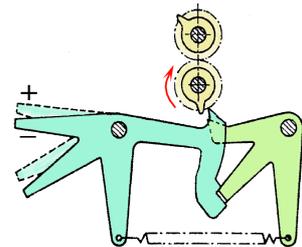


Caveat, la retenue sortante est à droite et la retenue entrante à gauche sur le dessin.

Notons que ce rebouclage de retenue est intensivement utilisée par les ordinateurs modernes sous le nom de «end-around-carry (EAC)»

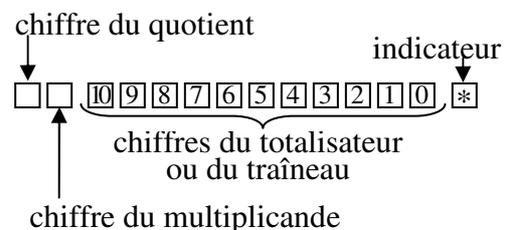
5.2 Bascule de mémorisation du signe du totalisateur

Une bascule change d'état chaque fois qu'il y a une retenue sortante, et donne le signe du totalisateur. Cette bascule est utilisée pour imprimer le signe du totalisateur et pour la division.



6 Impression des résultats

Sur le ruban de papier, on imprime dans une colonne les chiffres du quotient, dans la colonne suivante les chiffres multiplicande, dix chiffres de résultat et enfin un indicateur. Le quotient et le multiplicateur ne sont imprimés que pendant la division ou la multiplication, respectivement.

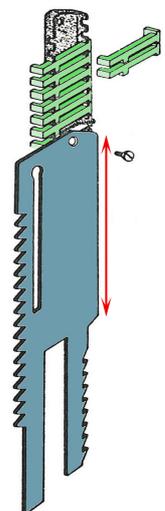


6.1 Tête d'impression

Une tête d'impression est une crémaillère sur laquelle est vissée une boîte contenant dix caractères mobiles ramenés chacun par un ressort. Une crémaillère sur 3 porte un bossage qui imprime un point à côté du caractère.

6.2 Non écriture des zéros à gauche

Les marteaux d'impression sont retenus par des crochets. Chaque crochet est levé par un chiffre non nul et lève le crochet à sa droite. Ainsi seuls les crochets des zéros à gauche demeurent abaissés, interdisant l'impression des zéros à gauche du premier chiffre significatif. Tous les crochets à droite de cette position sont levés. Il n'y a pas de crochet pour le chiffre le plus à droite, qui est toujours imprimé.



00000601789

7 Multiplication abrégée

La multiplication abrégée consiste à échanger une série d'additions contre une série plus courte d'additions ou de soustractions.

Prenons un exemple : pour multiplier par 1789, la Multisumma 4M fait 25 additions.

Cette Divisumma 14 fait 4 additions et 6 soustractions.

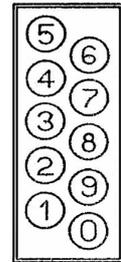
On peut obtenir ce résultat avec seulement 2 addition et 4 soustractions.

Soit x_i un chiffre du multiplieur X, on a toujours l'égalité :

$$x_i \times Y = (10 \times Y) - (10 - x_i) \times Y$$

Le tableau ci-dessous donne le nombre d'opérations (additions ou soustractions) en fonction de la valeur de x_i pour chacune des deux formules de calcul:

chiffre du multiplieur : x_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T = T + x_i \times Y$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T = T + (10 \times Y) - (10 - x_i) \times Y$	10	9	8	7	6	5	4	3	2



si $x_i \leq 5$ alors $T = T + x_i \times Y$ sinon $T = T + 10 \times Y - (10 - x_i) \times Y$

La Divisumma 14 fait 40% d'opérations de moins que la Multisumma 4M

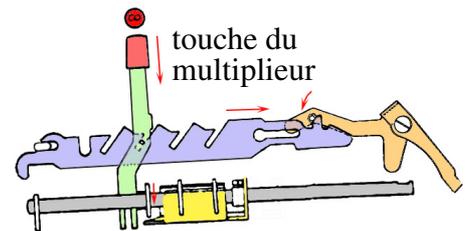
(si toutes les valeurs des chiffres sont équiprobables) tout en n'atteignant pas les performances d'une multiplication manuelle astucieuse (la limite théorique du gain moyen est 50%).

Les touches du clavier du multiplieur sont organisées pour la multiplication abrégée : la colonne de touches de gauche fait des additions, la colonne de droite des soustractions. La touche "0" ne fait pas d'opération. La position des touches donne le nombre d'opérations à effectuer.

7.1 Blocage des touches du multiplieur

L'enfoncement d'une touche du multiplieur provoque, par l'intermédiaire d'un tourillon rivé sur la queue de touche, un déplacement vers la droite d'une plaque creusée de fentes inclinées à 45°. Cette plaque joue 4 rôles :

- 1- elle empêche d'enfoncer d'autres touches quand une touche est déjà enfoncée
- 2- elle démarre le moteur qui exécute une addition ou soustraction à chaque cycle
- 3- elle fait passer le compteur ci-dessous (§ 7.2) de remise-à-0 à comptage
- 4- un verrou (orange) bloque le retour de cette plaque tant que le nombre d'opérations n'est pas atteint. Pendant ce temps la touche reste enfoncée.



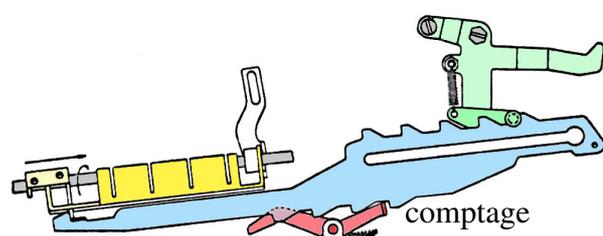
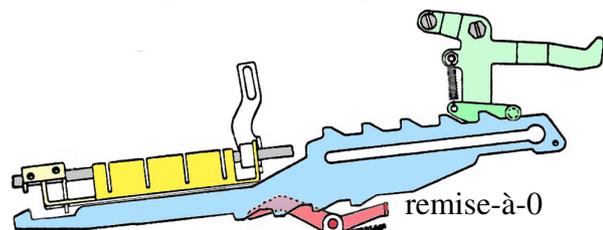
Il y a une plaque pour les touches 1,2,3,4,5 et une autre pour 9,8,7,6. Ces deux plaques sont solidaires. La touche enfoncée pousse une cheville mobile (voir § 7.2).

7.2 Décomptage des additions ou soustractions pour la multiplication

La valeur du compteur, de 0 à 5, est représentée par la position d'une plaque, en bleu ci-contre. Un long ressort de rappel, non dessiné ici, tire la plaque vers 0 (vers la gauche du dessin). Un cliquet anti-retour, en rouge, contrôle le compteur : remise-à-0 (figure du haut) ou comptage (figure du bas).

Un deuxième cliquet, en vert, solidaire du segment oscillant, incrémente le compteur de 1 à chaque cycle. En fin de course, ce cliquet est relevé, laissant libre la plaque.

Si le cliquet anti-retour n'est pas engagé, cette incrémentation est annulée et le



compteur demeure à 0.

On remarque que la crémaillère du cliquet anti-retour n'a que 4 dents. La valeur suivante de 5 étant toujours 0, la cinquième dent serait inutile.

La plaque du compteur est terminée à droite par un crochet. Quand ce crochet rencontre la cheville enfoncée, il entraîne un coulisseau, en jaune, qui libère le verrou du clavier du multiplieur. La touche enfoncée remonte, terminant l'opération.

La plaque bleue et son crochet sont un peu visibles sur la photo de la machine sans capot.

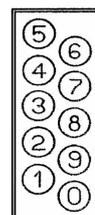
7.3 La touche 0 (zéro)

La touche 0 ne fait ni addition ni soustraction. Comme toutes les touches numériques, blanches ou rouges, elle déplace simplement le chariot d'une position à gauche. Cependant les touches blanches 0, 00 et 000 sont interdites si le chariot est vide (la pose d'un nombre commence par un chiffre non nul).

7.4 Impression des chiffres du multiplieur

La Divisumma 14 n'a pas de compteur de tour, à l'inverse de beaucoup de machines effectuant la multiplication.

Pour garder une trace du multiplieur, celui-ci est imprimé chiffre à chiffre sur la gauche du ruban de papier, au fur et à mesure de la pose du multiplieur. Sur la partie droite du papier on imprime le traîneau de pose qui porte le multiplicande décalé (c'est-à-dire multiplié par le poids du chiffre courant du multiplieur).



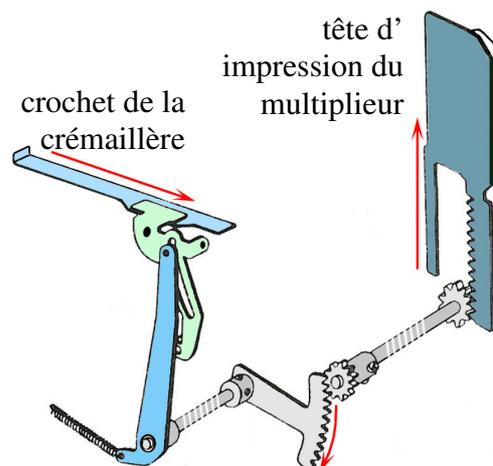
Pour examiner les chiffres du multiplieur, on recourt à la technique de la crémaillère arrêtée.

Deux difficultés surgissent :

- 1 – les chiffres du clavier sont dans l'ordre
0, 1, 9, 2, 8, 3, 7, 4, 6, 5.

Une tête d'impression étant dédiée au multiplieur, les chiffres sont rangés dans l'ordre correspondant, inclinés à -90° : 0 1 9 2 8 3 7 4 6 5.

- 2 – les touches du multiplieur sont à droite de la machine alors qu'on imprime leur valeur à gauche. Il faut leur faire traverser la machine. On va donc transformer le mouvement de translation de la crémaillère arrêtée en la rotation d'un arbre qui traverse la machine de droite à gauche puis de nouveau en un mouvement de translation vertical. Une partie de ce mécanisme est parfaitement visible sur la photo.



7.5 Fin de la multiplication

Soit à calculer $11\ 591 \times 1\ 187 = 13\ 758\ 517$

La Divisumma 14 exécute la multiplication « à la volée », c'est-à-dire au fur et à mesure que l'on pose les chiffres du multiplieur, qu'il convient d'ailleurs de poser à l'envers.

Dans l'exemple ci contre on a posé le multiplicande 11591 sur le clavier blanc puis ensuite les chiffres 7, 8, 1, 1 sur le clavier rouge. La publicité insérée au début de cet article se

7	1	1	5	9	1	
8	1	1	5	9	1	0
1	1	5	9	1	0	0
1	1	5	9	1	0	0
	1	3	7	5	8	5
						1
						7
						*

garde bien de mentionner cette restriction, 919, valeur choisie pour multiplier, est palindromique. Pour marquer que tous chiffres du multiplieur sont finalement posés, on imprime le produit, touche * (avec remise à 0) ou bien \diamond (sans remise à 0).

8 Division

Le principe de la division est de compter combien de fois le traîneau de pose peut être soustrait du totalisateur avant que ce dernier ne devienne négatif. La dernière valeur positive ou nulle du totalisateur est le reste de la division.

Comme cette suite de soustractions serait généralement trop longue, on soustrait des multiples du diviseur simple à obtenir : 10 000 fois, 1000 fois, 100 fois, 10 fois, une fois. La difficulté est de choisir le multiple du diviseur convenable pour commencer. Si on le choisissait trop grand ou trop petit on ferait des opérations inutiles, et avec la Divisumma 14 le quotient serait erroné.

8.1 Algorithme de division

La Divisumma 14 exécute un algorithme de division simple mais peu performant, il est exécuté tant que le curseur de division ÷ est poussé à droite.

Si totalisateur ≥ 0 **alors**

soustraire ; incrémenter compteur-de-cycles

Si totalisateur < 0 **alors**

additionner ; imprimer ; décaler traîneau ; compteur-de-cycles $\leftarrow -1$;

si chiffre unité du traîneau $\neq 0$ **alors** repousser le curseur de division à gauche.

La division est interrompue automatiquement quand on ne peut plus décaler le traîneau sans perdre de chiffre significatif ou bien à la volonté de l'utilisateur, soit parce qu'il a suffisamment de chiffres de quotient, soit parce qu'il a fait une fausse manœuvre et que la division ne se termine pas. La crémaillère la plus à droite est munie d'un pivot qui interrompt la division en repoussant le curseur ÷ à gauche lors de l'impression du diviseur.

8.2 Exemple de division

$$115910000 \div 1187 = 976495 \text{ reste } 435$$

Notez que le quotient, imprimé verticalement, se lit de haut en bas, contrairement au multiplieur §7.5 .

	1	1	5	9	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	8	7	0	0	0	0	0	0	0
9		1	1	8	7	0	0	0	0	0	0
7			1	1	8	7	0	0	0	0	0
6				1	1	8	7	0	0	0	0
4					1	1	8	7	0	0	0
9						1	1	8	7	0	0
5							1	1	8	7	0
									4	3	5 *

8.3 Division prolongée

En maintenant le curseur ÷ à droite on peut obtenir quelques chiffres du quotient de plus, le résultat n'est alors plus exact mais approché.

$$115910000 \div 1187 = 0976495,374 \text{ reste } 0$$

diviseur x quotient + reste \neq dividende

8.4 Compteur-de-cycles de la division

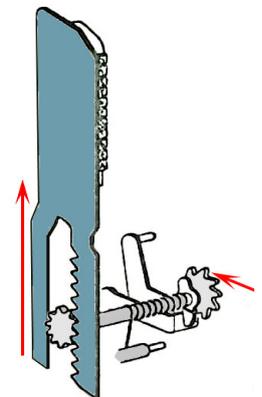
Le compteur-de-cycle calcule les chiffres du quotient, c'est-à-dire le nombre de soustractions effectuées.

Comme on fait une soustraction de trop, compensée par une addition de restauration, le compteur est simplement initialisé à -1 pour imprimer le nombre de soustractions moins une.

Une roue à rochet reçoit le poussoir, et tourne d'une dent à chaque opération. Ce faisant elle bande un ressort. Une soustraction libre un cliquet anti-retour et le ressort ramène le compteur-de-cycles à -1.

Ce compteur pourrait déborder si la division est mal initialisée. La roue à rochet est mutilée pour n'avoir que 11 dents. Le suivant de 10 reste 10. Le compteur sature.

Le chiffre 10 est imprimé comme « A », signalant que le quotient est erroné.



9 Documentation

INSTRUCTIONS POUR L'EMPLOI DE LA DIVISUMMA 14, 1955, 52 pages.

La présente étude n'est en aucun cas un manuel d'utilisation.

INSTRUCTIONS DE MONTAGE ET DE REGLAGE POUR MC14, 1955, 335 pages

PUBLICATION CONFIDENTIELLE À USAGE INTERNE.

Brevet suisse CH215175 du 01/09/1941 "DISPOSITIF MULTIPLICATEUR POUR MACHINE A ADDITIONNER" par Natale Capellaro

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

Brevet anglais GB672771 du 30/12/1947 "AN IMPROVED MULTIPLYING MECHANISM FOR CALCULATION MACHINE" par Natale Capellaro

Brevet anglais GB652285 du 10/02/1948 "IMPROVEMENT RELATING TO CALCULATING MACHINE" par Natale Capellaro

Brevet suisse CH250105 du 18/05/1948 "MACHINE A ADDITIONNER A CREMAILLERES A DEPLACEMENT RECTILIGNE, MUNIE D'UN DISPOSITIF POUR EFFECTUER, DANS UN TEMPS REDUIT, DES MULTIPLICATIONS" par Natale Capellaro (semblable à GB672771)

Brevet américain US2603414 du 15/07/1952 "MULTIPLIER PRINTING MECHANISM" par Natale Capellaro (semblable à GB652285)

Brevet allemand DE915510 du 22/07/1954 "DIVISIONSANTRIEB VON RECHENMASCHINEN MIT DRUCKVORRICHTUNG" par Natale Capellaro

10 Table des Matières

1	Généralités.....	2
1.1	Engrenage et crémaillère.....	2
1.2	Engrènement.....	2
1.3	Remise à zéro.....	2
1.4	Clavier.....	2
2	Introduction.....	2
2.1	La Divisumma versus la calculatrice contemporaine.....	3
2.2	Trente ans d'améliorations.....	3
2.3	Principe des actionneurs oscillants.....	5
2.4	Principe de la crémaillère arrêtée.....	5
2.5	Déplacement de n+1 dents.....	5
2.6	Clavier de la Divisumma 14.....	6
2.7	Mémorisations et transferts de la Divisumma 14.....	6
2.8	Queues des touches du pavé numérique.....	6
2.9	Traîneau de pose.....	6
2.10	Mouvements du traîneau de pose.....	7
3	Totalisateur.....	7
3.1	Mouvements du totalisateur.....	7
3.2	Crémaillères de distribution.....	8
4	Addition.....	8
4.1	Propagation des retenues.....	9
5	Soustraction.....	9
5.1	Rebouclage de la retenue sortante.....	10
5.2	Bascule de mémorisation du signe du totalisateur.....	10
6	Impression des résultats.....	10
6.1	Tête d'impression.....	10
6.2	Effacement des zéros à gauche.....	10
7	Multiplication abrégée.....	11
7.1	Blocage des touches du multiplieur.....	11
7.2	Décomptage des additions ou soustractions pour la multiplication.....	11
7.3	La touche 0 (zéro).....	12
7.4	Impression des chiffres du multiplieur.....	12
7.5	Fin de la multiplication.....	12
8	Division.....	13
8.1	Algorithme de division.....	13
8.2	Exemple de division.....	13
8.3	Division prolongée.....	13
8.4	Compteur-de-cycles de la division.....	13
9	Documentation.....	14