

L'exposé pas à pas

Les précurseurs (convenus) des ordinateurs
Ont-ils tout inventé ?

Addition mécanique

Addition de chiffres ou de nombres

Représentation des chiffres décimaux

Addition des nombres

Comptometer

Hélice de retenues

Soustraction

Exemples (addition/soustraction)

Thales Klein Addier

Olivetti Summa Quanta

Tchebychev et Marchant

Multiplication mécanique

Multiplication semi-automatique

Multiplication automatique

Multiplication directe

Actionneur

Division mécanique

Racine carrée mécanique

Rappel sur la multiplication

Soit à effectuer 375201×4251
multiplicande *multiplieur*

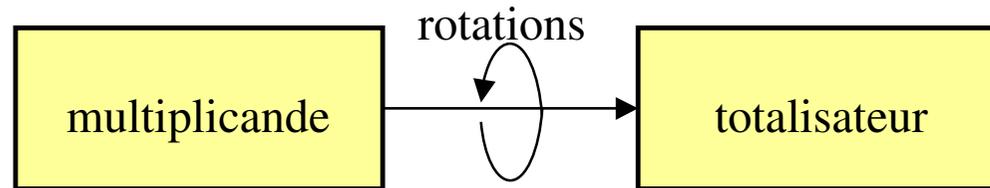
1 fois	→	375201		0
5 fois	{	375201	←	375201
		375201		4127211
		375201		7879221
		375201		11631231
		375201		15383241
2 fois	{	375201	←	19135251
		375201		56655351
4 fois	{	375201	←	94175451
		375201		469376451
		375201		844577451
		375201		1219778451
				1594979451

en décalant le *multiplicande*

4 fois	{	375201		0
375201			375201	
375201			750402	
375201			1125603	
2 fois	{	375201		1500804
		375201		15383241 ←
5 fois	{	375201		15758442
		375201		157959621 ←
		375201		158334822
		375201		158710023
		375201		159085224
1 fois		375201		159460425 ←
				1594979451

en décalant le *produit partiel*

Multiplication



lire le multiplicande → additionner
décaler le multiplicande

autant de décalages que de chiffres du multiplieur
pour chaque chiffre du multiplieur, autant d'additions que la valeur de ce chiffre (0 à 9)

- lire un nombre = lire tous ses chiffres (simultanément)
- lire un chiffre = transformer la valeur du chiffre en autant de fractions de tour (dixièmes de tour)

L'exposé pas à pas

Les précurseurs (convenus) des ordinateurs
Ont-ils tout inventé ?

Addition mécanique

Addition de chiffres ou de nombres

Représentation des chiffres décimaux

Addition des nombres

Comptometer

Hélice de retenues

Soustraction

Exemples (addition/soustraction)

Thales Klein Addier

Olivetti Summa Quanta

Tchebychev et Marchant

Multiplication mécanique

Multiplication semi-automatique

Multiplication automatique

Multiplication directe

Actionneur

Division mécanique

Racine carrée mécanique

Multiplication semi-automatique



Olivetti Multisumma 1941

La multiplication étant séquentielle, fournir un clavier réduit pour poser le multiplieur séquentiellement (en commençant par les poids faibles ou forts). L'autre clavier pose le multiplicande (préalablement)



Marchant 1930



Friden 1949



Lagomarsino 1950

Multiplication semi-automatique en Allemagne

Machine à clavier séparé pour le multiplieur



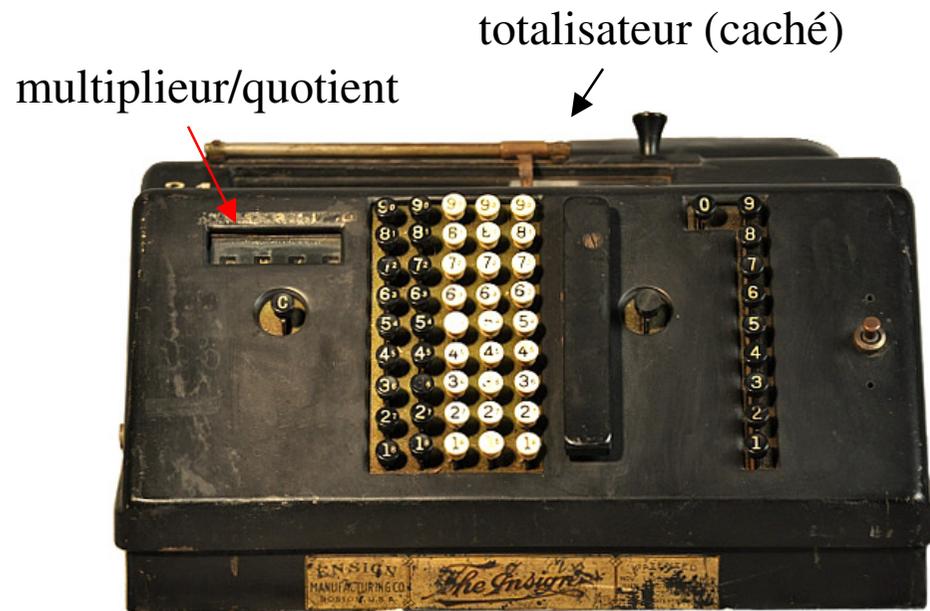
Rheinmetall SAR IIc (1951)



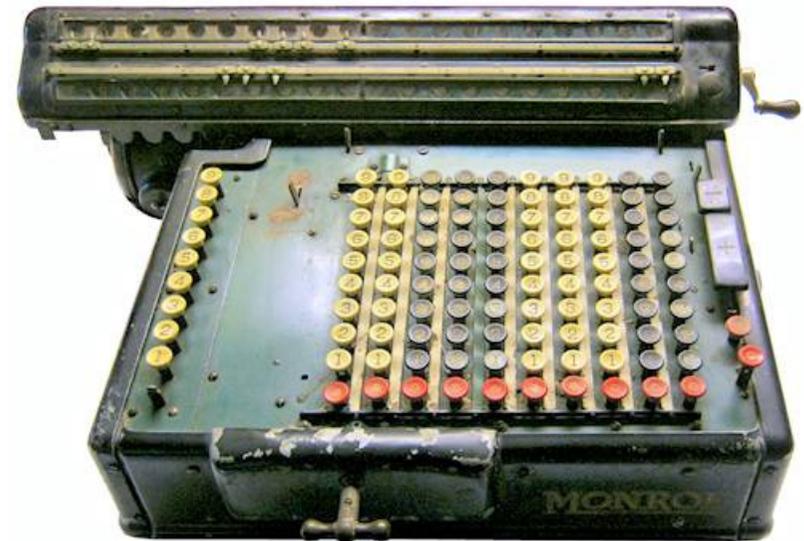
Diehl DR 18 (1958)

Remarque : le clavier séparé est commode quand on a n items semblables sur une facture

Les précurseurs



The Ensign (1905)
(brevet 1904 - 1908)



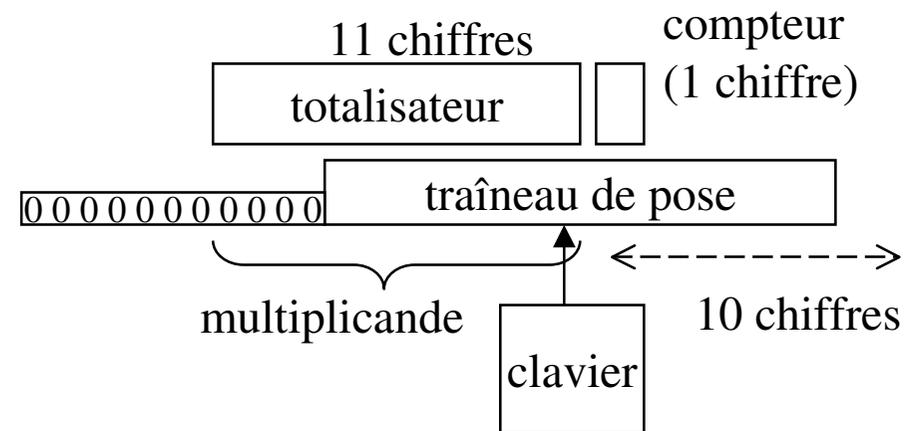
Monroe KAA (1920)

L'imposteur



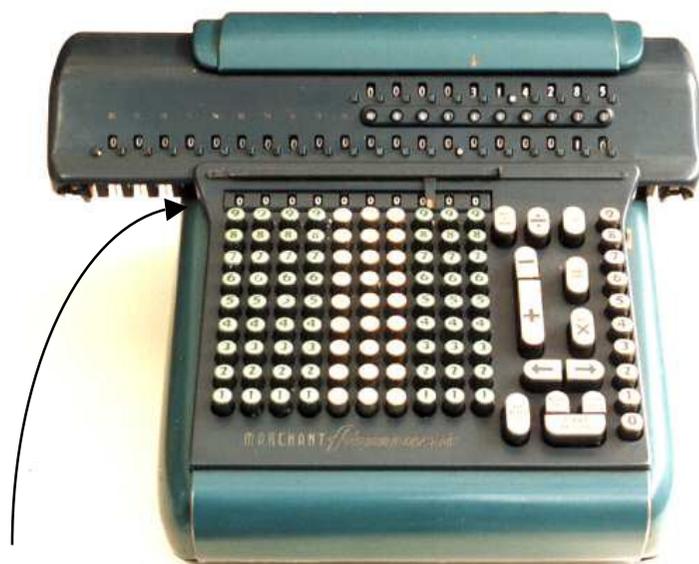
L'Olivetti MULTISUMMA 22 (1958)
n'a qu'un seul clavier.

Ce clavier sert à poser le multiplicande
(en commençant par les poids-forts) puis
le multiplieur (en commençant par les
poids-faibles).



$$\#chiffres_produit = \#chiffres_multiplicande + \#chiffres_multiplieur$$

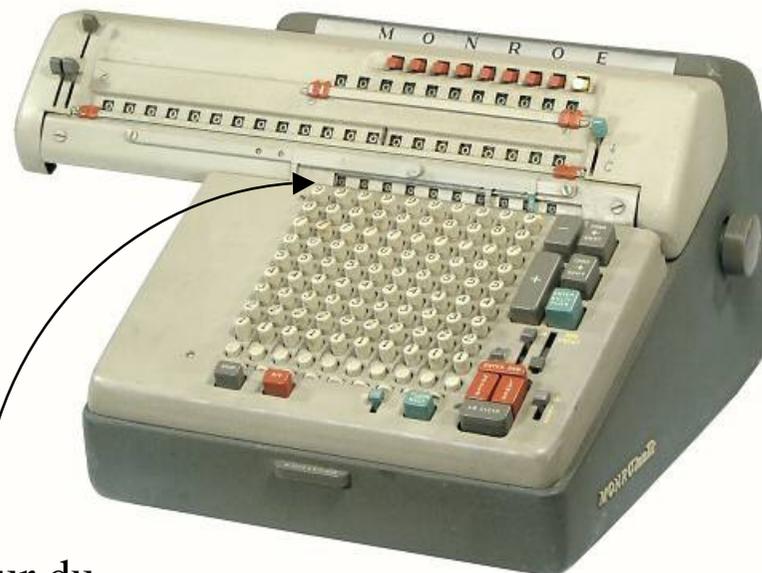
Multiplication automatique



viseur de pose

Marchant Figurematic Model 10
(IMAG) ACONIT 12375

Pas de registre pour le multiplieur
Multiplication semi-automatique



viseur du
multiplieur

MonroMatic CAA 10 (1950)
(IMAG) ACONIT 12361

Un petit registre pour le multiplieur
a été installé juste dessous le totalisateur

L'exposé pas à pas

Les précurseurs (convenus) des ordinateurs
Ont-ils tout inventé ?

Addition mécanique

Addition de chiffres ou de nombres

Représentation des chiffres décimaux

Addition des nombres

Comptometer

Hélice de retenues

Soustraction

Exemples (addition/soustraction)

Thales Klein Addier

Olivetti Summa Quanta

Tchebychev et Marchant

Multiplication mécanique

Multiplication semi-automatique

Multiplication automatique

Actionneur

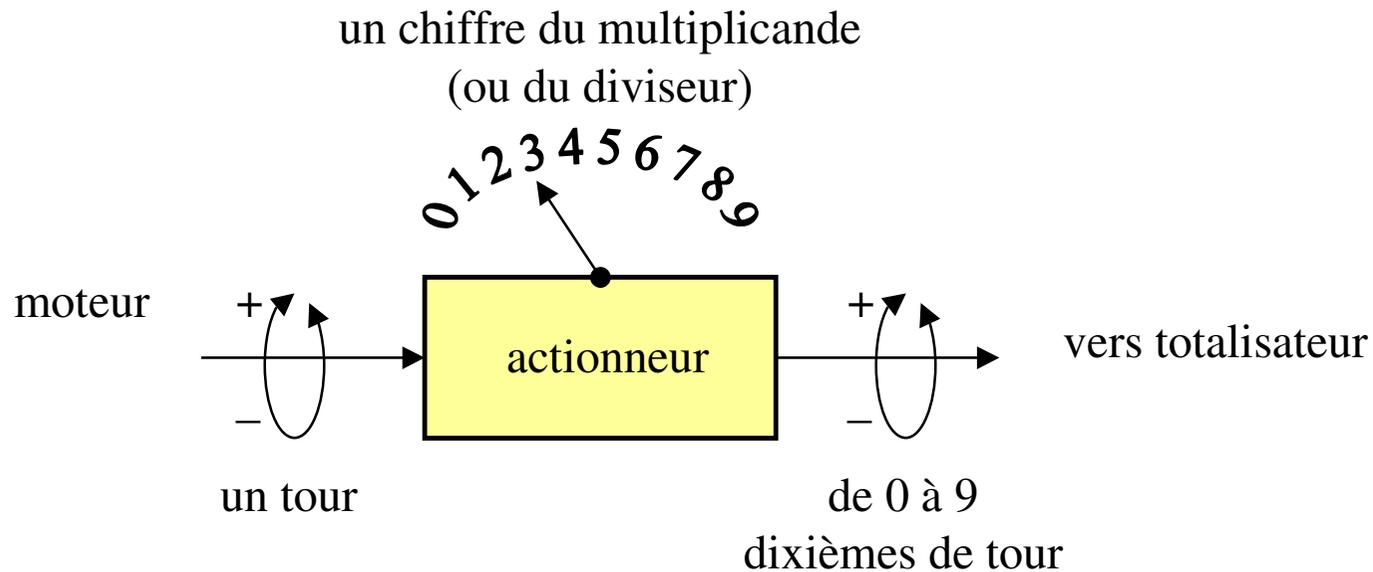
Multiplication directe

Division mécanique

Racine carrée mécanique

Actionneur

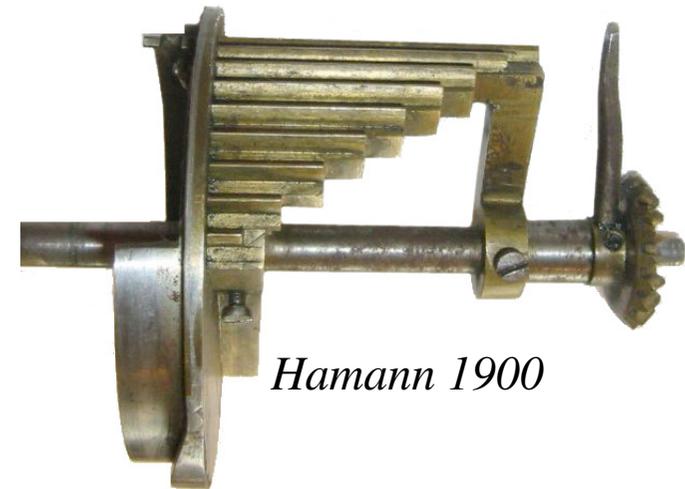
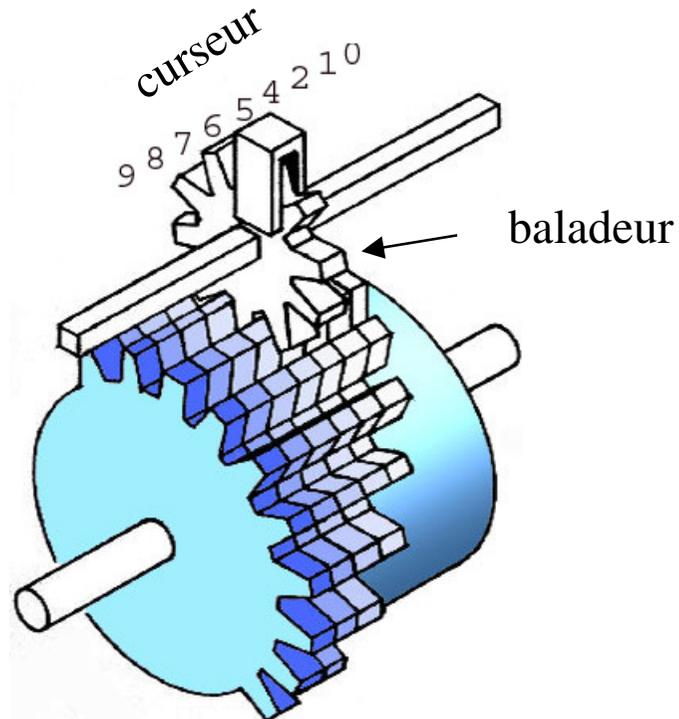
Définition : dispositif par où agit le moteur (manivelle, ...)



L'entrée et la sortie tournent dans le même sens, pour addition/soustraction
Une fois affiché, le multiplicande ne change plus. Il est "mémorisé"

Cylindre de Leibniz

Transformer le chiffre affiché en autant de fractions de tour (dixième de tour)

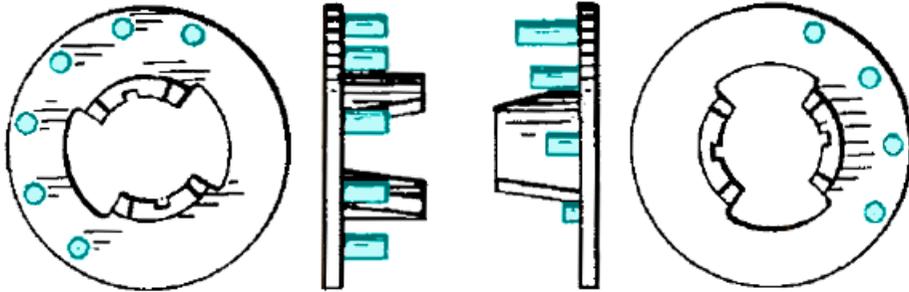


Un "cylindre de Leibniz" (1673) est formé par l'empilement d'engrenages à 9 dents, 8 dents, 7 dents jusqu'à 0 dent.

Les dents des engrenages sont alignées.

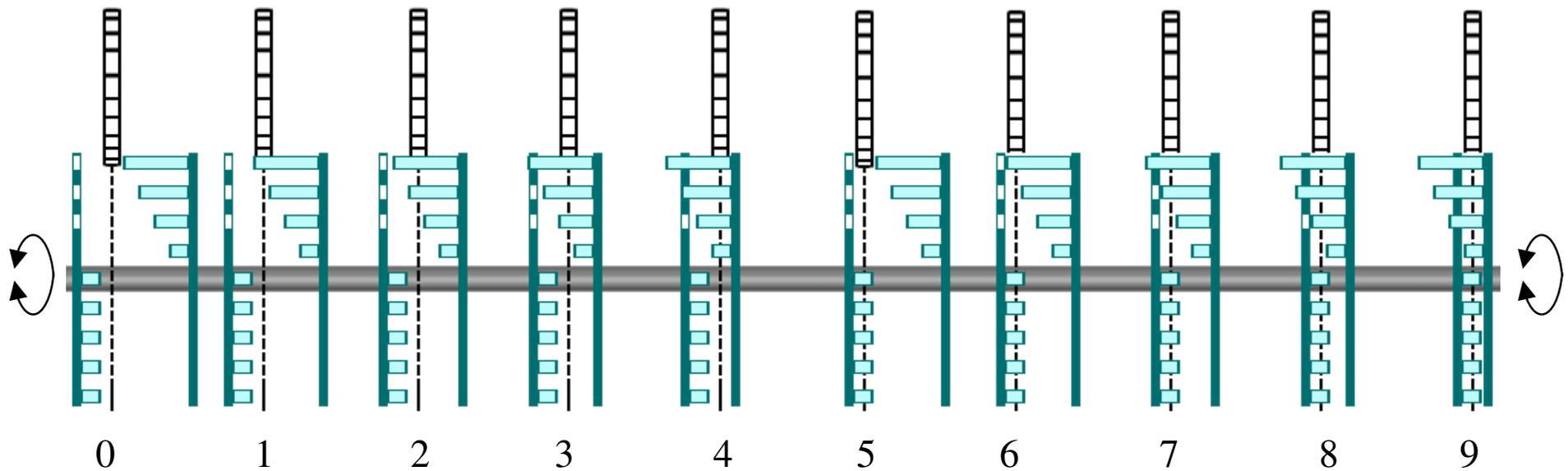
Quand le cylindre fait un tour, le baladeur tournera d'autant de dixième de tour que le chiffre affiché.

Roues de Monroe



Idée : couper le cylindre de Leibniz en 2 parties qui s'emboîtent pour diviser la longueur par 2.
Les roues sont enfilées sur le même axe

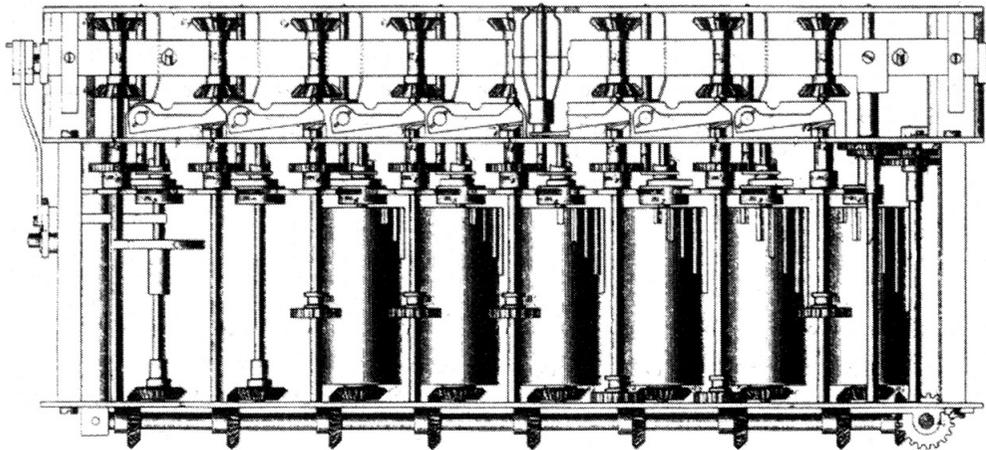
Brevet Frank S. Baldwin 2 décembre 1913



Roues de Monroe (cont.)

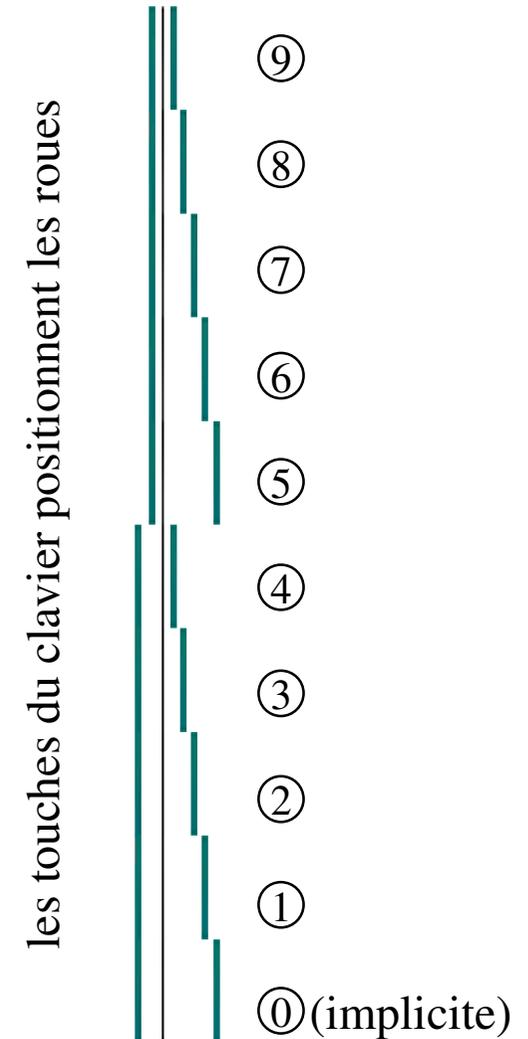
Les roues de Baldwin/Monroe, Baldwin/Odhner ou Grant/Hamann sont plus courtes que les roues de Leibniz et peuvent être enfilées sur le même axe.

(pas de Monroe $\approx 9,5$ mm)

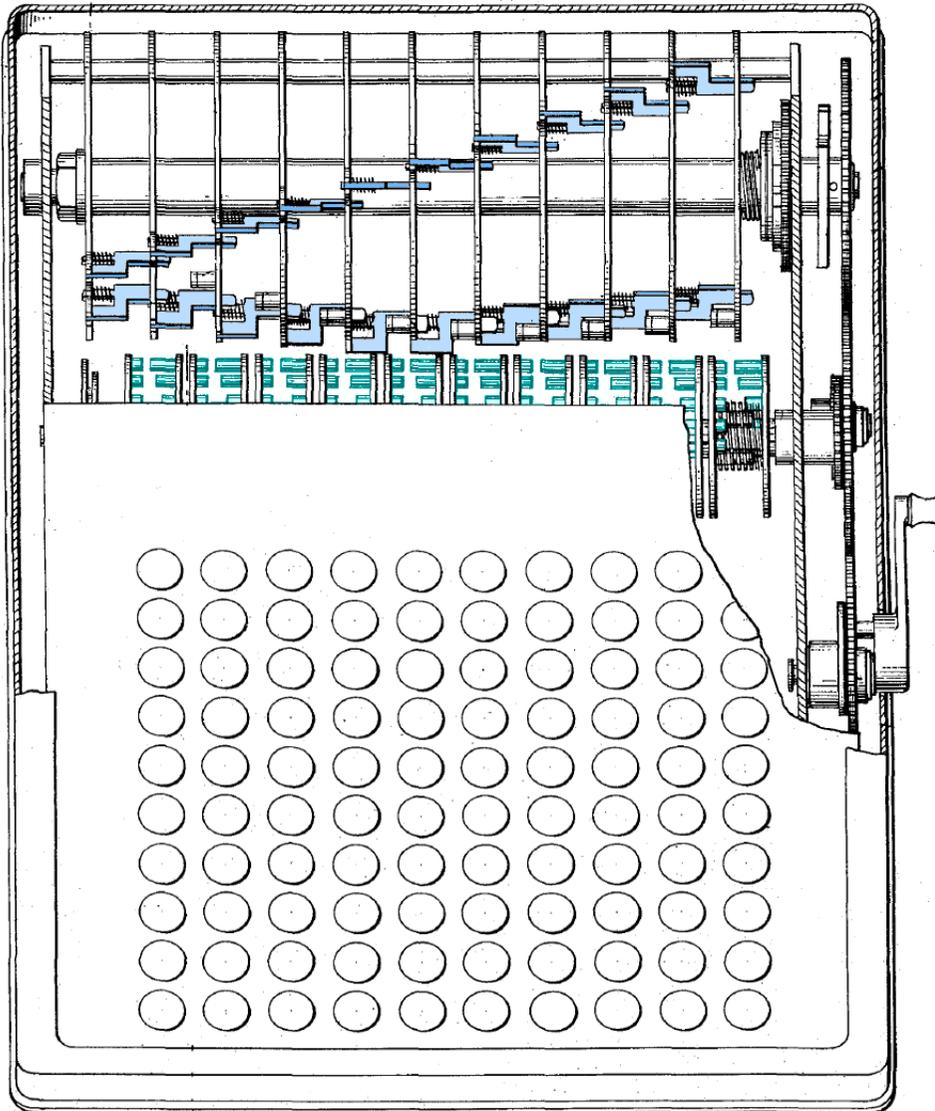


Arithmomètre de Thomas de Colmar (1870)

© Alain Guyot 2013



Roues de Monroe (cont.)



Machine dont le chariot a été ôté

les petits cylindres attachés à l'hélice de retenues sont pour l'équilibrage.

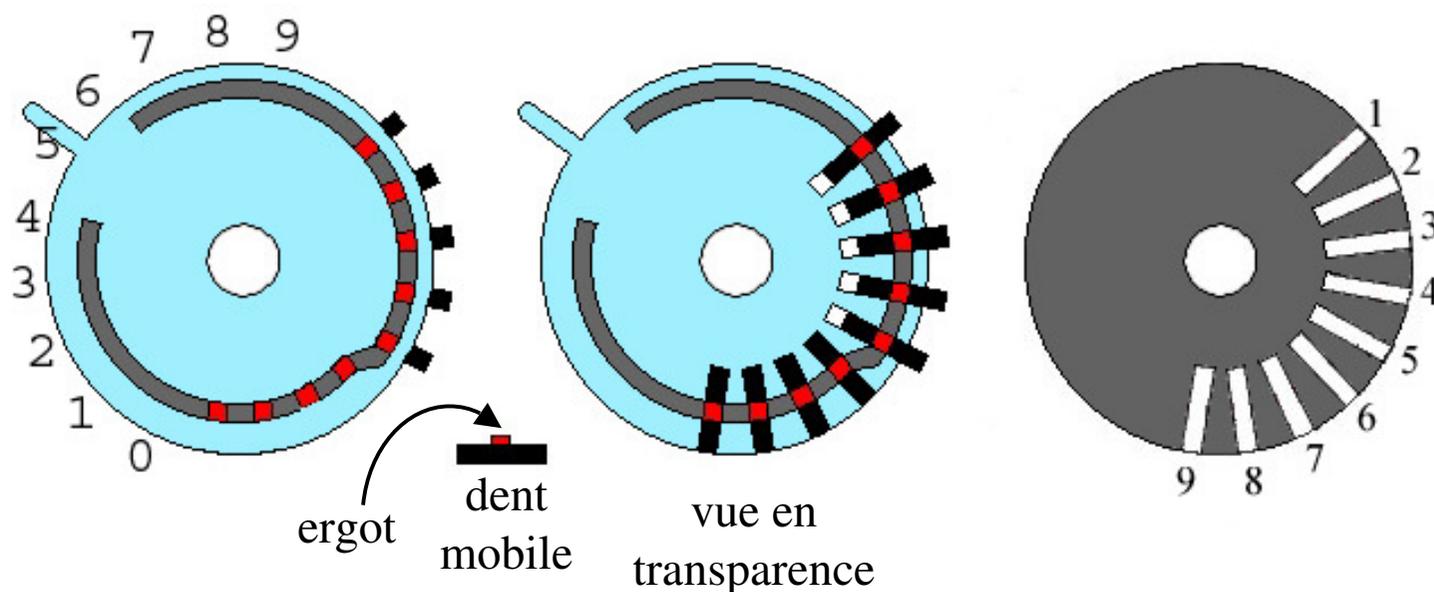
chaque tour de manivelle fait un tour des roues de Monroe et de la double hélice de retenues.

Brevet Monroe 1923

Les "roues de Monroe" sont dans les Brunsviga 10

Roue de Odhner

Transformer le chiffre affiché en autant de fractions de tour (dixième de tour)



Une "Roue de Odhner" est formé de deux disques qui peuvent tourner l'un par rapport à l'autre pour faire saillir un nombre de dents variable suivant les positions relatives des deux disques.

Brevet de Frank S. Baldwin en 1875 (USA) et de Wilgodt T. Odhner en 1877 (Russie)

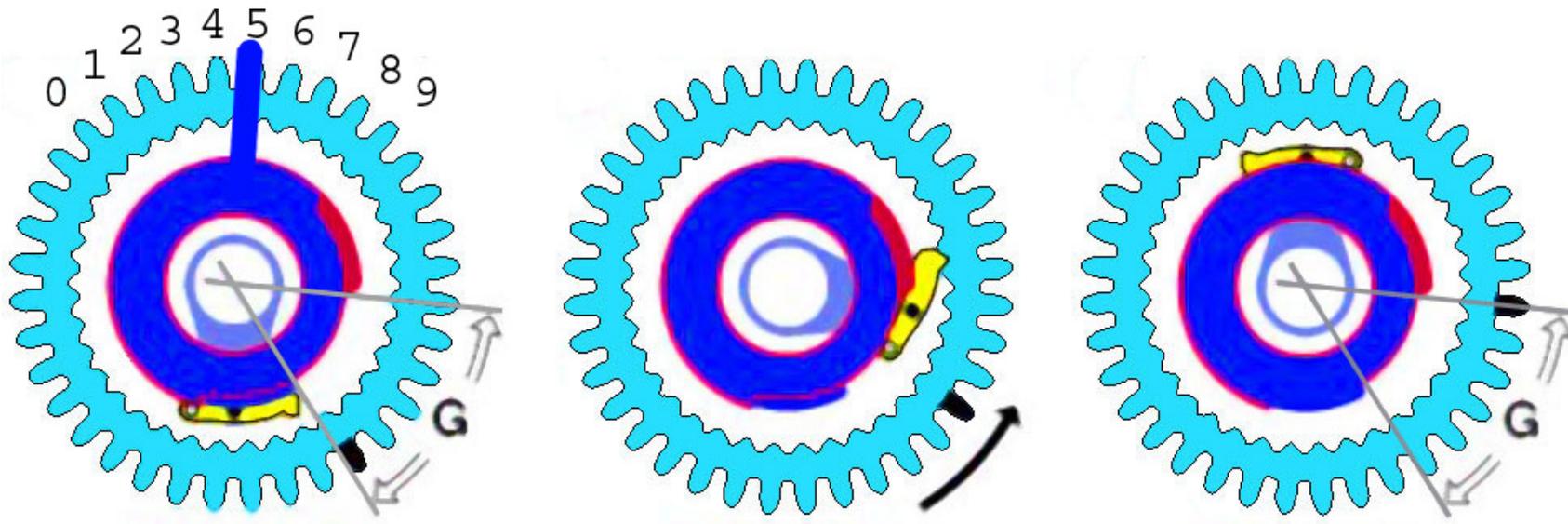
Odhner et Baldwin

Frank Stephen Baldwin en 1870 âgé de 32 ans



Wilgodt Theophil Odhner en 1878 âgé de 33 ans
© Tekniska Museet, Stockholm

Roue de Hamann (contact intermittent)



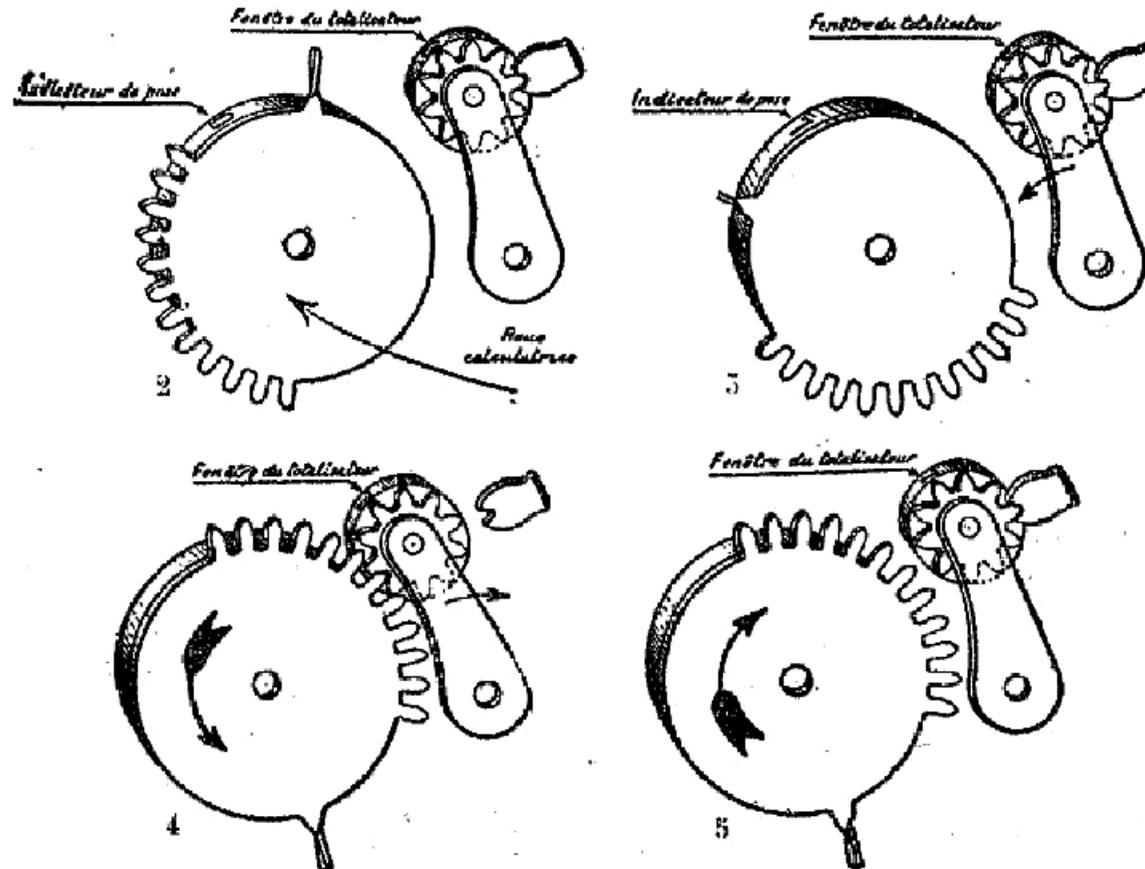
Un linguet (jaune) fait un tour complet.

Deux disques échancrés (bleu et rouge) déterminent l'angle G dedans lequel le linguet entraîne la sortie. Le disque rouge est fixe. Le bleu relié au curseur de pose.

Avantage sur la roue de Baldwin/Odhner : le curseur de pose ne se déplace pas (tout seul)

Brevet de George B. Grant (1872) et Christel Hamann (1911)

Actionneur de la Demos

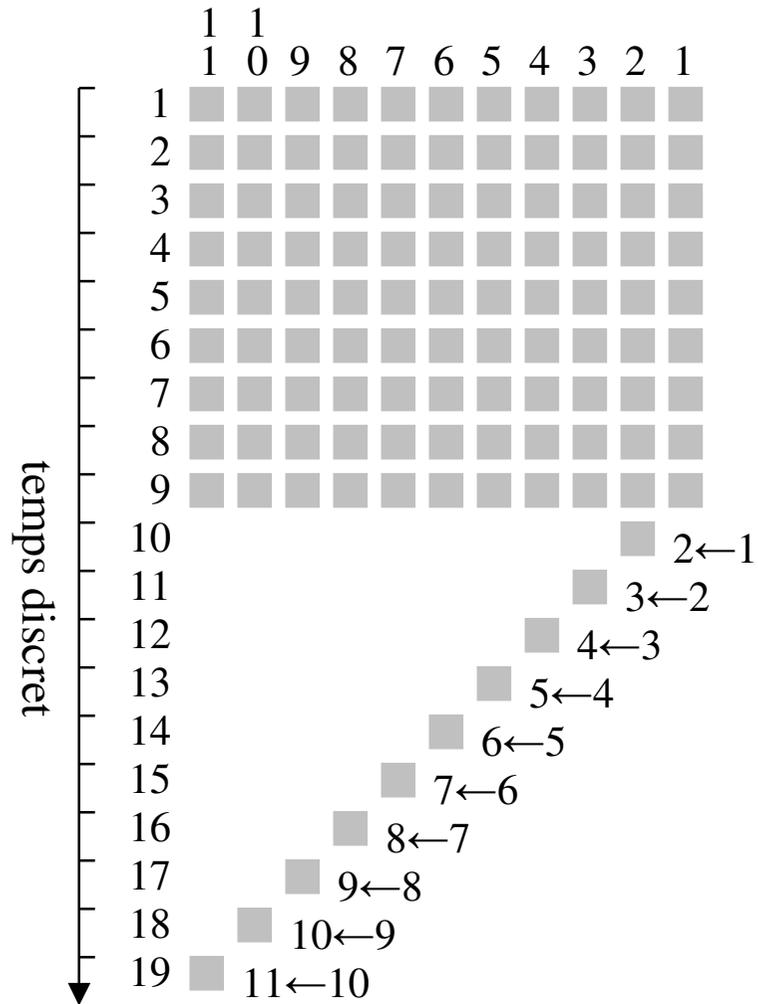


Machine suisse, 1923, 5kg
Theo Muggli, Zurich

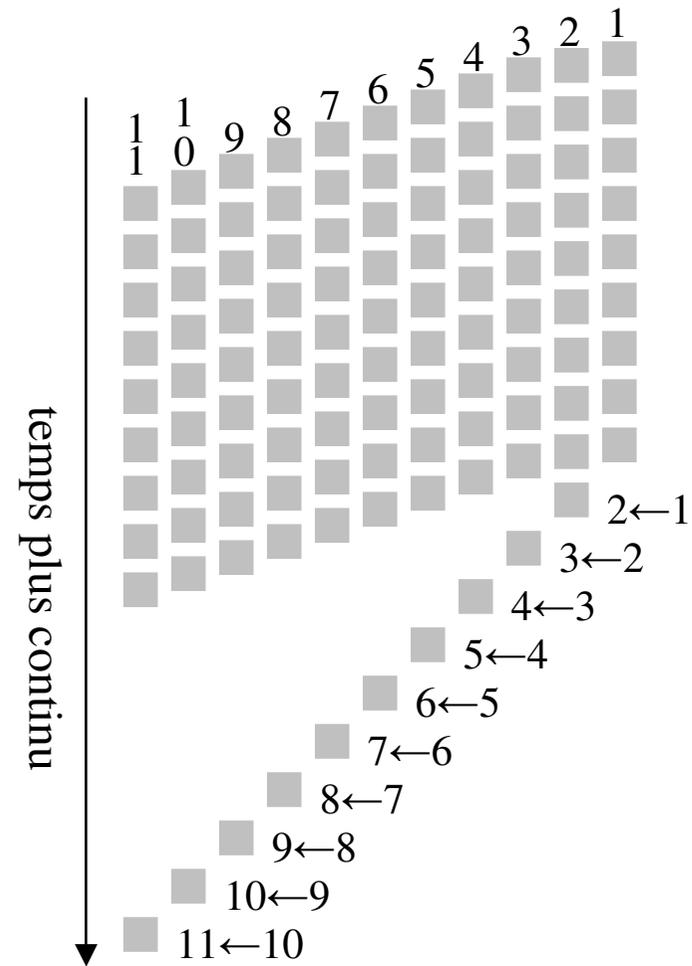
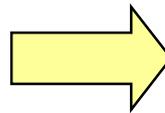


DR-Patent-Nr. 405510

Décalage des attaques



Les attaques sont simultanées : à-coup



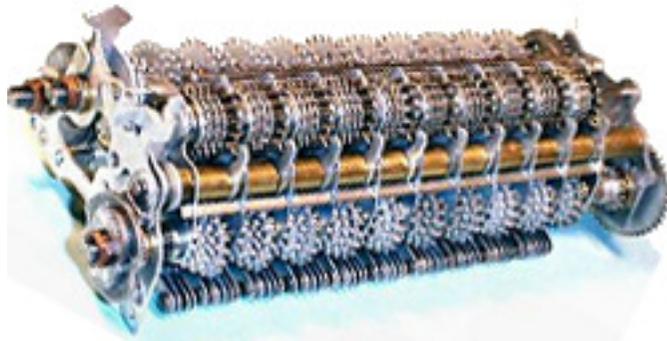
Les attaques sont décalés dans le cycle : rotation plus douce

Vitesse variable de Avery (boîte de vitesses)

La "Marchant Figurematic" ne contient pas moins de 10 boîtes de vitesses à dix rapports.

Chaque boîtes contient 5 baladeurs pouvant engrener à gauche ou à droite.

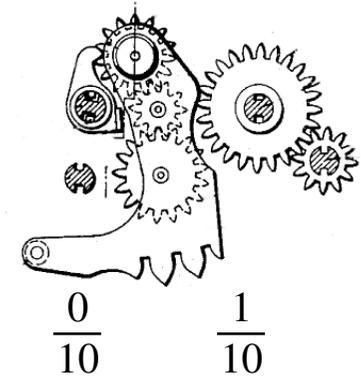
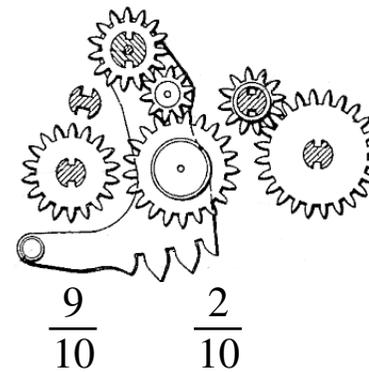
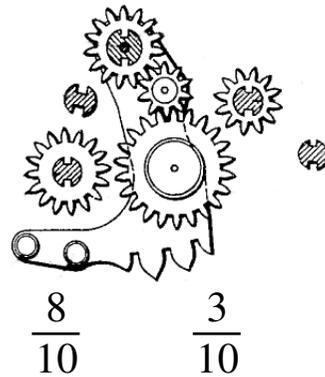
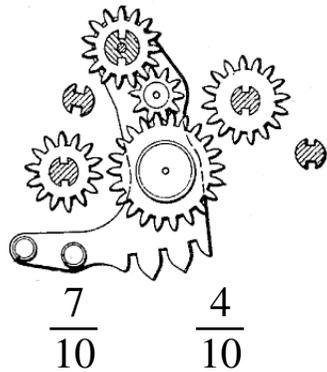
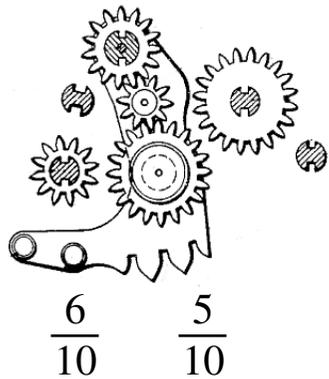
Les arbres de gauche et droite tournent de 8/10 et 4/10 de tour par opération.



$\frac{8}{10} \times \frac{12}{16} = \frac{6}{10}$	↔	$\frac{4}{10} \times \frac{20}{16} = \frac{5}{10}$
$\frac{8}{10} \times \frac{14}{16} = \frac{7}{10}$	↔	$\frac{4}{10} \times \frac{16}{16} = \frac{4}{10}$
$\frac{8}{10} \times \frac{16}{16} = \frac{8}{10}$	↔	$\frac{4}{10} \times \frac{12}{16} = \frac{3}{10}$
$\frac{8}{10} \times \frac{18}{16} = \frac{9}{10}$	↔	$\frac{4}{10} \times \frac{8}{16} = \frac{2}{10}$
blocage	↔	$\frac{4}{10} \times \frac{1}{2} \times \frac{8}{16} = \frac{1}{10}$

Brevet de Harold T. Avery (1936)

Les cinq baladeurs de la Marchant



Les actionneurs à engrenages à denture discontinue ou à contact intermittent provoquent des accélérations et décélérations brusque. Cela fait du bruit et du risque de bris quand la vitesse est élevée.

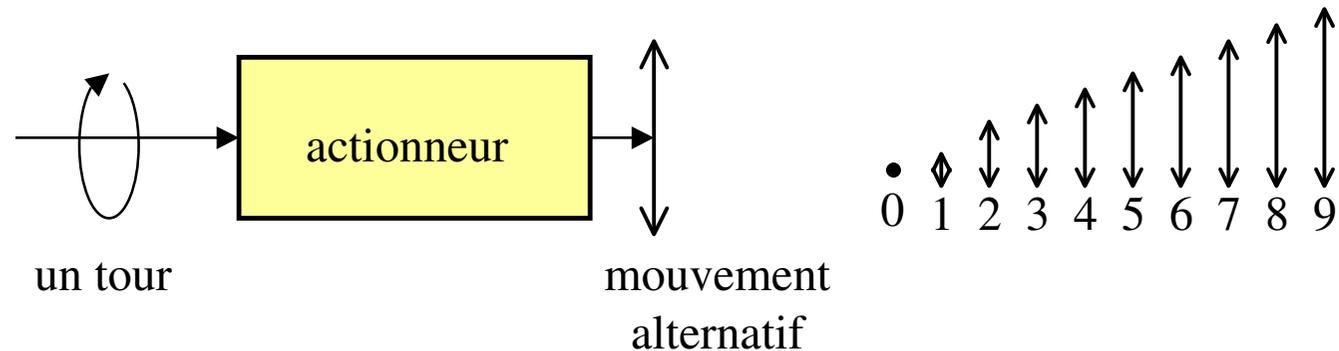
Au contraire le système de rotation continu de la Marchant permet de tourner très vite dans un silence relatif.

Inconvénient : on ne peut plus compter les tours à l'oreille.



Harold T. Avery

Actionneurs alternatif



montée (Φ_1) : des ressorts remontent les actionneurs jusqu'au blocage

descente (Φ_2) : le moteur force les actionneurs à redescendre (tend les ressorts)

montée (Φ_1) : lecture du clavier

lecture destructive du totalisateur (et des mémoires)

impression (fin de Φ_1)

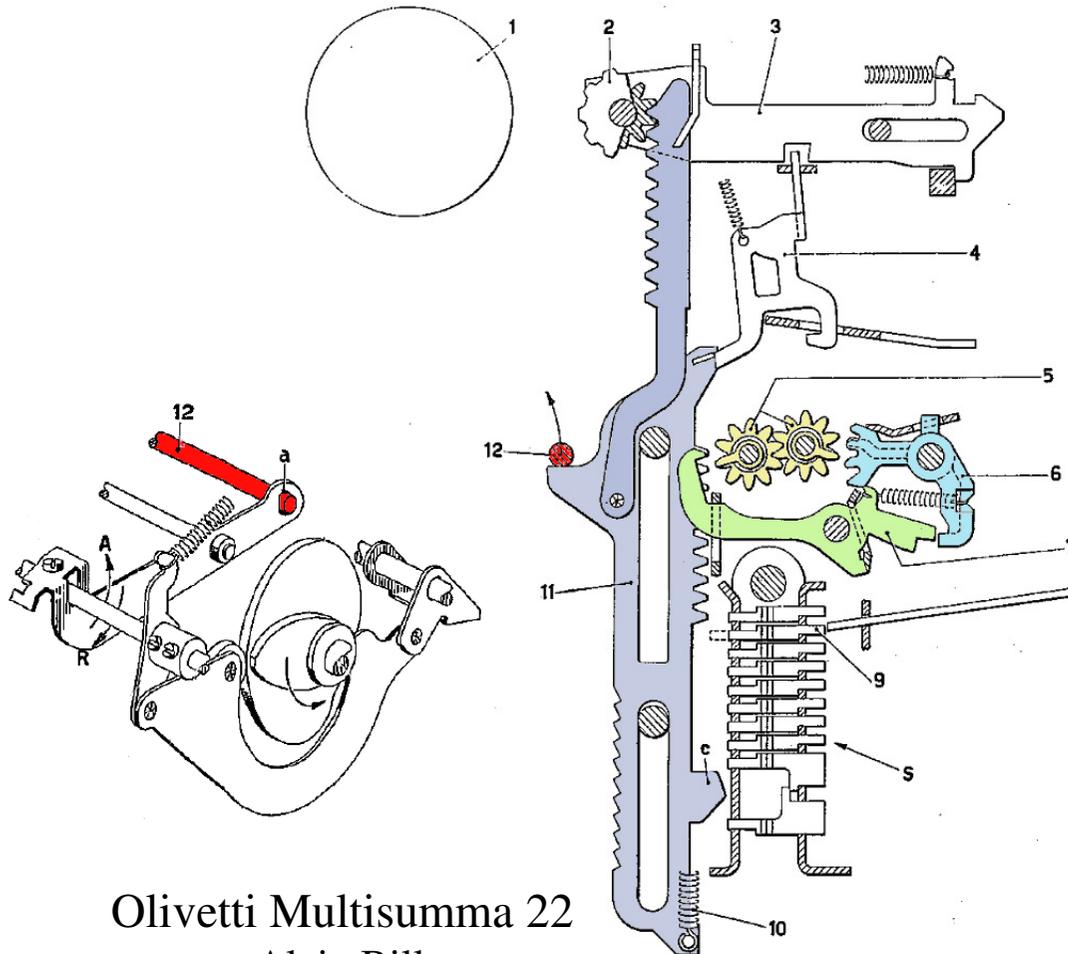
descente (Φ_2) : addition/soustraction, (restauration du totalisateur)

écriture des mémoires

Actionneurs alternatif Olivetti

En enfonçant une touche 8 on pousse vers la gauche un arrêt 9 du traîneau de pose S. Quand la barre 12 libère la crémaillère 11, cette dernière est tirée par le ressort 10 vers le haut jusqu'à ce qu'elle bute avec l'ergot c contre l'arrêt 9. La crémaillère fait un nombre de pas égal à la valeur du chiffre posé.

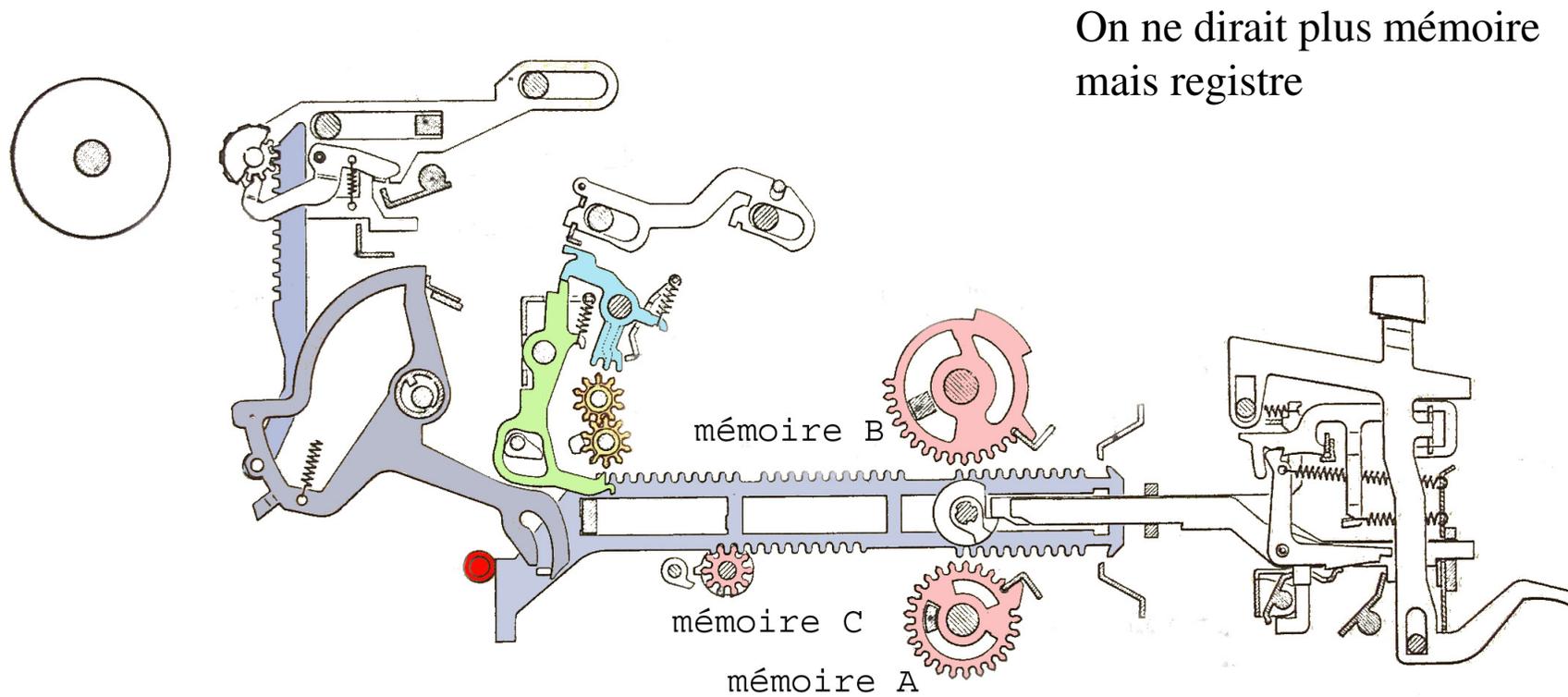
En engrenant ensuite le totalisateur 5 avec la crémaillère 11 et en ramenant celle-ci en position de repos, les roulettes du totalisateur tournent d'un nombre de dixième de tour égale à la valeur du chiffre posé.



Olivetti Multisumma 22

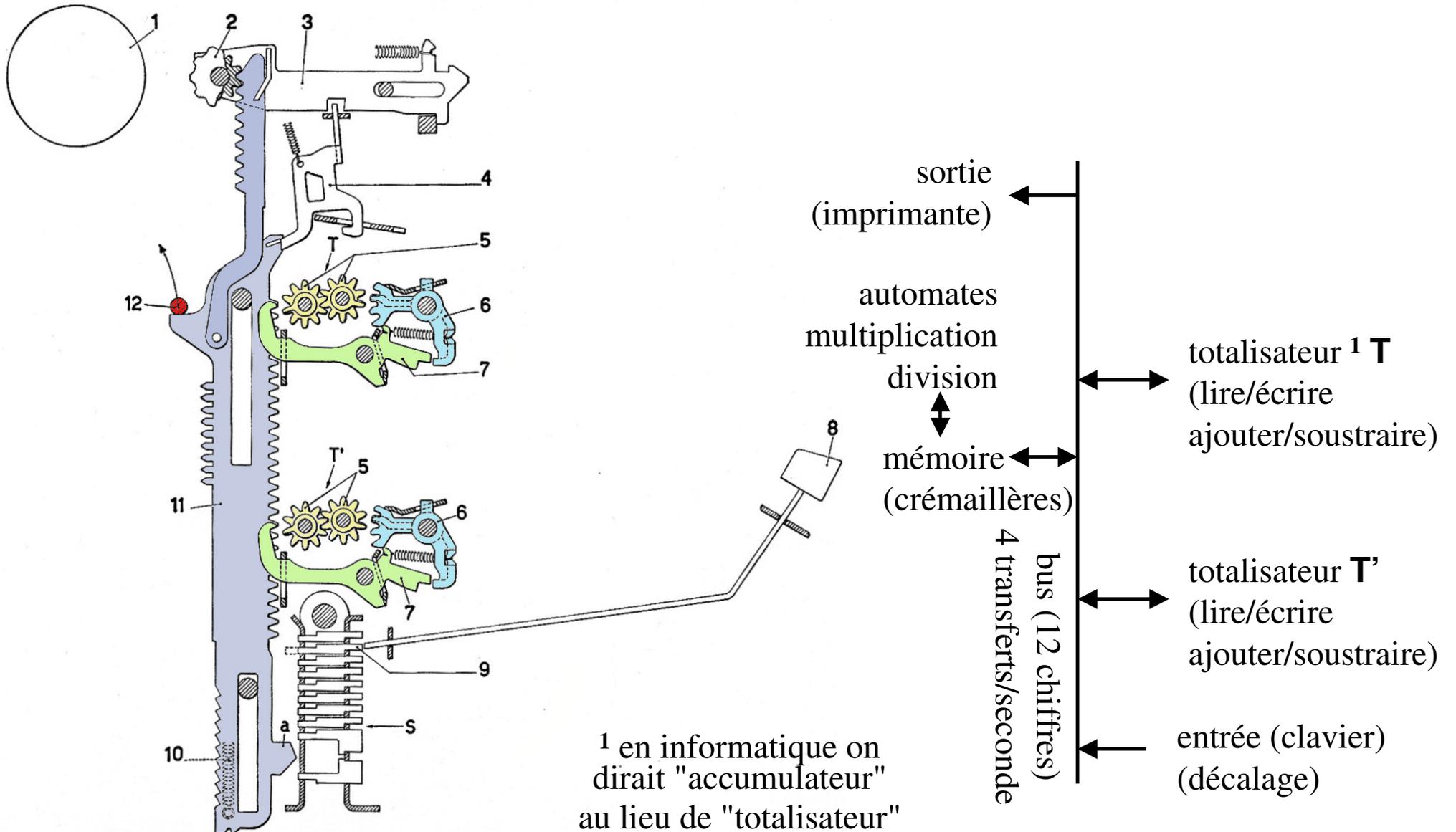
source : Alain Billerey

Mémoires et actionneur alternatif



Olivetti Logos 27 (10 additions/seconde) source Alain Billerey

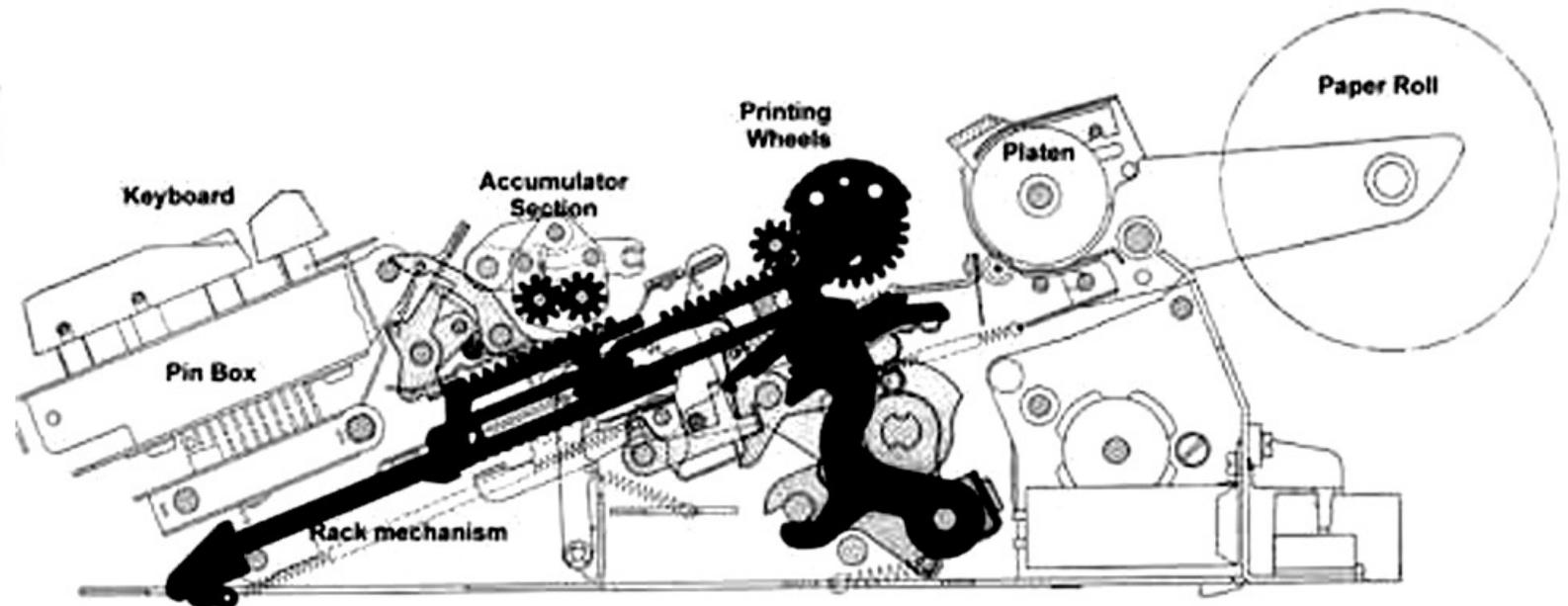
Olivetti Tetractys (1960)



Actionneur alternatif Walther



Walther Comptograph



Comparaison des actionneurs

Calculatrices électromécaniques des années '60

Actionneurs rotatifs

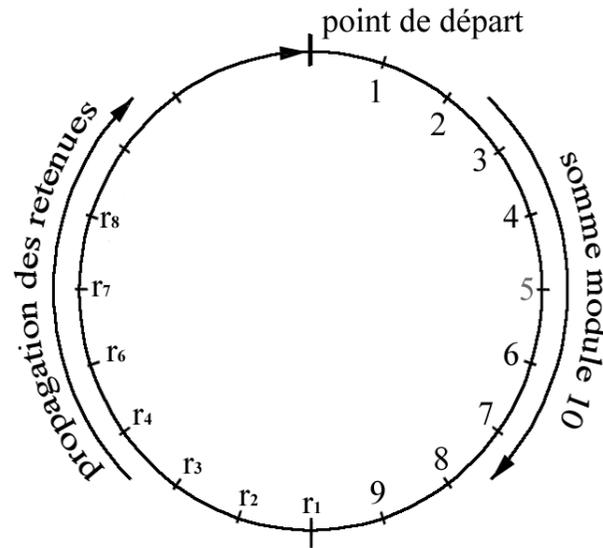
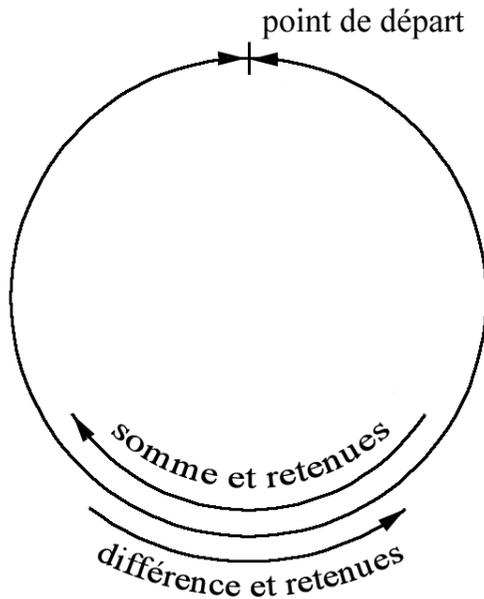
- pas important (≈ 10 mm)
- machine large
- clavier complet
- chariot apparent
- viseur
- grande précision (20 chiffres)
- pas d'arrondi
- écoles américaine et allemande
- soustraction par inversion de rotation
- grande vitesse de rotation (rotatif)
- multiplication par additions/décalages
- 4 opérations (plus racine carrée)
- compteur de tours explicite

Actionneurs alternatifs

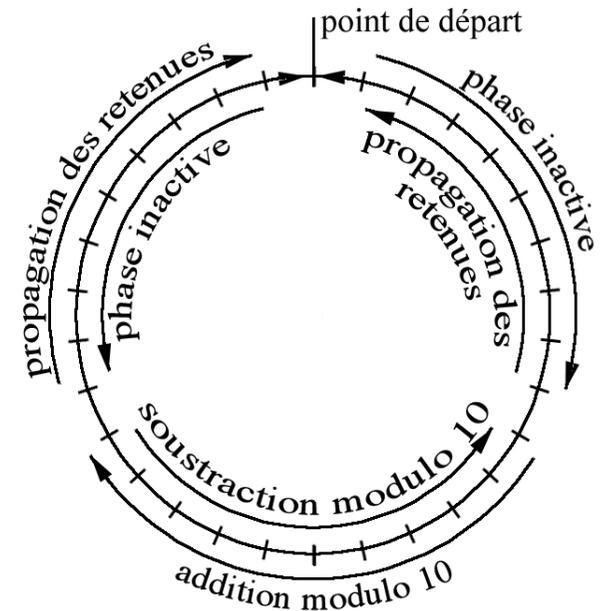
- pas resserré ($\approx 3,5$ mm)
- machine longue (sauf Logos)
- clavier réduit
- chariot interne
- imprimante
- bonne précision (12 chiffres)
- arrondi automatique (rare)
- école italo-helvétique
- soustraction par complément à 9
- vitesse plus faible (rattrapée fin '60)
- multiplication réduite (commune)
- 4 opérations
- compteur caché (mémoire dédiée)

Classification de George C. Chase (1925)

Classification des cycles des additionneurs de nombres



Addition seulement
propagation de la retenue
par une hélice de retenues



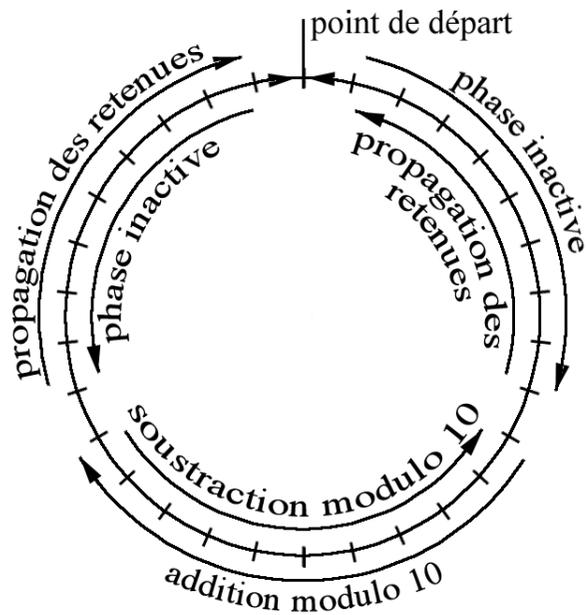
Addition/soustraction
propagation de la retenue par
une double hélice de retenues

Exemple : Marchant
© Alain Guyot 2013

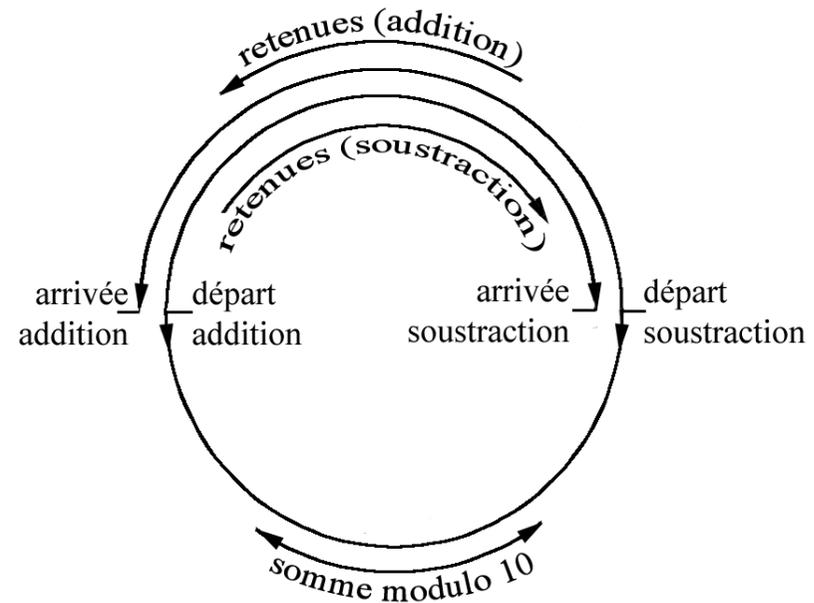
Exemple : Friden

Exemple : Monroe
Arithmétique mécanique 133/170

Amélioration de la double hélice



Problème de la double hélice :
les retenues se propagent après
l'addition et la soustraction.
Il y a des phases inactives



Amélioration de la Monroe
Quand on bascule le levier
addition "+" / soustraction "-"
le cylindre pivote de 180°

hélice de retenues Monroe

10s CARRY MECHANISM OF THE MONROE CALCULATING MACHINE

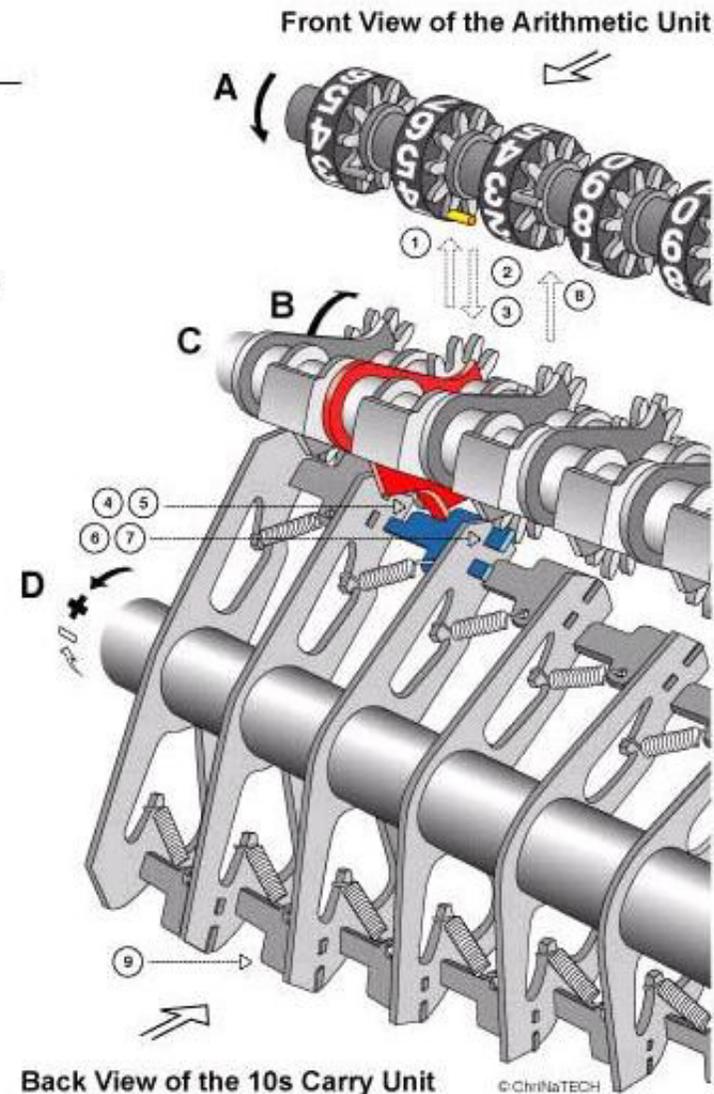
Inventors: Frank S. Baldwin
James R. Monroe (1912)
Example: MONROE Model K

Axes

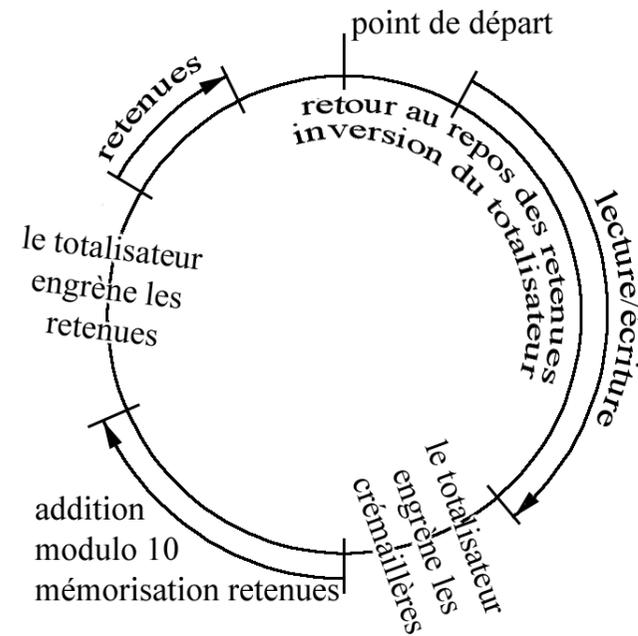
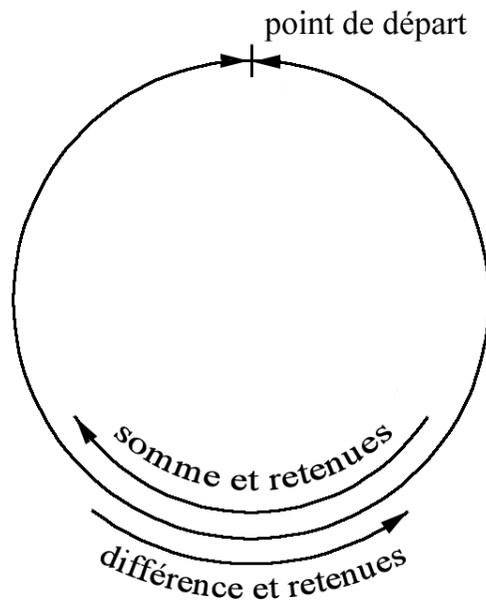
- A** The arithmetic unit with its cog/figure wheels is located in the carrier.
- B** Connects the input/coding mechanism with the arithmetic unit.
- C** Carries the switchable levers for the 10s carry mechanism.
- D** Makes a complete turn during each machine cycle. One end holds the 10s carry mechanism for addition, the other end is for subtraction.

Dynamics of the 10s Carry

- ① When a number is entered, the input/coding unit activates the cog wheels on axle B and these in turn moves the figure wheels on axle A.
- ② If a figure in the display of the arithmetic unit changes from 9 to 0, cog 3 goes to its lowest position.
- ③ Then the stud on cog 3, in turn, shifts the lever below to its down position.
- ④ The bottom of this lever has an angular part that activates the slider when passing.
- ⑤ The slider shifts.
- ⑥ It engages the neighboring cog wheel.
- ⑦ The rotation of axle D will either step the cog wheel forward (+ addition) or backward (- subtraction).
- ⑧ This motion will either add or subtract 1 from the neighboring figure in the arithmetic unit.
- ⑨ When axle D makes its complete turn, the opposite slider in the same segment will set the lever back to its (normal) up position.



Cycle de l'Olivetti



Cycle de l'Olivetti (simplifié)

L'Olivetti n'est une machine rotative mais alternative (reciprocal)

L'exposé pas à pas

Les précurseurs (convenus) des ordinateurs

Ont-ils tout inventé ?

Addition mécanique

Addition de chiffres ou de nombres

Représentation des chiffres décimaux

Addition des nombres

Comptometer

Hélice de retenues

Soustraction

Exemples (addition/soustraction)

Thales Klein Addier

Olivetti Summa Quanta

Tchebychev et Marchant

Multiplication mécanique

Multiplication semi-automatique

Multiplication automatique

Actionneur

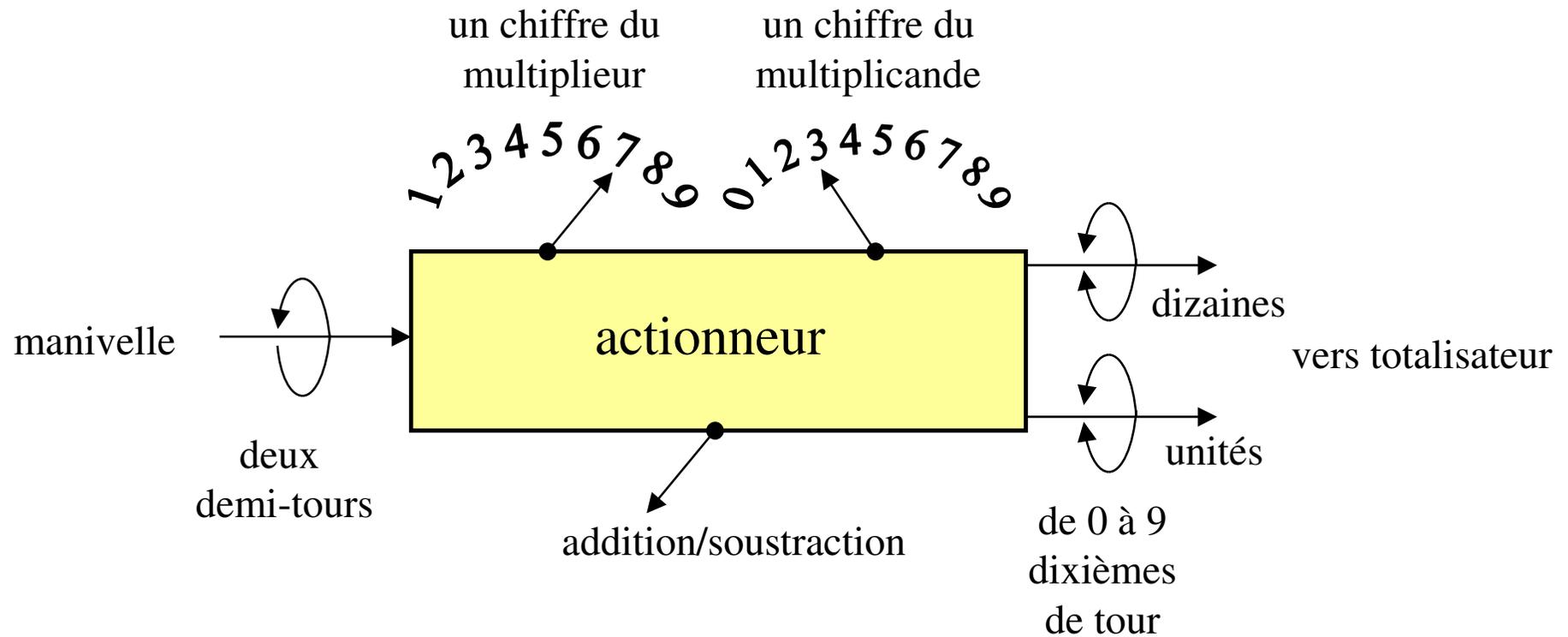
Multiplication directe

Division mécanique

Racine carrée mécanique



Multiplication directe de Bollée

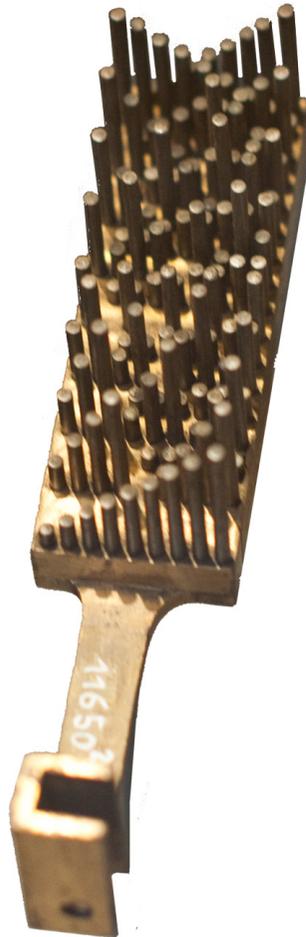


Les unités et les dizaines tournent l'une après l'autre (pour chaque demi-tour).
Un curseur (+ -) inverse le sens de rotation des sorties (et leur ordre).

Actionneur de Léon Bollée

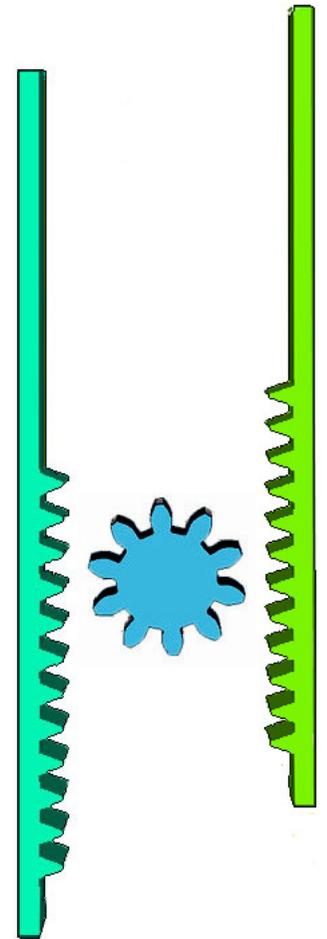
9	{	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	}	9	8	7	6	5	4	3	2	1
8	{	0	1	2	3	4	4	5	6	7
	}	8	6	4	2	0	8	6	4	2
7	{	0	1	2	2	3	4	4	5	6
	}	7	4	1	8	5	2	9	6	3
6	{	0	1	1	2	3	3	4	4	4
	}	6	2	8	4	0	6	2	4	8
5	{	0	1	1	2	2	3	3	4	4
	}	5	0	5	0	5	0	5	0	5
4	{	0	0	1	1	2	2	2	3	3
	}	4	8	2	6	0	4	8	2	6
3	{	0	0	0	1	1	1	2	2	2
	}	3	6	9	2	5	8	1	4	7
2	{	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	}	2	4	6	8	0	2	4	6	8
1	{	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	}	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Table de Pythagore

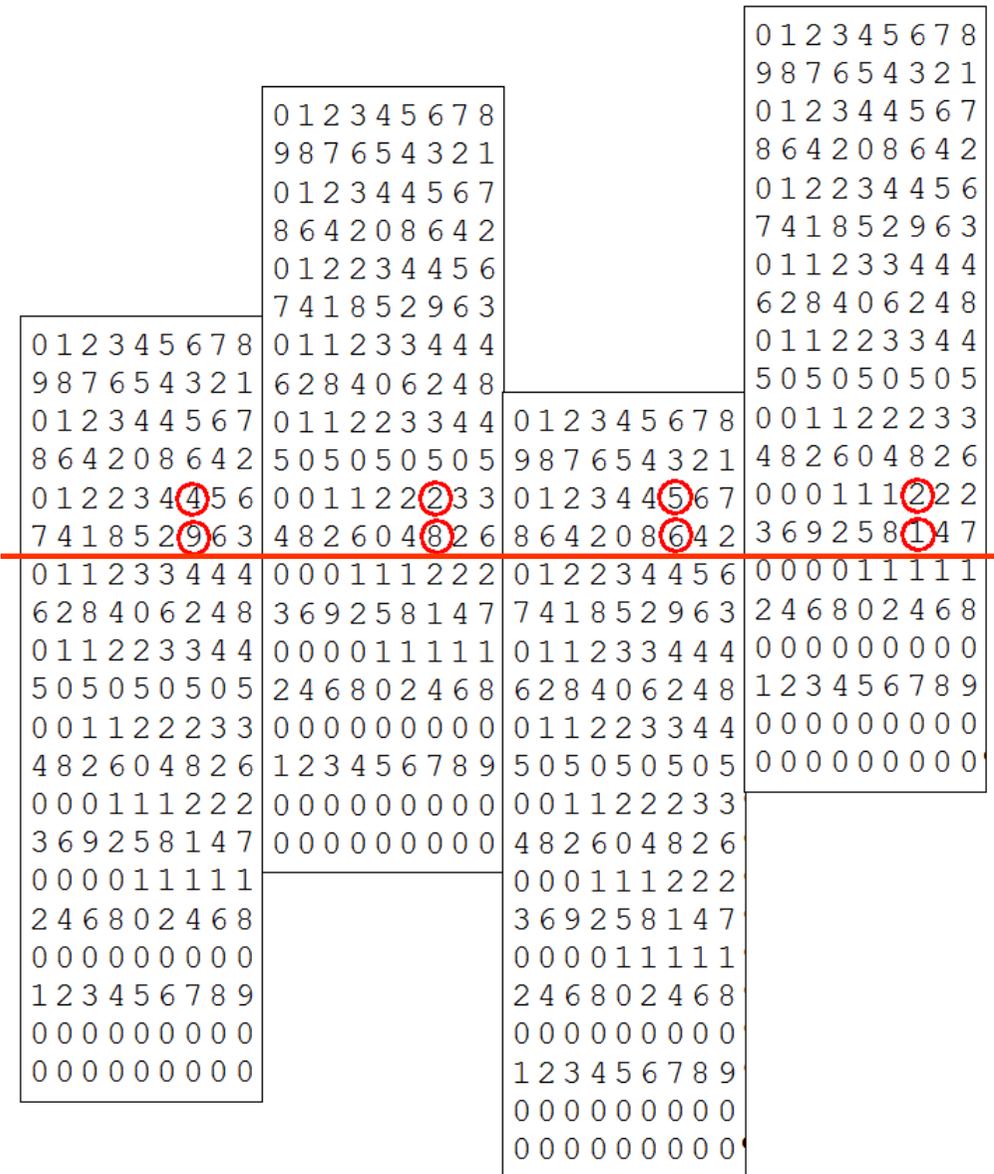


Les tiges sont lues par des « crémaillères mutilées ».

Le nombre de dents de la crémaillère dans le chemin de l'engrenage est proportionnel à la longueur de la tige.



Exemple de multiplication : 7483×7



Exemple :

$$7483 \times 7 = 49 \times 1000 + 28 \times 100 + 56 \times 10 + 21$$

$$7483 \times 7 = 4252 \times 10 + 9861$$

$$7483 \times 7 = 52381$$

Détail du calculateur de Babbage

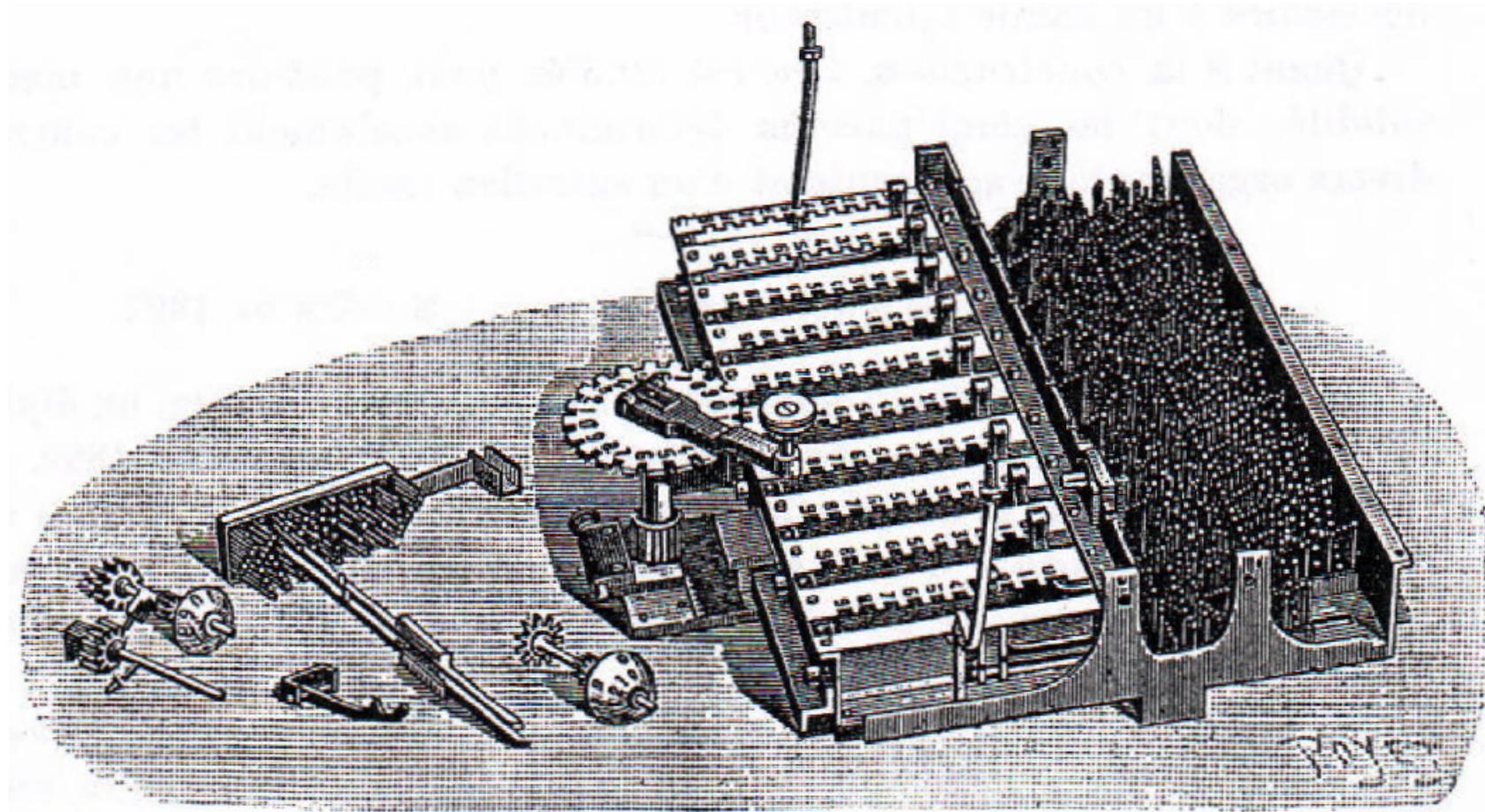
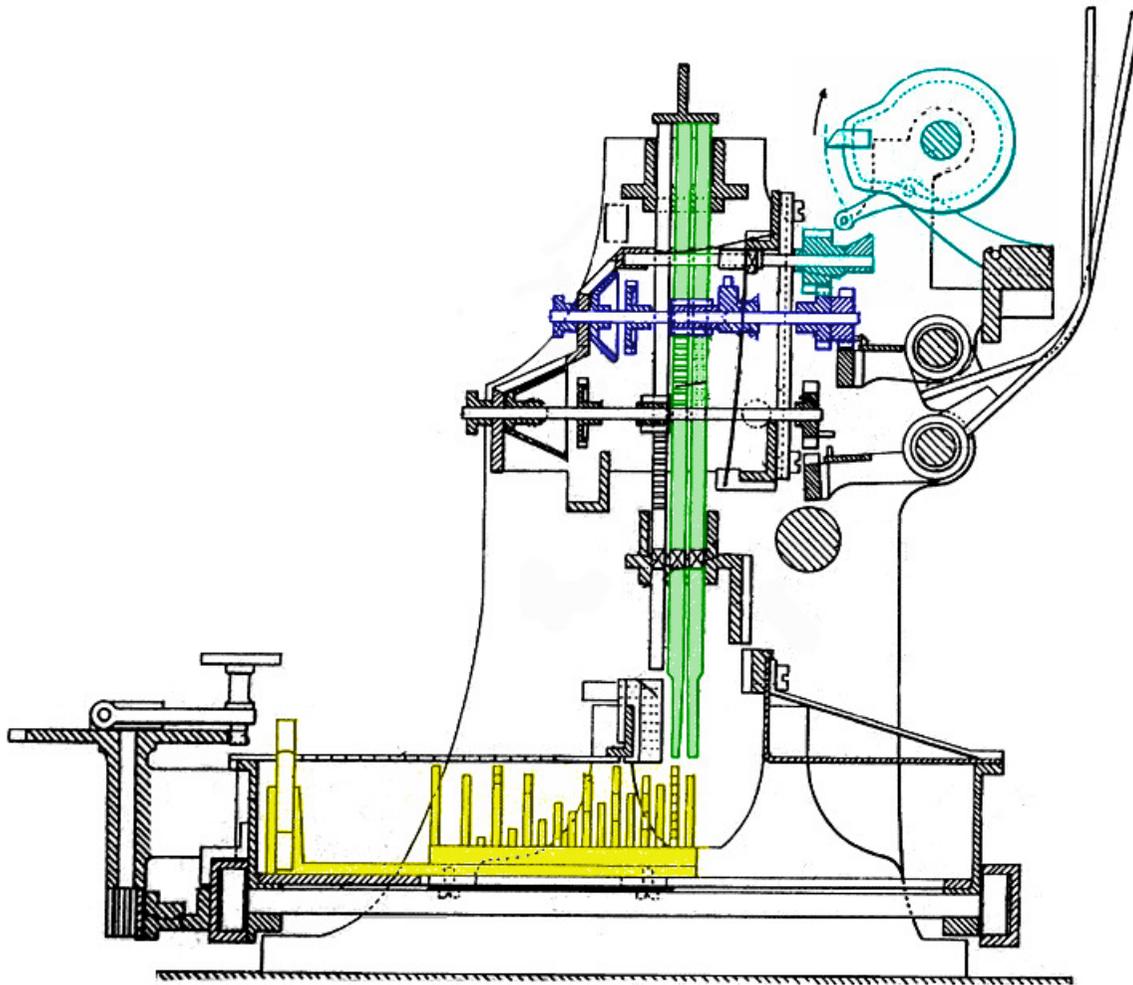


Fig. 5. — Machine à calculer, modèle de 1889; détails du calculateur.

Détail du calculateur de Bollée (cont.)



Algorithmes de multiplication

Croissez et multipliez (genèse, 1, 22)

Pour expliquer la multiplication automatique

1- manuelle

faire une multiplication le plus simplement ou le plus rapidement possible ¹ avec une machine :

addition/soustraction (actionneurs)

décalage

comptage des opérations (#additions – #soustractions)

2- multiplication semi-automatique : un clavier pour la répétition automatique de l'addition

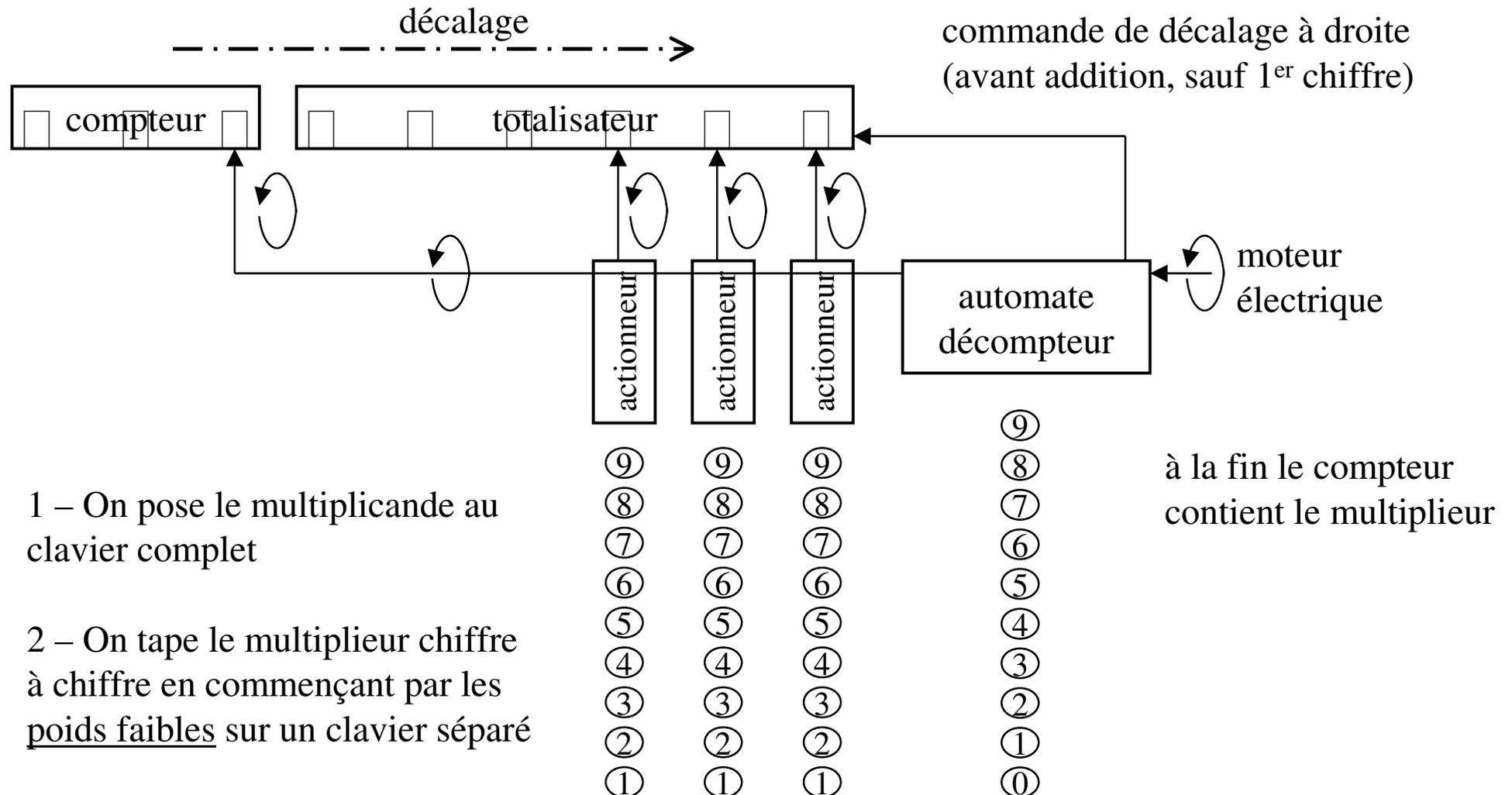
3- multiplication automatique : touche " × "

même algorithme que multiplication semi-automatique

multiplication abrégée et superabrégée

¹ Multiplication par 1789 sur SummaQuanta : $\times - 0 - 0 - - 0 + + *$
(- 1 - 10 - 200 + 2000)

Multiplication semi-automatique



Multiplication semi-automatique (cont.)

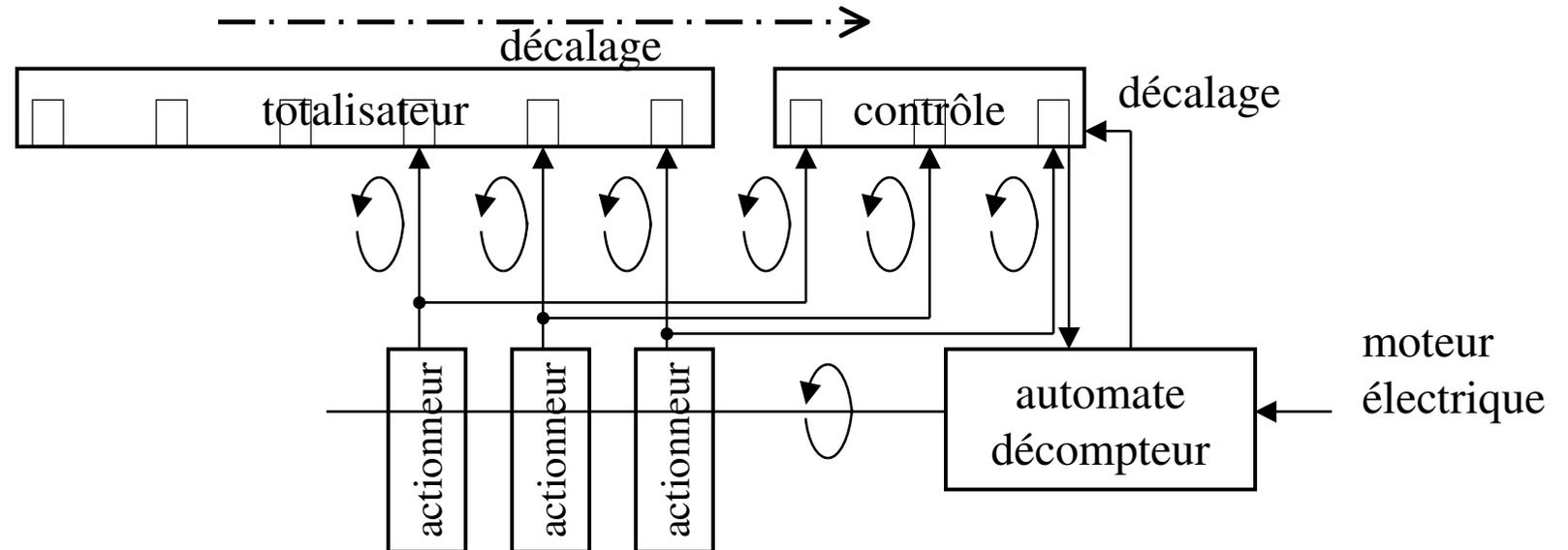
L'algorithme de la Marchant est une variante

- 1- on pousse le chariot complètement à gauche et on remet à zéro
- 2- on le fait revenir (à droite) du nombre de chiffres du multiplieur
- 3- on pose le multiplicande (clavier complet)
- 4- on pose le multiplieur chiffre à chiffre en commençant par les poids forts.

On obtient (au cours de l'étape 4)

- 1- dans le viseur inférieur (viseur de pose) : le multiplicande
- 2- dans le viseur médian (totalisateur) : le produit (partiel/final)
- 3- dans le viseur supérieur (compte tour) : le multiplieur (partiel/final)

Multiplication automatique



1 – On pose le multiplieur au clavier complet, on appuie sur la touche " × " pour l'écrire dans le registre contrôle

2 – On pose le multiplicande et on appuie sur la touche " = "

⑨	⑨	⑨
⑧	⑧	⑧
⑦	⑦	⑦
⑥	⑥	⑥
⑤	⑤	⑤
④	④	④
③	③	③
②	②	②
①	①	①

le registre contrôle est physiquement dans le chariot sous le totalisateur

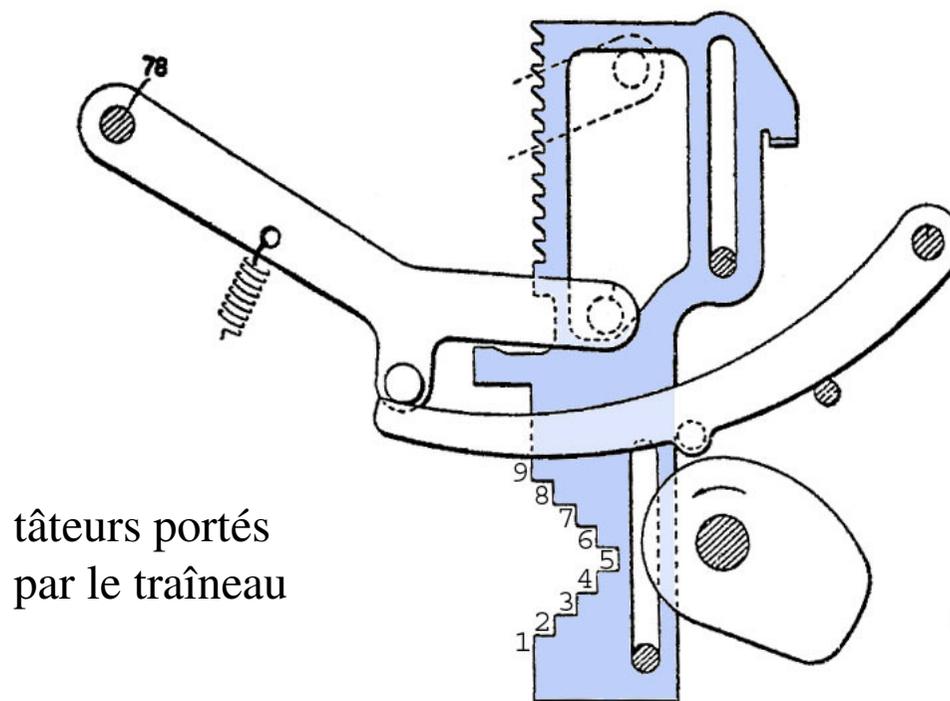
Le décalage partant des poids forts est le même pour la division (mise en commun de séquence)

Multiplication automatique abrégée

But : minimiser le nombre d'additions

Table de traduction

0 → 0 (sauté)
1 → 1
2 → 2
3 → 3
4 → 4
5 → 5
6 → 10 - 4
7 → 10 - 3
8 → 10 - 2
9 → 10 - 1



Brevet Natale Capellaro Olivetti 1956