LE

CALCUL SIMPLIFIÉ

PAR LES

PROCÉDÉS MÉCANIQUES ET GRAPHIQUES.

HISTOIRE ET DESCRIPTION SOMMAIRE DES INSTRUMENTS ET MACHINES A CALCULER,
TABLES, ABAQUES ET NOMOGRAMMES,

PAR

Maurice d'OCAGNE,

Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Professeur à l'École des Ponts et Chaussées,
Répétiteur à l'École Polytechnique.

SECONDE ÉDITION,
entièrement refondue et considérablement augmenté

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.
Quai des Grands-Augustins, 55.

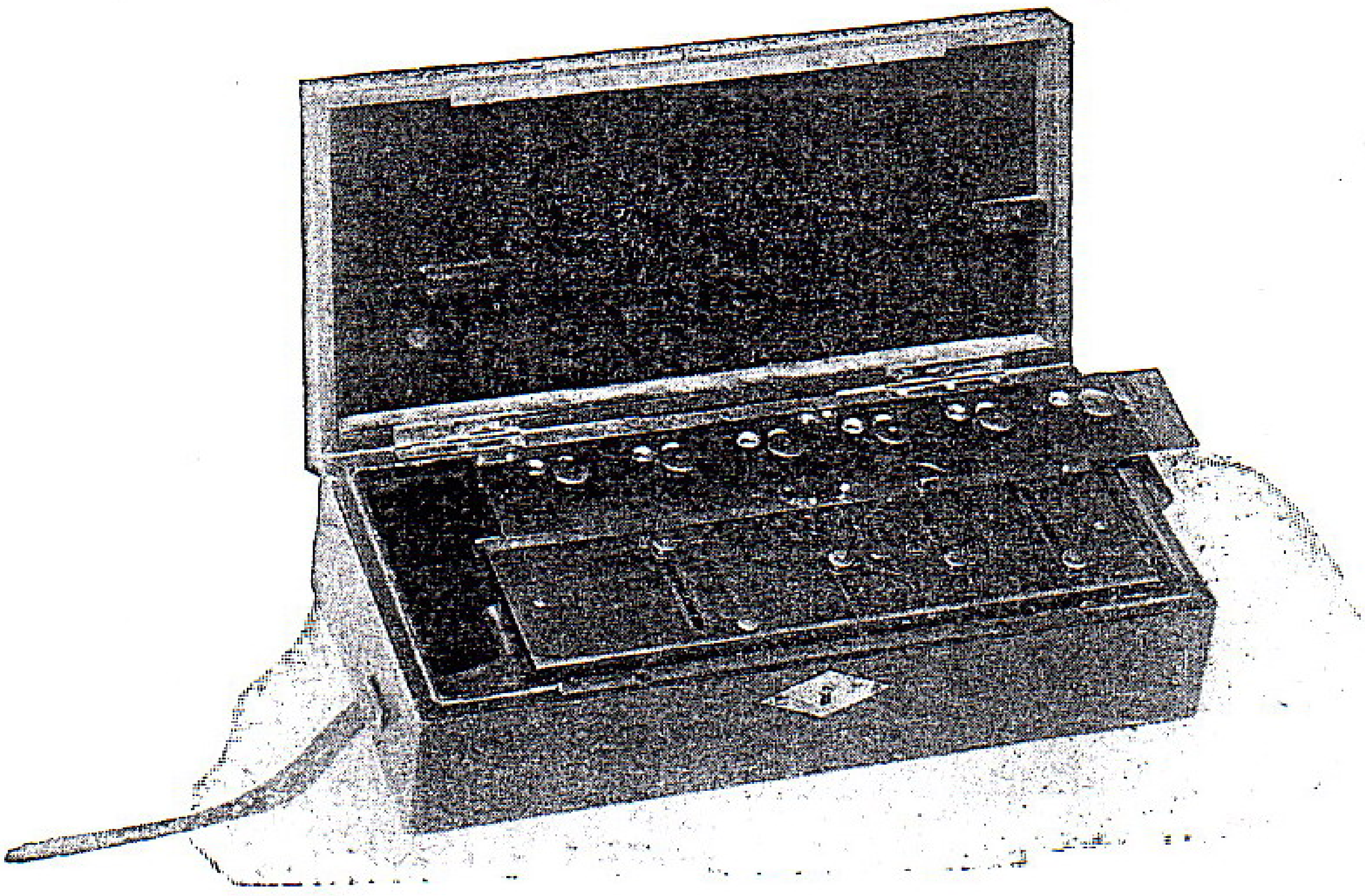
1905

tiplier fonctionnant en toute sûreté. On est même en droit de dire que de sa belle invention date le véritable essor pris par les machines à calculer, qui n'avaient guère été jusque-là que de simples objets de curiosité.

L'arithmomètre Thomas.

La machine à calculer ou *arithmomètre* de Thomas a fait l'objet d'une petite industrie qui, sous la direction du constructeur Payen, n'a cessé de progresser jusqu'à nos jours. Certes, les arithmomètres livrés aujourd'hui au public (*fig.* 17 *bis*) diffèrent notablement, dans leurs détails, du modèle primitif établi par Thomas en 1820 (*fig.* 17); mais

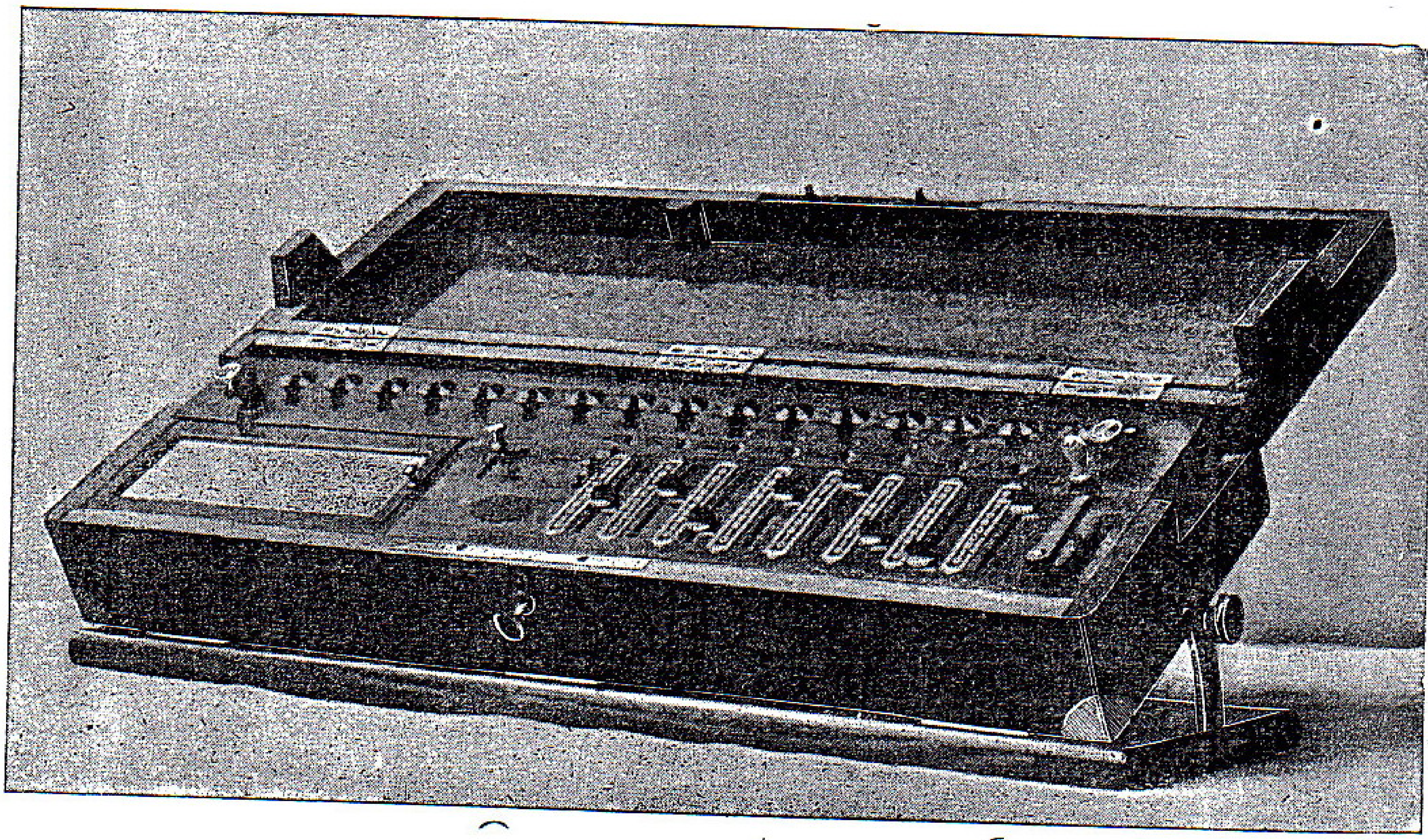
Fig 17.



la partie essentielle est restée la même. Les perfectionnements successifs, dus pour la plupart à des collaborateurs anonymes, simples ouvriers parfois, qu'encourageaient les conseils éclairés et les intelligentes libéralités de Thomas, absorbé par d'autres soins que celui de reviser le type de sa machine, ont porté exclusivement sur les détails du mécanisme. Il serait difficile de dire quelle somme d'ingéniosité s'y est dépensée.

Sans nous attacher à tous ces détails, nous signalerons

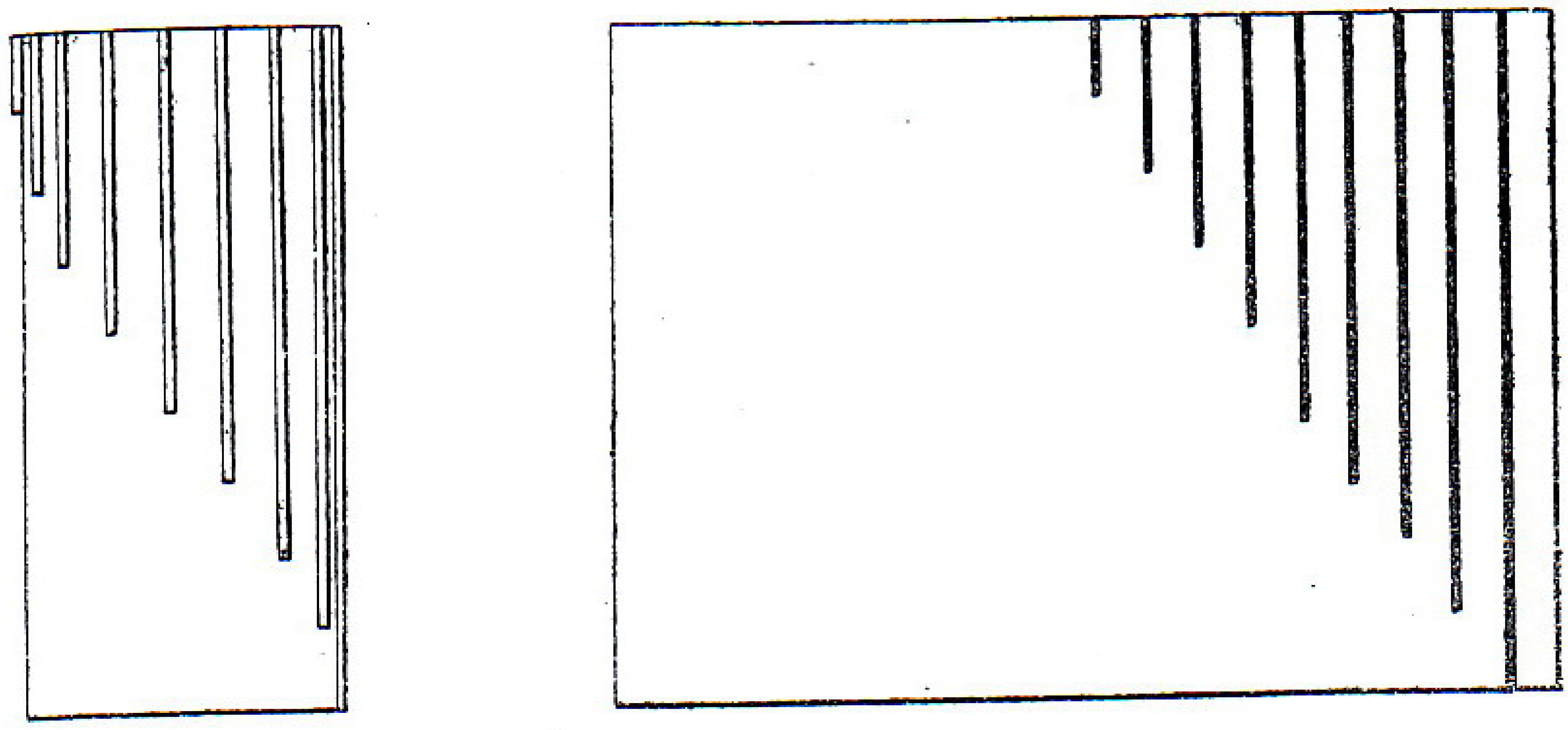
Fig. 17 *bis*.



quelques-uns des principaux organes de cette machine, particulièrement caractéristiques, et qui peuvent, aujourd'hui, être considérés comme classiques.

L'organe essentiel de l'arithmomètre est le tambour à neuf dents d'inégale longueur (*fig.* 18), déjà proposé par Leibniz. Thomas avait-il pu voir la machine de ce dernier à Göttingen, comme un auteur allemand en a émis l'hypothèse? A-t-il, de son côté, imaginé cet artifice mécanique sans connaissance des essais antérieurs? La question nous semble parfaitement oiseuse. Il n'y a nulle impossibilité à ce que divers inventeurs, poursuivant le même but, aboutissent à des solutions analogues. Nous avons déjà signalé la similitude des additionneurs Kummer et Troncet; nous constaterons plus loin un fait de même ordre à propos de la machine d'Odhner. Il n'est donc aucunement démontré que Thomas se soit inspiré des travaux qui, en Allemagne, ont précédé les siens; mais cela fût-il péremptoirement établi, il n'en resterait pas moins qu'en mettant en œuvre,

Fig. 18.

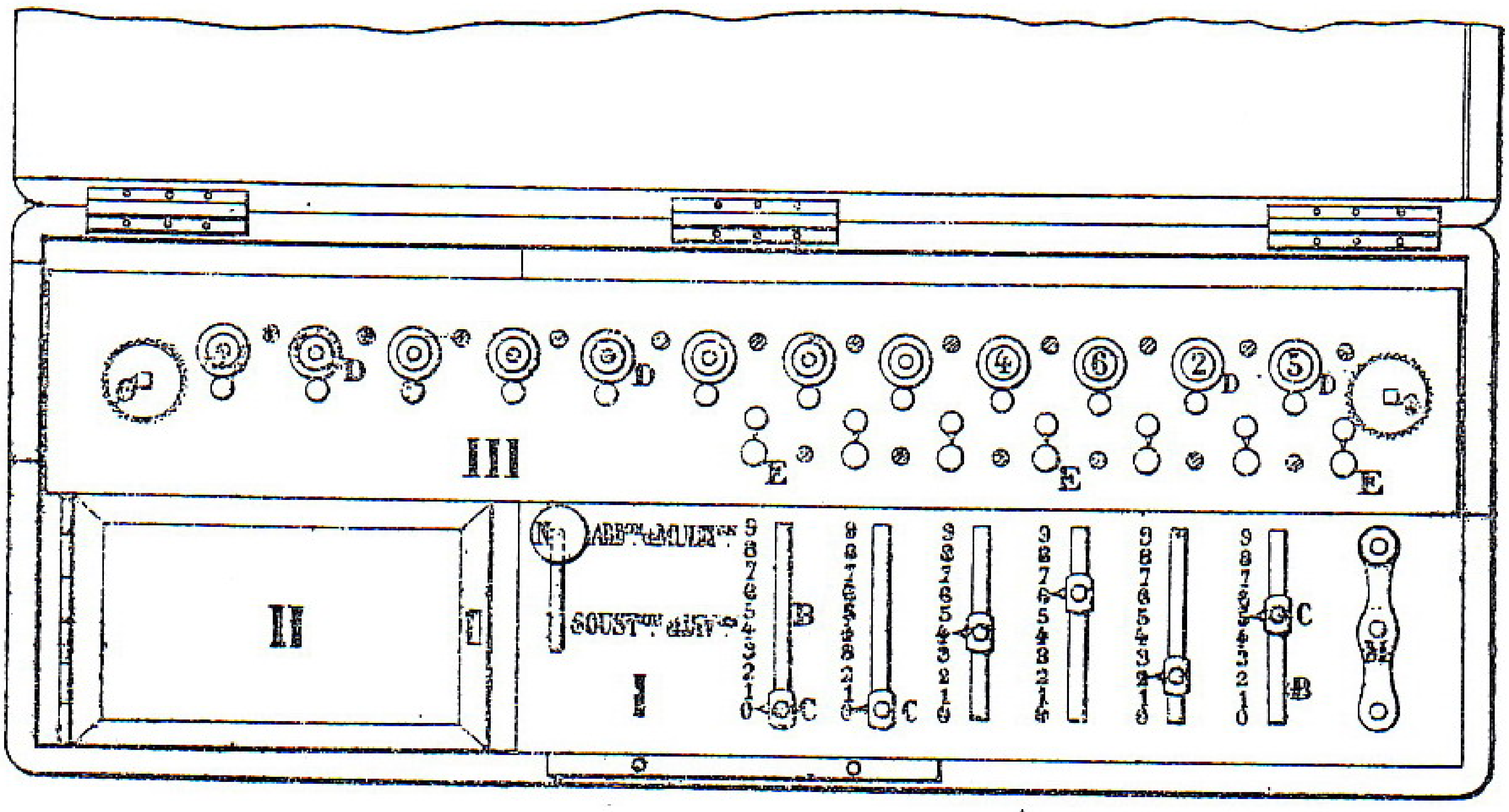


sous une forme nouvelle, certains organes antérieurement connus, combinés avec d'autres nouveaux, il est parvenu à établir une machine excellente au point de vue pratique, ce à quoi nul n'avait réussi avant lui, et cela n'est déjà pas un si mince mérite.

Chacun des disques chiffrés de o à 9, qui tournent sous une des lucarnes de la machine, reçoit son mouvement d'un des tambours dentés par l'intermédiaire d'un arbre carré le long duquel peut se déplacer la roue engrenant avec le tambour. On voit que, suivant que cette roue, mobile le long de l'arbre à section carrée, se trouve aux différents points de la longueur du tambour denté, elle engrène avec o, 1, 2, ... ou 9 dents de ce tambour. Lors donc que celui-ci fera un tour entier, la roue, suivant sa position, avancera de o, 1, 2, ... ou 9 dents. Par suite, le disque gradué tournera de o, $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, ... ou $\frac{9}{10}$ de tour, ainsi qu'on l'amenait à le faire directement dans la machine de Pascal.

Les tambours correspondant aux divers ordres décimaux sont placés sur une platine fixe I, percée de rainures B (*fig.* 19). Des boutons C engagés dans ces rainures permettent de déplacer les petites roues dentées le long de ces tambours. Chacun de ces boutons est muni d'un index, et le bord de la rainure porte une graduation de o à 9, telle que, lorsque l'index est en face du chiffre o, 1, 2, ... ou 9,

Fig. 19.



la petite roue dentée est au point de sa course où elle engrène avec o, 1, 2, ... ou 9 dents du tambour.

Enfin, tous les tambours reçoivent leur mouvement d'un même arbre de couche que l'on manœuvre au moyen d'une manivelle M [1].

Si donc, toutes les lucarnes D étant à o, on amène l'index du premier bouton de droite en face du chiffre 3, celui du deuxième en face du chiffre 4, celui du troisième en face du chiffre 2, tous les autres étant à o, et qu'on donne un tour de manivelle, le premier disque à droite tournera de $\frac{3}{10}$ de tour, le deuxième de $\frac{4}{10}$, le troisième de $\frac{2}{10}$, et on lira

[1] Dans le modèle primitif de 1820, le mouvement était produit par un petit moteur à ressort qu'on armait au moyen d'un ruban se tirant sur le côté de la machine (*fig.* 17). Suivant qu'on tirait plus ou moins ce ruban avant de le lâcher, il faisait faire 1, 2, ... ou 9 tours aux tambours dentés engrenant avec les pignons qui correspondaient aux divers chiffres du multiplicande. Le résultat était donc le même qu'avec la manivelle, mais celle-ci est moins fragile, moins délicate.

dans les lucarnes, en commençant par la droite, les chiffres 3, 4 et 2; on aura donc ainsi fait passer dans la machine le nombre 243. Donnons maintenant un second tour de manivelle. Le premier disque à droite tournera encore de $\frac{3}{10}$ de tour et le chiffre 6 apparaîtra à la place du 3; le deuxième tournera de $\frac{4}{10}$ de tour et montrera le chiffre 8; le troisième tournera de $\frac{2}{10}$ de tour et montrera le chiffre 4. Donc, après 2 tours de manivelle, on lira, dans les lucarnes, le nombre 486, double de 243; après 3 tours, on lirait le triple; après 4 tours, le quadruple, et ainsi de suite.

Il faut toutefois, pour cela, que les retenues s'inscrivent, c'est-à-dire que, lorsque l'intervalle de 9 à 0 d'un des disques gradués passe sous la lucarne correspondante, le disque placé immédiatement à la gauche de celui-ci avance de $\frac{1}{10}$ de tour. Ce résultat est obtenu dans l'arithmomètre Thomas au moyen d'un mécanisme des plus ingénieux dont la description sortirait du cadre de cet Ouvrage. Disons toutefois qu'afin d'éviter toute dépense d'effort anormale l'inscription *successive* des retenues (le feu de file du Dr Roth) est ici obtenue grâce à la disposition suivante : les 9 dents d'inégale longueur de chaque tambour ne sont pas disposées sur la périphérie entière de ce tambour; elles en occupent à peu près la moitié (*fig.* 18). De cette façon, on peut, par une différence de calage des tambours successifs, faire en sorte que chacun d'eux ne commence son effet qu'avec un petit retard sur le voisin, et l'on conçoit que l'on puisse profiter de cette circonstance pour ne faire agir sur chaque arbre l'appareil de retenue voisin que lorsque cet arbre ne reçoit aucun mouvement du tambour qui lui est propre.

Pour le passage d'un ordre décimal du multiplicateur au suivant, la platine III, dans laquelle sont percées les lucarnes D et qui porte les disques gradués, peut être déplacée dans le sens de sa longueur. Chaque fois qu'elle avance d'un cran vers la droite, chaque tambour moteur vient agir sur le disque gradué correspondant à l'ordre décimal immédiatement supérieur à celui du disque qu'il mettait précédemment en mouvement. Si donc on veut multiplier par 425 le nombre inscrit au moyen des index, on donnera 5 tours de manivelle; puis on fera avancer la platine mobile d'un cran vers la droite et l'on donnera 2 tours de manivelle et, de même, après l'avoir fait encore avancer d'un cran, on donnera 4 tours de manivelle. On aura donc eu à donner en tout 11 tours de manivelle ([1]).

La platine mobile porte en outre un second rang de lucarnes, E, plus petites que les premières, où, pour chaque ordre décimal, un compteur enregistre le nombre de tours de manivelle. De cette façon, le multiplicateur s'inscrit aussi sur l'appareil, ce qui permet de vérifier, à la fin de l'opération, que celle-ci a bien été celle qu'on désirait effectuer, c'est-à-dire qu'on n'a pas, par inadvertance, donné, pour l'un des ordres décimaux, un tour de manivelle de plus ou de moins.

Quant au renversement de la marche de la machine, destiné à lui faire effectuer les opérations soustractives au lieu des opérations additives, il s'obtient par le moyen très simple que voici :

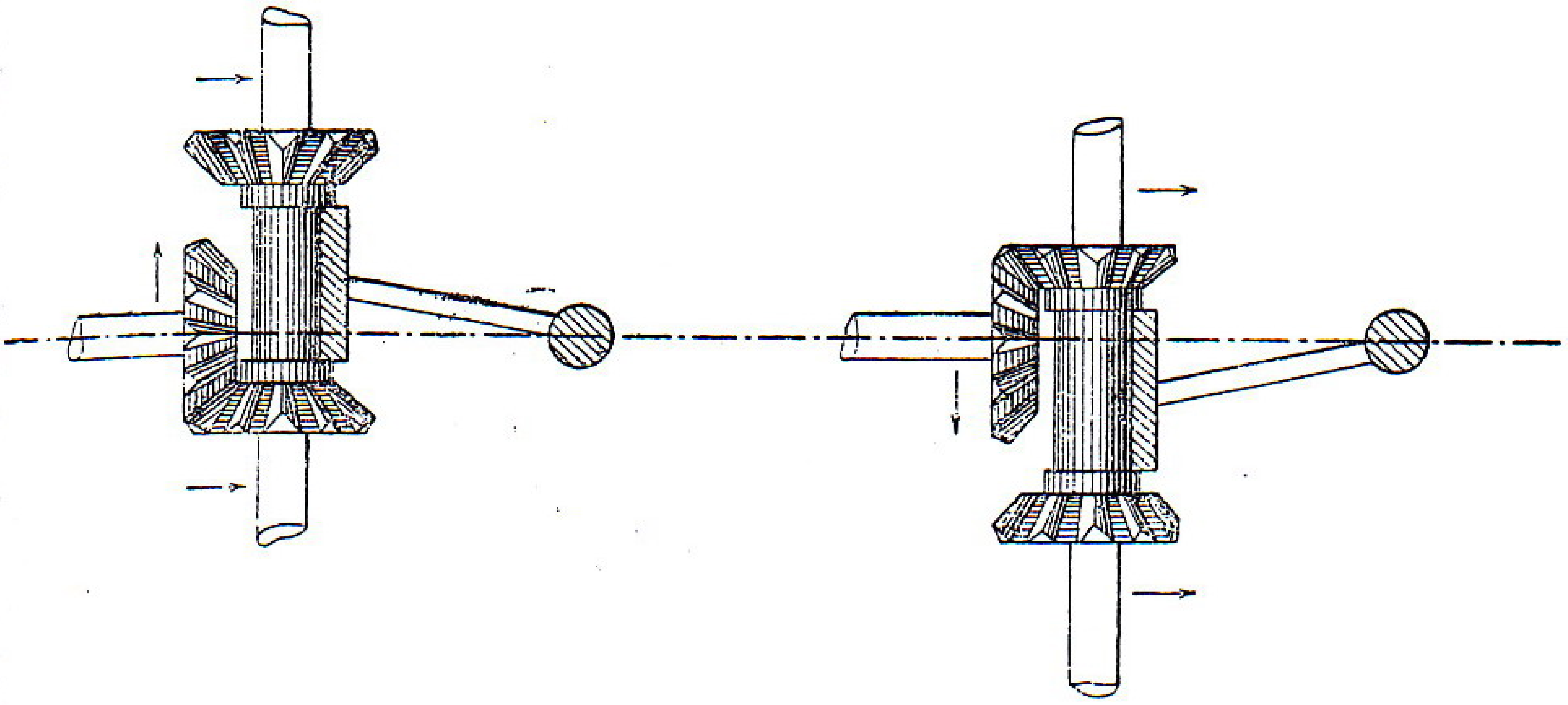
La transmission du mouvement de chaque arbre carré à la roue dentée qui entraîne le disque gradué correspondant se fait par l'intermédiaire d'un chariot tel que celui qui est représenté sur la figure 20. Un levier, poussé de l'extérieur

---

([1]) On trouve dans les ateliers Payen le modèle d'essai d'un arithmomètre transformé en vue de réduire le nombre des tours de manivelle. Sur ce modèle $\frac{1}{9}$ de tour de la manivelle fait faire aux tambours un tour complet. Il suffit, dès lors, d'une fraction convenable de tour de manivelle, indiquée par une chiffraison de 1 à 9, pour imprimer aux tambours une rotation variant de 1 à 9 tours.

moyen d'un bouton N (*fig.* 19), permet de donner simultanément à tous les chariots un petit déplacement en vertu duquel c'est tantôt l'une et tantôt l'autre de leurs roues

Fig. 20.



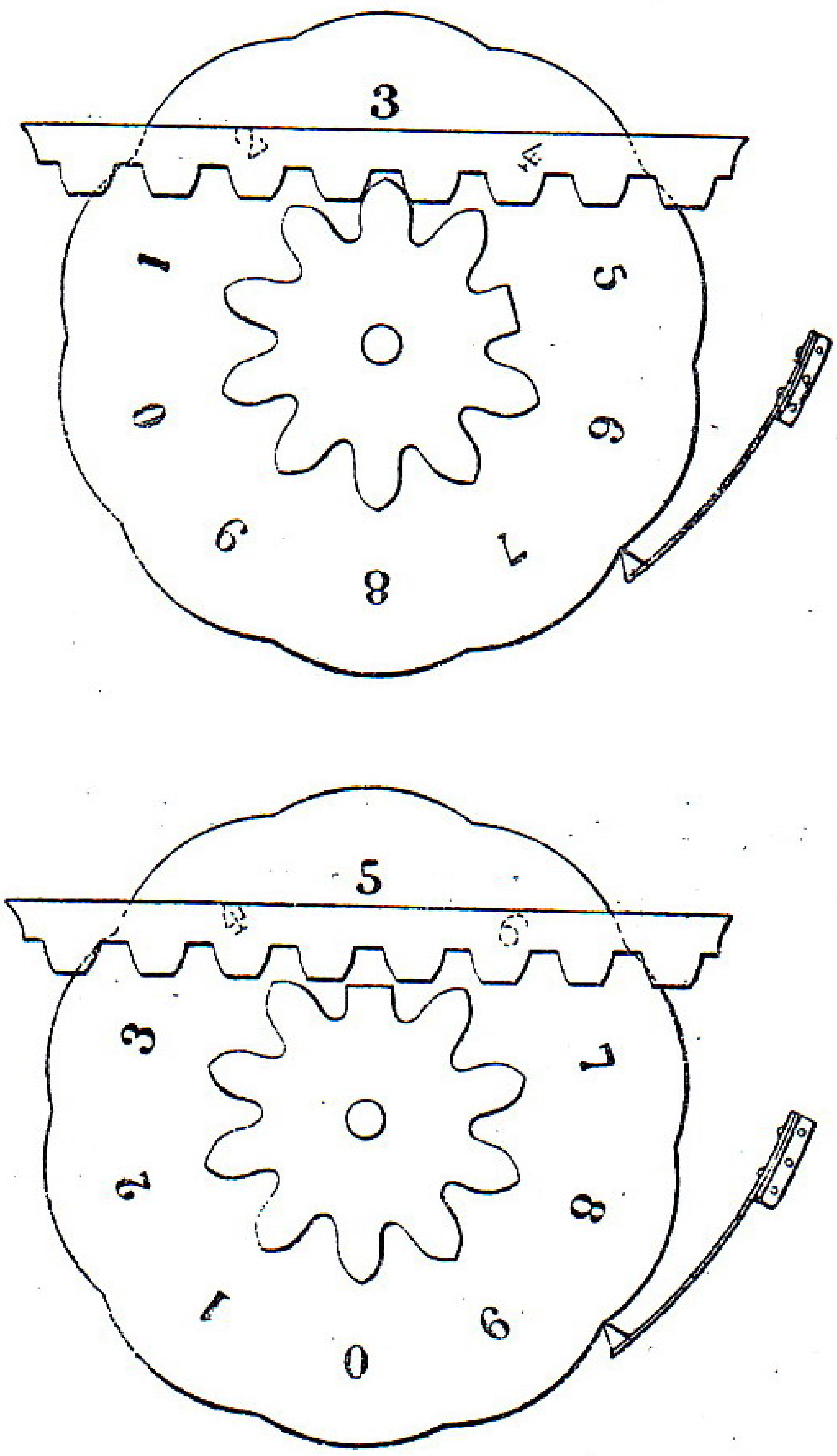
dentées qui engrène avec la roue du disque. La figure montre clairement que, de l'un à l'autre cas, le sens de la rotation de cette dernière est changé, par suite aussi celui de la rotation du disque.

L'arithmomètre est muni d'un effaceur qui repose sur un principe à la fois si simple et si ingénieux qu'on ne saurait le passer sous silence ([1]). En agissant sur un bouton G (*fig.* 19) fixé extérieurement à la platine mobile et qui ne peut fonctionner que lorsque celle-ci est soulevée, on fait mouvoir une crémaillère qui engrène avec une roue dentée spéciale portée sur le pivot de chaque disque gradué (*fig.* 21). L'écartement des dents de cette roue est de $\frac{1}{10}$ de circonférence, mais une de ces dents manque, celle qui viendrait en prise avec la crémaillère lorsque le 0 du disque apparaît à la lucarne. Lors donc qu'on a poussé la crémail-

([1]) Certains disques polygonaux, visibles sur la machine de Leibniz, auraient, d'après M. Burkhardt, été destinés au fonctionnement d'un effaceur (M., p. 974, Note 160).

lère jusqu'à ce que le o ait réapparu dans une des lucarnes, elle cesse d'agir sur le disque correspondant, faute de rencontrer une nouvelle dent à pousser en avant. Une fois que

Fig. 21.



tout a été ainsi ramené à o, on lâche le bouton; un ressort rappelle alors la crémaillère dans sa position de repos où elle cesse d'engrener avec les roues dont il vient d'être question.

Mais le détail mécanique le plus intéressant de cette machine, qui rend son jeu absolument sûr et lui donne une supériorité marquée sur plusieurs de ses congénères, réside dans le dispositif propre à empêcher que l'inertie des pièces du mécanisme ne les entraîne, en vertu de la vitesse acquise, au delà de la position dans laquelle elles doivent s'arrêter. Ce dispositif, auquel le constructeur a donné, par analogie avec un dispositif employé en horlogerie, le nom de *croix de Malte,* et qui fonctionne aussi bien pour les appareils de retenue que pour les tambours, est combiné de telle sorte qu'au moment précis où ces divers organes ont effectué le mouvement exigé par l'opération qu'on a à faire, une pièce rigide pressée contre eux vient les immobiliser complètement.

Tel est, dans ses grands traits, l'arithmomètre Thomas, qui comporte encore nombre de particularités intéressantes au point de vue mécanique (1).

Son usage n'est d'ailleurs pas limité aux seules multiplication et division. En particulier, grâce à un théorème sur la suite des nombres impairs qui permet de ramener l'extraction de la racine carrée à une série de soustractions, il se prête très aisément aussi à cette opération.

Le savant physicien alsacien Hirn a publié, en 1863, dans les *Annales du Génie civil,* une Notice curieuse où il signale divers usages auxquels peut se prêter l'arithmomètre.

Mais ces remarques seraient encore applicables aux autres machines du même genre.

Si, tout en nous bornant d'ailleurs à des généralités, nous nous sommes autant étendu sur l'arithmomètre Thomas, c'est, d'une part, que cette machine est la première en date de celles qui ont vraiment pénétré dans la pratique, de l'autre, qu'elle continue à être en France la plus répandue; mais les principes qui ont présidé à sa construction ont reçu depuis lors d'autres applications, nombreuses et

---

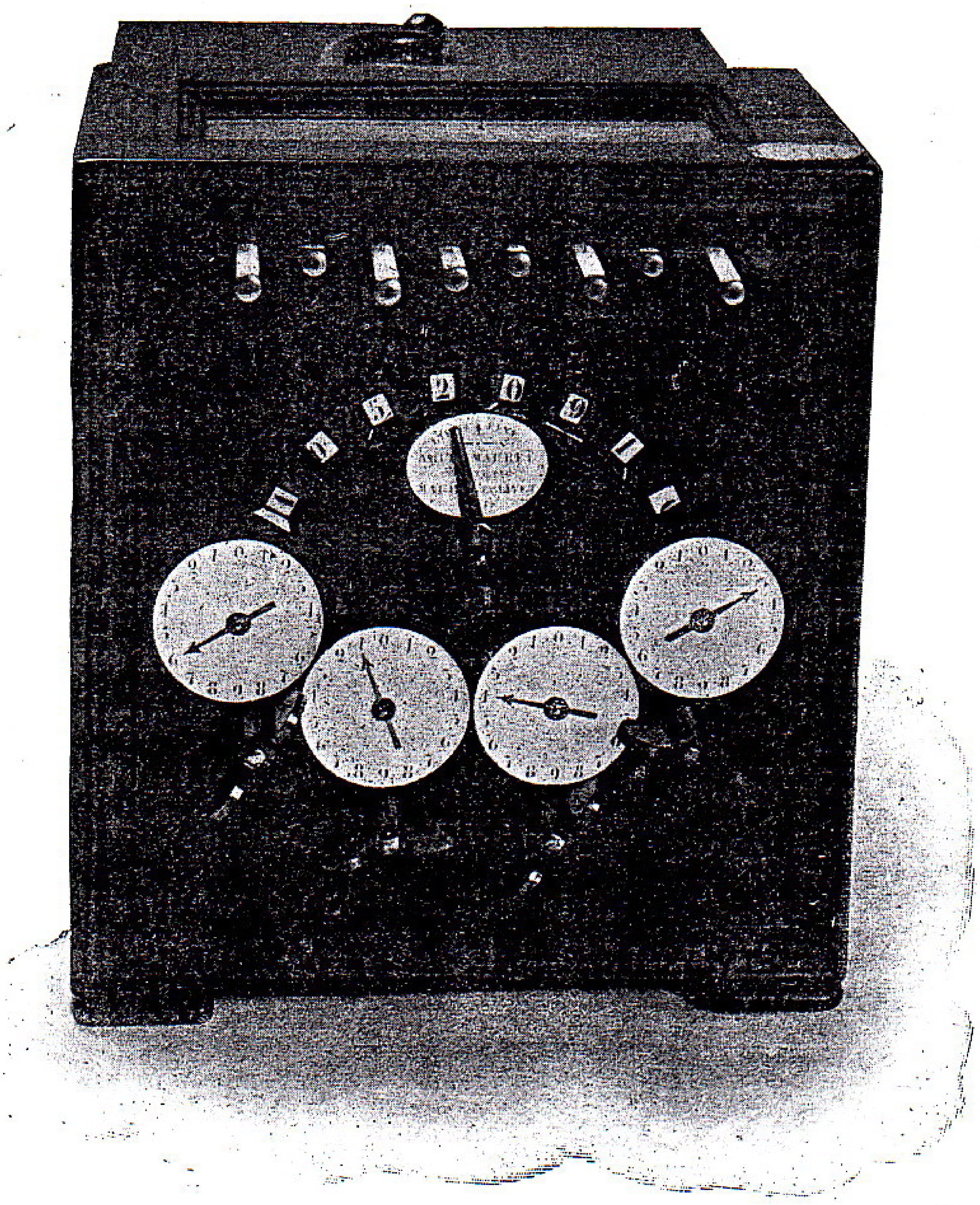
(1) Consulter, pour plus de détails, le rapport du général Sebert (*S. E.*, 1879, p. 393). L'arithmomètre Thomas a été reproduit, avec de légères modifications, en Allemagne, par M. Burkhardt, de Glashütte; en Angleterre, par M. Tate, de Londres.

variées, dont quelques-unes marquées au coin de l'esprit le plus inventif.

Autres arithmomètres.

Au premier rang de ces machines, il convient de placer celle de Maurel, perfectionnée ensuite par l'inventeur et

Fig. 22.

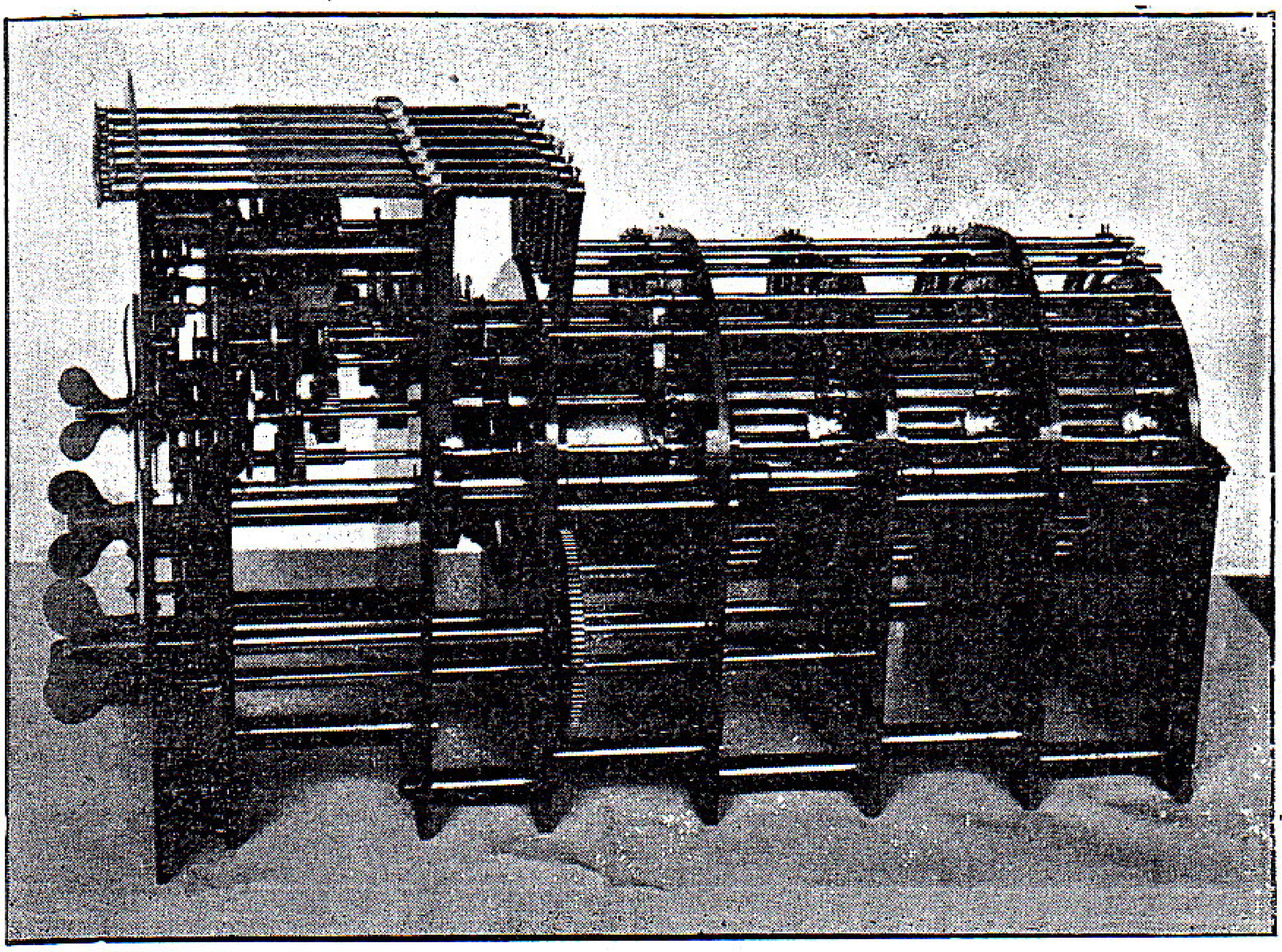


par Jayet, et qui, par contraction du nom d'arithmomètre Maurel, s'est appelée l'*arithmaurel* (1) (*fig.* 22).

(1) *C. R.*, 1er sem. 1849, p. 209. Une description très détaillée de l'arithmaurel, due à la plume de Lalanne, a paru dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (2e sem. 1854, p. 288).

La construction de cette machine permet d'imprimer à ses divers organes une rotation très rapide avec un effort

Fig. 22 *bis*.



minime. C'est ainsi que, pour faire passer un nombre dans les lucarnes où se lit le résultat, il suffit, au lieu de donner un tour de manivelle, de faire parcourir une seule division à une aiguille sur un cadran portant neuf divisions. Ces aiguilles sont d'ailleurs commandées par les clefs que l'on aperçoit à côté de chaque cadran. Lors donc qu'un multiplicande est inscrit, au moyen des tiges graduées visibles à la partie supérieure de la machine (dont le maniement est analogue à celui des boutons de l'arithmomètre Thomas), on n'a qu'à inscrire le multiplicateur, au moyen des aiguilles dont il vient d'être parlé, sur les cadrans gradués correspondant aux divers ordres décimaux, pour que le résultat apparaisse immédiatement dans les lucarnes disposées à cet effet.

Cette extraordinaire rapidité de fonctionnement est obtenue grâce à certaines particularités du mécanisme dont les principales sont les suivantes :

1° Au lieu d'avoir autant de cylindres dentés qu'il y a de disques gradués pour l'inscription du résultat, *un seul cylindre* agit sur tous ces disques qui sont disposés circulairement sur sa périphérie;

2° Grâce à un engrenage différentiel convenablement disposé, chaque disque gradué peut être actionné *à la fois* par le cylindre central et par l'appareil à retenues correspondant au disque précédent.

Cette machine était assurément voisine de la perfection théorique, mais la complication de son mécanisme, jointe à sa grande fragilité, ne lui a pas permis de se prêter à une fabrication courante.

M. K. Strehl a décrit une machine (¹) non encore exécutée, qui, fondée, paraît-il, sur des considérations géométriques simples, opérerait avec la même rapidité que l'arithmaurel puisque l'inscription seule des deux facteurs suffirait encore à faire apparaître le produit. Mais, si remarquable au point de vue théorique que soit une machine, on ne peut se prononcer sur sa valeur que lorsqu'elle a effectivement fonctionné.

La machine anglaise de J. Edmondson (²) affecte la forme circulaire. La platine fixe de l'arithmomètre Thomas y est remplacée par une plaque, en forme de demi-couronne circulaire, sur laquelle les chiffres du multiplicande (ou du diviseur) s'inscrivent au moyen de tiroirs rayonnants; la platine mobile, par un disque, intérieur à cette couronne, sur lequel apparaissent les chiffres du produit et du multiplicateur (ou du dividende et du quotient). Cette disposition

(¹) *Centralzeitung für Optik und Mechanik*, 1890, p. 242 (M., p. 973, Note 154).

(²) *Philosophical Magazine*, 2ᵉ sem. 1885, p. 15. — W. D., p. 151.

circulaire permet notamment de prolonger indéfiniment une division qui ne se fait pas exactement, alors que, dans les machines rectilignes, la limitation du déplacement de la platine mobile ne permet pas de franchir un nombre déterminé de chiffres du quotient. La machine est d'ailleurs pourvue d'un effaceur qui permet de ramener à zéro tout ou partie des chiffres apparents aux lucarnes du disque intérieur.

M. Mehmke cite encore la machine de Duschanek [1] dans laquelle un seul tour de manivelle ramène à la fois à zéro les trois rangées de chiffres de la machine (multiplicateur, multiplicande et produit). D'ailleurs, sur cette machine, les chiffres du multiplicande s'inscrivent en ligne droite, comme ceux du multiplicateur et du produit.

La machine à mouvement continu de Tchebichef [2].

Le grand mathématicien russe Tchebichef a imaginé une machine qui n'atteint pas au degré de rapidité de l'arithmaurel, mais qui pourtant, comme celui-ci, supprime toute intervention attentive de l'opérateur à partir du moment où les deux facteurs sont inscrits sur la machine. Dans l'arithmaurel cette inscription suffit; dans la machine Tchebichef elle est suivie de la manœuvre d'une manivelle que l'on fait tourner *sans en compter les tours* jusqu'à ce que les boutons ayant servi à l'inscription du multiplicateur soient tous automatiquement revenus à zéro; à ce moment-là, l'opération est terminée.

Cette machine présente encore un autre caractère qui la distingue de toutes celles qui sont spécialement destinées à la multiplication. De telles machines peuvent être évi-

---

(1) *P. J.*, 1886, p. 264 (M., p. 974, Note 161).
(2) *Voir* les figures de la Note annexe I.