Caution de Commissaire



# REVUE
# DU GÉNIE
# MILITAIRE



Paraissant le 25 de chaque mois

ONZIÈME ANNÉE

TOME XIV — 1re LIVRAISON

**Juillet 1897**

RÉDACTION :
PARIS, RUE SAINT-DOMINIQUE, 8
ADMINISTRATION :
BERGER-LEVRAULT & Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS
PARIS | NANCY
RUE DES BEAUX-ARTS, 5 | RUE DES GLACIS, 18
1897

# SCIENCES MATHÉMATIQUES, ETC.

## SUR UNE MACHINE A CALCULER

Lorsqu'un problème mathématique a été résolu d'une manière générale, il ne reste plus, pour en traiter les cas particuliers, qu'à le mettre en nombres, c'est-à-dire à réaliser les calculs indiqués par la formule algébrique : additions ou soustractions, multiplications ou divisions, élévations à des puissances ou extractions de racines.... S'il est des cas où ces opérations, d'étendue restreinte, sont un délassement pour l'esprit, il en est d'autres où leur multiplicité donne lieu à un travail absorbant; la moindre distraction compromet l'exactitude du résultat. De là les nombreuses tentatives faites en vue d'exécuter mécaniquement des opérations arithmétiques.

C'est le XVII[e] siècle, si fécond en grandes découvertes mathématiques, qui a vu naître, dans cette voie, les deux plus belles inventions, absolument indépendantes, d'ailleurs.

La première en date est celle de Neper, qui créa, en 1614, son *Mirificus logarithmorum canon*. Cette table, véritablement merveilleuse, « a comme centuplé la vie scien-« tifique des Képler, Halley, Bradley, Mayer, Lacaille, « Piazzi, Delambre, a étendu celle de Laplace, celle de « Newton même, et continue indéfiniment un pareil pro-« dige pour ceux dont le zèle, si ce n'est le génie, s'ap-« plique, après ces grands hommes, à l'étude mathéma-« tique des phénomènes naturels[1] ».

---

1. BIOT, *Journal des savants*, 1835.

La seconde est celle de Pascal, qui créa, en 1642, sa machine arithmétique. Malheureusement, l'art de la construction mécanique, encore dans l'enfance, ne lui permit pas de réaliser un appareil réellement utile. Leibnitz ne fut pas plus heureux ; il était réservé au XIX[e] siècle de résoudre pratiquement ce problème.

L'arithmomètre Thomas (de Colmar), inventé en 1821, a été l'objet de perfectionnements successifs qui l'ont amené à sa forme actuelle[1]. De nombreux inventeurs ont attaqué la question de manières différentes. Nous citerons entre autres la machine de Maurel et Jayet[2], celle de Roth[3], celle de Selling[4], celle de Tchébichev[5], celle de L. Bollée[6]. Ce n'est pas ici le lieu de décrire ces divers appareils, sur lesquels on trouvera des détails dans les recueils indiqués ci-dessous, non plus que les machines opérant par différences (Babbage, Scheutz). Nous nous proposons seulement de faire connaître une machine récemment proposée qui nous paraît, à divers égards, mériter une attention particulière.

Cette machine, inventée par M. Odhner en Allemagne et brevetée en France, à la date du 25 octobre 1892, sous le n° 225 162[7], peut être considérée comme un arithmomètre Thomas dans lequel tous les mouvements s'effectuent autour d'axes parallèles. La suppression de nombreux engrenages d'angle a pour effet de réduire très notablement le nombre des organes, de sorte que la machine y gagne sous le double rapport de la simplicité et de la solidité. Elle est connue en Allemagne sous le nom de

1. *Bulletin de la Société d'encouragement*, août 1879.
2. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, février 1849.
3. *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1849.
4. *Mitth. ü. G. d. A.- u. Genie-Wesens*, 1890, p. 60.
5. D'Ocagne, *Ann. du Cons. des arts et métiers*, V.
6. *Bull. de la Soc. d'enc.*, sept. 1895 ; *Ann. de la Soc, des sc.*, 11 nov. 1889, et notice spéciale de l'inventeur. Le Mans, 1893.
7. La description annexée au brevet se trouve dans le tome 83 (2[e] partie) de la Description des brevets d'invention, mais elle est remplie de germanismes et difficilement intelligible.

« Brunsviga » ; et en France, sous le nom « la Rapide [1] » ou « la Dactyle [2] ».

On consultera avec fruit, sur plusieurs de ces machines, l'intéressant ouvrage de M. d'Ocagne : *le Calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques* (Paris, 1894, chez Gauthier-Villars), dont nous avons rendu compte dans ce recueil.

## Principe.

Soient 2 roues disposées de manière à engrener ensemble, savoir : M, que nous appellerons roue multiplicande et sur la circonférence de laquelle on peut faire saillir à volonté $n$ dents, $n$ variant de 0 à 9 ; et C, à laquelle nous pourrons donner le nom de *roue-compteur*, et qui porte 10 dents fixes.

Il est clair qu'à chaque tour de la roue M la roue C avancera de $n$ dents ; et que, pour $m$ tours de M, la roue C avancera d'un nombre de dents représenté par $mn$, c'est-à-dire par le produit du nombre des dents en saillie sur la roue multiplicande par le nombre des tours de cette même roue M.

Si $mn$ était inférieur à 10, il n'y aurait qu'à numéroter les dents de la roue C et à lire les numéros correspondant à un repère fixe. Mais, dès que $mn$ dépasse cette limite, il est nécessaire de compter les tours entiers de la roue C, qui représentent les dizaines du produit. Cette opération se fait à l'aide d'un dispositif dont le principe est bien connu, et qui consiste à disposer, sur la roue C, ou sur une roue qui lui est liée, un doigt faisant, à chaque tour, avancer d'une dent une autre roue qui compte ainsi les dizaines.

## Description et fonctionnement.

*Roues multiplicandes.* — Ceci posé, passons à la description détaillée de la machine qui nous occupe (fig. 1, 2, 3, 4).

1. MM. Deschê, Paris, rue de Turenne.
2. M. Rochefort, 46, boulevard Haussmann.

Une manivelle communique, au moyen de deux roues dentées d'égal diamètre, le mouvement de rotation à un arbre sur lequel sont calées des roues multiplicandes en nombre égal à celui des chiffres du plus grand facteur ou diviseur sur lequel on doit opérer.

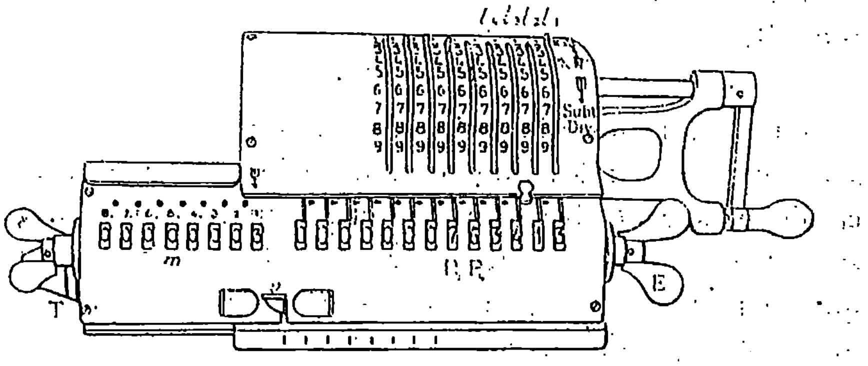


Fig. 1. — Ensemble de la machine.

Chacune de ces roues M porte 9 entailles rayonnantes dans lesquelles coulissent autant de dents à section carrée. Chaque dent porte une saillie latérale qui traverse une rainure à jour pratiquée au travers d'une plaque et se

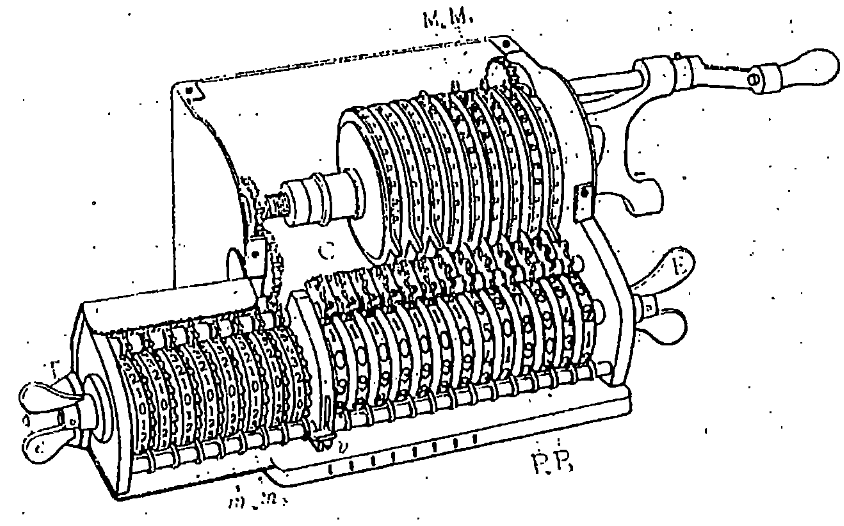


Fig. 2. — Vue, les couvercles enlevés.

manœuvrant au moyen d'un levier *l*. Cette rainure est formée de deux arcs de cercle concentriques, mais de rayons inégaux, de manière que, selon l'angle dont on fait tourner la plaque, le nombre des dents en saillie est plus ou moins grand (fig. 3). Ce nombre se lit d'ailleurs sur le couvercle de l'appareil, en regard de la queue $l$ du levier.

*Produits*. — Sur un chariot, en face de ces roues M, se trouvent les roues compteurs C, qui portent chacune 9 dents et sont toutes montées sur un arbre commun sur lequel elles sont folles. Chacune d'elles peut ainsi obéir librement à l'action des dents de la roue multiplicande. Enfin, et en deçà des roues C, par rapport à l'opérateur, se trouvent, folles elles aussi sur un arbre, des roues-pro-

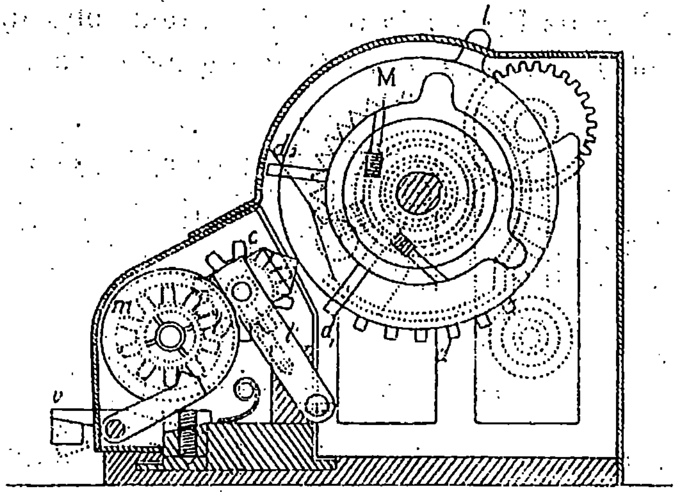


Fig. 3. — Coupe transversale.

duits P, portant également 10 dents, qui engrènent avec les roues-compteurs C. A ces roues sont fixés invariablement des disques portant sur leur circonférence les chiffres de 0 à 9, qui viennent passer successivement en regard de fenêtres pratiquées à travers l'enveloppe du chariot : c'est la suite de ces chiffres qui figure le produit.

*Retenues*. — Sur chaque roue-produit $P_i$ et par côté est fixé un ergot qui, lorsque le 0 va passer en face de sa fenêtre, soulève un levier $t_i$ (fig. 3 et 4). Dans ce mouvement, un double plan incliné vient en contact avec la circonférence de la roue multiplicande $M_{i+1}$ située à gauche, c'est-à-dire représentant l'ordre décimal immédiatement supérieur $i + 1$.

Cette roue $M_{i+1}$, comme d'ailleurs toutes les autres roues multiplicandes, porte une dent $d_{2)\,i+1}$ qui est constamment en saillie, mais se trouve normalement rejetée par un ressort intérieur vers le côté droit, de sorte qu'elle passe habituellement à côté de la roue-compteur $C_{i+1}$.

Lorsqu'au contraire le levier $t_i$ est relevé (comme $t_4$, $t_6$ et $t_8$ dans la figure 3), cette dent, rencontrant le plan incliné dont nous venons de parler, est rejetée par le plan incliné un peu à gauche, dans le plan des autres dents; elle fait par conséquent avancer d'une dent la roue $C_{i+1}$ et, aussi, la roue $P_{i+1}$ : la retenue est donc effectuée. Au moment où l'arbre des roues multiplicandes va terminer

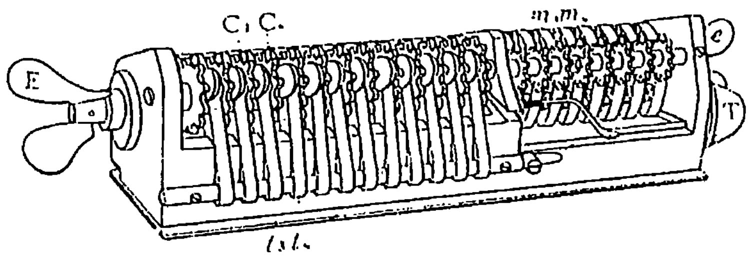


Fig. 4. — Chariot vu de derrière.

sa révolution, une saillie abaisse le levier $t_i$ dont le bec sort de la gorge où il s'était enfoncé tout à l'heure, et la dent peut désormais circuler librement jusqu'à ce qu'un nouveau passage du zéro de la roue $P_i$ détermine une nouvelle retenue, et ainsi de suite.

Il convient de remarquer que les dents glissantes des roues multiplicandes n'occupent qu'une moitié environ de la circonférence de la roue multiplicande, de sorte que la multiplication s'effectue pendant la première demi-révolution, et les retenues pendant la seconde.

*Multiplicateur.* — Nous avons dit que les chiffres du multiplicateur se traduisaient par le nombre des tours de manivelle : toutefois, on s'est réservé un moyen de contrôle en enregistrant ces tours sur des roues $m$ situées à gauche de celles du produit, et qui sont actionnées d'une manière analogue, mais portent 19 dents et, sur leur circonférence, les chiffres dans l'ordre suivant :

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

De cette manière, si l'on part du zéro et que l'on fasse tourner dans un sens ou dans l'autre la manivelle, les roues $m$ du multiplicateur tourneront elles aussi en avant ou en arrière, mais enregistreront toujours le nombre des tours, supposé inférieur à 10.

Ajoutons enfin que deux clefs E, $e$, d'une forme analogue à celle des écrous à oreilles, permettent, par un mécanisme facile à imaginer, de ramener au zéro tous les disques P et $m$.

## Emploi.

Passons maintenant à l'emploi de la machine.

*Addition.* — $a$) Soit à former le nombre 254471. Nous amenons les 6 leviers $l$ respectivement sur les chiffres 2, 5, 4, 4, 7, 1, tous les autres restant sur 0, et nous faisons un tour de manivelle. Si les roues P étaient préalablement au 0, elles reproduiront, ainsi qu'il a été expliqué, le nombre 254471.

$b$) Si, au contraire, elles indiquaient déjà un autre nombre, 1 037 841 par exemple, on lira, après le tour de manivelle, le nombre 1 292 312, somme des deux nombres précédents.

$c$) Pour ajouter un 3e nombre, 45 837 par exemple, on amènera les leviers $l$ sur les chiffres de ce 3e nombre, on ramènera tous les autres sur 0, et on donnera un tour de manivelle. Et ainsi de suite.

*Soustraction.* — Supposons qu'au lieu d'ajouter 45 387 à 1 292 312, il faille l'en retrancher. Les choses étant disposées comme en $c$), on tournera la manivelle dans le sens de la flèche renversée. Le tour achevé, on lira la différence cherchée : 1 037 841. Il convient de faire remarquer que le mouvement étant inverse, la retenue est effectuée non plus par la dent $d_1$ comme dans l'addition, mais par la dent $d_2$. De même pour le cas de la division.

*Multiplication.* — La multiplication, n'étant qu'une addition répétée, peut s'effectuer de la manière qui vient d'être dite.

Soit à multiplier 254 471 par 3. Les roues P étant ramenées au 0, on forme le multiplicande 254 471 et on donne 1 tour de manivelle, puis 2, ce qui fait apparaître le produit 508 942 (fig. 2), puis un 3e qui donne le produit 763 313 (fig. 1).

On pourrait opérer ainsi jusqu'à 9, et même au delà. Mais, à partir de 10, une simplification naturelle s'impose. Au lieu de faire 10 tours de manivelle, il est plus simple de déplacer d'un cran vers la droite le chariot TE, que l'on rend mobile en pressant sur le levier *v*. Cela fait, la roue des unités du produit ($P_1$) cesse d'engrener et reste au 0; la roue $P_2$ engrène avec $M_1$, $P_3$ avec $M_2$, etc.; par conséquent, après un tour de manivelle, le nombre représenté par le multiplicande sera venu s'inscrire sur les roues des produits, mais avec un zéro à sa droite : il indiquera donc le produit par 10.

S'il avait fallu multiplier par 1 000, pour aurions déplacé le chariot de 3 crans vers la droite, et le produit se fût formé, suivi de 3 zéros.

Supposons maintenant qu'il faille multiplier 254 471 par 3 028. Le multiplicande formé et le chariot poussé vers la gauche, nous donnons 8 tours de manivelle ; nous déplaçons le chariot au 2e cran vers la droite, nous donnons 2 tours; enfin nous déplaçons le chariot au 4e cran et nous donnons 3 tours.

Lorsqu'en répétant cette opération avec un multiplicateur d'un grand nombre de chiffres, le produit devient supérieur au nombre maximum que la machine peut inscrire (par exemple dépasse 13 chiffres dans le modèle représenté), la roue-produit de gauche passe de 9 à 0. Dans ce mouvement elle déclanche un marteau qui frappe un timbre T disposé à gauche de la machine et attire l'attention de l'opérateur (fig 4).

*Division.* — La division s'effectue comme une soustraction répétée.

Le dividende 763 413 étant inscrit sur les roues produits (fig. 1) et le diviseur 254 471 étant formé sur les roues multiplicandes, nous tournons la manivelle dans le sens rétrograde. Après un tour, le dividende se trouve diminué de une fois le diviseur 254 471, et ramené à 508 942 (fig. 2) ; après 2 tours il est réduit à 254 471, après 3 tours il est ramené à 0, ce qui indique que, dans le cas actuel, le quotient est 3 sans reste. Ce quotient s'enregistre sur les roues $m$ préalablement ramenées à 0.

Si le dividende avait été 872 427, le 3e tour de manivelle eût fait apparaître le nombre 109 014 qui, étant inférieur au multiplicande, eût constitué le reste de la division et indiqué l'impossibilité d'aller plus loin. Supposons cependant que l'opérateur continue à tourner : il arrivera un moment où les roues P n'indiqueront que des zéros, mais, le mouvement de rotation continuant et ces retenues se portant successivement de la droite à la gauche, les roues vont passer successivement de 0 à 9 et le timbre signalera cette particularité. On achèvera le tour rétrograde de la manivelle, ce qui donnera... 999 854 543, les 9 se prolongeant à gauche jusqu'aux limites de la machine, puis on fera un tour dans le sens direct, et l'on retrouvera le reste 109 014 qui est celui de la division correcte ; pendant que la roue $m$, qui avait marqué 4, retournera au quotient 3.

Si, au lieu d'inscrire comme tout à l'heure le dividende sur les roues-produits 1 à 6, nous l'eussions formé sur les roues-produits 3 à 9, et il eût été suivi de 3 zéros, qui l'eussent transformé en 872 327 000. La division donne alors, au lieu du reste 109 014, le reste 109 014 000, et le quotient 3 se forme sur la roue $m_4$ des mille, laquelle engrène avec la roue de l'arbre de la manivelle. En déplaçant le chariot de un cran vers la gauche, on effectue la division de 1 090 140 par le diviseur, ce qui donne sur la roue des centaines le quotient 4 et, sur les roues P, le reste 7 225 600, et ainsi de suite. Le même procédé est évidemment applicable à la partie décimale, à condition de transformer les nombres fractionnaires en nombres entiers. Une fiche rappelle la place de la virgule.

Tels sont, un peu longuement exposés en apparence, mais peut-être encore trop brièvement, le mécanisme et l'usage de l'arithmomètre perfectionné. Il ne manque pas de circonstances dans lesquelles les officiers et adjoints du génie trouveront avantageux l'emploi de cet instrument, dont l'usage est indiqué toutes les fois qu'il est nécessaire d'obtenir des résultats exacts, ce qui est le cas des calculs de la comptabilité-matières et surtout de la comptabilité-finances.

Au service central des chemins de fer de l'Est (Matériel et traction), onze de ces machines étaient en usage en avril 1896. M. l'ingénieur Salomon estime[1] qu'elles réduisaient des trois quarts le temps nécessaire aux opérations de calcul, et qu'elles permettaient d'économiser 4 comptables, soit 8000 fr., pour une dépense de premier établissement de 3 500 fr. environ.

1. *Revue générale des chemins de fer*, avril 1896.

L. Bertrand,
*Chef de bataillon du génie.*