

Quelle: Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.
Sept. 1895, S. 977 – 996 sowie identisch Sept./Okt. 1920, S. 723 – 739

BULLETIN DE SEPTEMBRE 1895 (P. 977 A 996).

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT fait par M. le GÉNÉRAL SEBERT, au nom du Comité des Arts économiques, sur les
machines à calculer de M. LÉON BOLLÉE, du Mans.

M. Léon Bollée, du Mans, a présenté à la Société d'Encouragement une grande machine à calculer d'un nouveau type, destinée à faire automatiquement et mécaniquement les opérations arithmétiques les plus compliquées, et une série de petits appareils à calculer dérivant, pour la plupart, d'appareils déjà connus, mais auxquels il a su apporter des perfectionnements importants.

Il lui a fait connaître, en outre, une série d'applications de ces divers appareils, qu'il a réalisées, et qui représentent un caractère pratique et spécialement intéressant pour certaines industries.

Nous examinerons successivement ces différentes présentations, en commençant par les petits appareils à calcul.

Nous n'entrerons pas, dans le rapport même, dans la description de ces appareils, mais nous nous contenterons d'en signaler le principe et l'usage, en renvoyant, pour plus de détails, à la description qui en sera donnée en annexe.

1^o Le premier de ces appareils, que M. Bollée nomme *Tableau multiplicateur-diviseur*, est constitué par une sorte de tableau métallique formé de deux plans de réglottes croisées à angle droit et mobiles dans le sens de leur longueur.

C'est une application du principe des bâtons de Neper, et le tableau est disposé de telle sorte qu'en déplaçant respectivement les réglottes supérieures et inférieures de façon à leur faire inscrire deux nombres donnés, on obtient facilement, à l'aide des chiffres lus dans les fenêtres que portent les premières réglottes, les chiffres successifs du produit des deux nombres.

Ce tableau rend donc faciles les multiplications, et, pour les divisions et les extractions de racines, il peut donner également les produits partiels qui interviennent dans les calculs.

Il est de construction simple et économique, et constitue une nouvelle et ingénieuse solution d'un problème qui a exercé déjà bien des chercheurs (1).

2^o Le second appareil présenté par M. Léon Bollée est un *petit appareil multiplicateur* se présentant sous une forme plus compacte, et dans lequel l'application d'une ingénieuse remarque permet de relever rapidement les chiffres dont l'addition donne immédiatement la succession des chiffres du produit de deux nombres.

L'un de ces nombres s'inscrit en tournant à la main des cylindres qui portent chacun, sur leur circonférence, la série des nombres des bâtons de Neper, l'autre s'inscrit en marquant simplement, le long des fenêtres d'un petit châssis mobile au-dessus de ces cylindres, des traits au crayon en regard des lignes correspondantes des tableaux de Neper, mais en renversant l'ordre habituel des unités, c'est-à-dire en mettant à gauche les unités simples.

Cette simple précaution suffit pour que les chiffres des cylindres qui sont visibles en regard des mêmes traits, quand on fait coulisser le châssis mobile, donnent, par leur addition, les unités successives du produit.

On obtient ainsi très facilement ces unités avec un peu d'habitude, et cette petite machine, très peu coûteuse grâce à son mode de construction simplifié au possible, peut être un adjuvant utile pour des calculs courants.

Une machine de ce genre comportant 6 cylindres, et pouvant par suite donner des produits de 13 chiffres, ne mesure que 0,15 m sur 0,05 m et peut se construire pour une somme modique.

3^o Le troisième appareil présenté par M. Léon Bollée a plus d'importance que les précédents, et nous paraît appelé à avoir de plus nombreuses applications, car cet appareil exécute déjà mécaniquement en partie les calculs, et pourra être souvent utilisé par les personnes qui voudront réduire le travail intellectuel qu'exigent les calculs ordinaires, sans faire l'acquisition coûteuse d'un arithmomètre ou d'une grande machine à calculer.

Cet appareil est constitué par la réunion de deux parties principales : l'une destinée à opérer les additions et soustractions, et l'autre, dont l'emploi se combine avec celui de la première quand il s'agit d'effectuer les multiplications et les divisions.

La première partie forme une sorte de tableau métallique percé de lumières allongées et d'ouvertures rondes en dessous desquelles coulisser des réglottes additives et sous-

(1) Voir à ce sujet, notamment, les *Tables de Napier* publiées par Joseph Blater (Gauthier-Villars) et *Le calcul et les machines à calculer*, par Ed. Lucas. (*Revue Scientifique*, 18 octobre 1884.)

tractives disposées de façon à donner, par de simples mouvements de déplacement des réglettes, les résultats de l'addition ou de la soustraction d'unités successives, avec report des retenues, quand il y a lieu, d'une réglette à la suivante.

Ces résultats apparaissent dans les ouvertures rondes de l'appareil, et les déplacements des réglettes s'opèrent à l'aide d'un poinçon que l'on introduit dans les trous que porte leur partie supérieure, et qui se présentent en regard des chiffres gravés le long des lumières allongées.

Deux règles de manœuvre placées à la partie inférieure permettent de remettre rapidement toutes les réglettes au zéro.

Cette partie de l'appareil est seule mise en usage quand il s'agit d'additions ou de soustractions. Elle pourrait, à la rigueur, servir également à l'exécution des multiplications ou des divisions, en lui demandant la succession des additions ou soustractions élémentaires auxquelles peuvent se ramener ces opérations (1).

M. Léon Bollée a réalisé un grand perfectionnement par l'addition de la seconde partie de l'appareil, qui est constituée par un châssis mobile portant des séries de réglettes que l'on peut amener en regard des précédentes, et qui donne l'indication immédiate des produits partiels qui entrent dans les opérations, en évitant d'avoir à former ces produits par additions successives.

Ce châssis porte six groupes composés chacun de neuf réglettes, en forme de feuillets superposés en paquets et montées à charnière de façon à pouvoir se relever individuellement. Ces réglettes sont numérotées de 1 à 9, et portent, en regard des divisions des fenêtres, des chiffres qui indiquent les déplacements à opérer pour chaque chiffre multiplicateur employé.

Après avoir fait marquer aux réglettes du châssis le multiplicande, on obtient le produit de ce nombre par les unités du multiplicateur en effectuant simplement le déplacements des réglettes indiquées sur chaque feuillet par le chiffre de ces unités. On obtient de même le produit par le nombre formé des deux premiers chiffres du multiplicateur en déplaçant le châssis d'un cran vers la gauche, et opérant pour le chiffre des dizaines comme on a fait pour celui des unités. On opérera de la même façon pour le chiffre des centaines, etc., en transportant successivement le châssis vers la gauche.

L'appareil construit par M. Léon Bollée, dont le châssis porte 6 paquets de réglettes, peut donner des produits de quatorze chiffres, et se prêter à toutes les combinaisons arithmétiques que permettent les machines à calculer. Il est portatif et peu encombrant, de construction solide et soignée et d'un usage commode.

Il abrège considérablement les calculs, en supprimant tout travail intellectuel.

Il peut être surtout utile aux personnes calculant difficilement ou ayant beaucoup de petites opérations à faire, et qui ne veulent pas ou ne peuvent pas avoir recours à la grande machine à calculer.

4° Mais c'est surtout la *grande machine à calculer* construite par M. Léon Bollée qui mérite d'appeler l'attention.

C'est en 1888 que M. Léon Bollée fut amené à s'occuper de la création d'une machine de ce genre.

Il avait à calculer, pour l'établissement industriel de son père, des tables numériques très étendues, et avait ainsi été amené à l'idée de construire une machine pouvant effectuer rapidement les opérations de l'arithmétique.

Il ignorait d'ailleurs complètement les travaux déjà faits dans cette voie, de sorte qu'il

(1) Ainsi limité, l'appareil présenterait quelques analogies avec certains appareils antérieurement imaginés, notamment avec l'arithmographe Dubois, présenté à l'Académie des Sciences par M. Perret, le 7 octobre 1867, mais l'addition des organes qui suivent, et qui dérivent des mêmes principes que ceux qui constituent la partie essentielle de la grande machine à calculer de M. Bollée, les en différencie complètement.

aborda la question en dehors de toute influence, et c'est pour ce motif, sans doute, qu'il l'a traitée d'une façon entièrement neuve.

Les machines à calculer déjà réalisées étaient des machines établies tout d'abord en vue d'effectuer les additions et les soustractions, et pourvues d'organes complémentaires pour faciliter l'exécution des opérations élémentaires du même genre auxquelles peuvent se ramener les opérations d'ordre plus élevé : multiplications, divisions ou extractions de racines.

La machine de M. Bollée a été conçue, au contraire, surtout en vue de l'exécution rapide et directe des multiplications, et elle ne fournit les résultats des additions que comme cas particuliers de la multiplication.

Tandis que les meilleures machines connues, et notamment l'arithmomètre Thomas, exigent, pour la formation de chaque produit partiel, autant de tours d'une manivelle qu'il y a d'unités dans le chiffre multiplicateur, la machine Bollée donne en un seul tour de manivelle chacun de ces produits partiels, et elle opère, en outre, automatiquement les déplacements successifs correspondant aux variations d'unités qui doivent se faire à la main dans les autres machines.

La caractéristique essentielle et entièrement nouvelle de cette machine repose sur l'emploi de *barèmes matérialisés*, c'est-à-dire d'organes en forme de plaques établis en autant d'exemplaires qu'il peut y avoir de chiffres dans les nombres sur lesquels on veut opérer, et qui reproduisent matériellement, à l'aide de chevilles en saillié, la table de Pythagore, c'est-à-dire la succession des multiples des 9 premiers nombres par eux-mêmes.

Ces multiples sont groupés sur ces plaques calculatrices en rangées disposées de telle sorte qu'en faisant glisser une plaque quelconque de façon à l'amener en regard d'un numéro représentant un chiffre donné du multiplicande, le barème correspondant à ce chiffre, c'est-à-dire la série des multiples de ce chiffre, vient se placer au-dessous des organes de la machine destinés à l'enregistrement du résultat.

Ces organes eux-mêmes, par un déplacement commandé par une manette à l'aide de laquelle on vient marquer les chiffres successifs du multiplicateur, viennent se placer au-dessous du multiple correspondant spécialement au chiffre indiqué par cette manette, et, dans cette position, un tour imprimé à une manivelle motrice vient successivement relever le produit élémentaire ainsi repéré et l'additionner au résultat partiel déjà inscrit, en effectuant, s'il y a lieu, le report des retenues, et en inscrivant en même temps le multiplicateur déjà employé. La machine produit en même temps les déplacements voulus pour l'enregistrement, à leur place respective, des différents ordres d'unités et pour la mise en place de la virgule.

S'il s'agit de division au lieu de multiplication, une simple inversion dans la marche transforme en opérations soustractives les opérations additives élémentaires, et l'on obtient, à chaque tour de la manivelle motrice, le reste provenant de la soustraction du produit du diviseur par le chiffre du quotient qu'indique la manette, chiffre qu'une table auxiliaire permet de déterminer sans tâtonnements.

La machine Bollée présente cette particularité : que les opérations successives qu'elle doit produire et enregistrer pour chaque tour de manivelle se produisent successivement les unes après les autres, en suivant toujours le même ordre régulier et méthodique, de façon à éviter toute dureté de manœuvre et toute cause de dérangement; aussi, malgré la multiplicité des pièces qui entrent dans cette machine, et qui sont au nombre de plus de 3 000, le fonctionnement est doux et régulier.

La première machine de ce genre a été conçue et construite par M. Léon Bollée dans l'espace de 3 mois, de février à avril 1888. L'auteur avait alors à peine 18 ans. Cette première machine, qui existe encore, ne donnait que les produits de nombre de 3 chiffres; elle présentait quelques dispositions défectueuses par suite de l'absence d'un outillage convenable pour sa construction; mais, déjà, elle réalisait les conceptions de l'inventeur.

Les barèmes matérialisés y étaient réalisés sous forme de cylindres avec cannelures en creux et reliefs, les organes d'enregistrement étaient disposés horizontalement.

M. Bollée, après avoir étudié les autres petits appareils qui ont été décrits plus haut, reprenait, au commencement de 1889, sur de nouvelles bases, la construction de sa grande machine, et établissait le type de machine de 20 chiffres qui a figuré à l'Exposition Universelle. — Cette machine, qui lui a valu la médaille d'or, a été achetée par l'État pour le Conservatoire des Arts et Métiers.

Des perfectionnements nouveaux ont été réalisés depuis cette époque dans les nouvelles machines qu'il a construites, et constituent le type dit modèle 1892, qui a figuré déjà à l'Exposition de Tours en 1892, et qui est présenté actuellement à la Société.

Cette machine, comme la précédente, permet d'obtenir des résultats de 20 chiffres et, par conséquent, elle donne le moyen de faire les opérations les plus compliquées que l'on puisse rencontrer dans la pratique.

Dans ce nouveau modèle, le manipulateur et les poignées de remise à zéro ont été rendus d'une manipulation plus facile.

Les rebondissements qui tendaient à se produire dans le fonctionnement des organes de retenue, et que l'on empêchait précédemment à l'aide de freins donnant des duretés de manœuvre, ont été combattus, sans aucune addition d'organes spéciaux, par un ingénieux artifice mettant en jeu le principe même de l'inertie qui les produisait.

Un système général d'embrayage, qui arrête la machine quand les résultats qu'elle doit inscrire passent par zéro, fait que la machine refuse absolument de faire un calcul impossible ou faux.

Il rend également impossible toute fausse manœuvre, en ne permettant de procéder que méthodiquement, tout en laissant entière latitude pour effectuer tous les calculs qui ne sont pas contraires à la théorie.

Une disposition nouvelle spéciale permet enfin de réaliser l'extraction automatique des racines carrées sans le concours intellectuel de l'opérateur, problème qui, jusqu'en ces derniers temps, avait été considéré comme insoluble.

Ainsi constituée, la machine présente la plus grande commodité pour l'exécution rapide des calculs les plus compliqués. Elle possède l'avantage considérable de permettre de commencer les calculs de multiplication par un chiffre quelconque du multiplicateur et d'inscrire le multiplicande dans une position quelconque sur la machine, ce qui donne de singulières facilités pour l'exécution de calculs successifs.

Bien que la machine ait été spécialement conçue en vue des opérations de multiplication, elle exécute au moins aussi facilement que les autres machines arithmétiques les opérations d'addition et de soustraction, pour lesquelles il suffit de laisser simplement sur le chiffre 1 la manette du cadran multiplicateur pendant que l'on manœuvre la manivelle motrice.

On voit, par ces détails, quelle est l'importance de l'œuvre déjà accomplie par M. Léon Bollée qui, depuis l'époque où, à peine âgé de dix-huit ans, il réalisait le premier type de sa grande machine à calculer, a pu, en deux étapes rapides, amener cette machine extraordinaire au degré de perfectionnement où elle est aujourd'hui.

Si cette machine, bien que connue depuis plusieurs années déjà, n'est pas plus répandue, c'est que M. Léon Bollée, ne possédant pas l'outillage perfectionné pour construire rapidement et avec toute la précision nécessaire un grand nombre de machines semblables, n'en a, jusqu'à ce jour, construit qu'un petit nombre, qu'il a exécutées lui-même, avec un outillage destiné à un tout autre emploi, et qu'il a laborieusement transformé suivant ses besoins.

Mais il est aujourd'hui pourvu d'un atelier spécialement outillé pour ce genre de construction, et il se trouvera par suite, avant peu de temps, en mesure de livrer à un prix plus abordable des machines semblables à celle qu'il présente aujourd'hui à la Société.

Cet atelier lui a permis déjà d'organiser la fabrication courante de la petite machine à calculer, du genre arithmographe, que nous avons décrite plus haut, et dont les pièces principales sont obtenues par le découpage à l'emporte-pièce.

Ces dernières machines peuvent être, par suite, livrées à un prix assez bas pour qu'elles soient appelées sans doute à se répandre et à prendre, au-dessous des véritables machines de calcul automatiques, une place que n'ont pu encore conquérir les différents et nombreux modèles déjà imaginés par tant d'autres inventeurs.

M. Léon Bollée a pu aussi, grâce à cet atelier, entreprendre la construction de différentes machines auxquelles nous avons fait allusion au début de ce rapport.

En appliquant les dispositions mêmes de sa grande machine à calculer, et en modifiant simplement les barèmes matérialisés que portent les plaques calculatrices de cette machine, il a pu établir une machine destinée spécialement aux calculs d'intérêt, dans laquelle on n'a qu'à inscrire à la façon d'un multiplicande le nombre de jours et le taux de l'intérêt et à la façon d'un multiplicateur les sommes placées pour obtenir les intérêts produits. On comprend que ce résultat sera obtenu en remplaçant les barèmes en relief qui représentaient la table de Pythagore par d'autres portant en relief les produits des neuf premiers nombres par les coefficients représentant la valeur de un franc à un taux déterminé pendant un temps donné. Cette machine présentera une utilité particulière pour les maisons de banque.

Il a réalisé pour son usage personnel, en vue du calcul des dimensions des cloches, une machine analogue, dans laquelle les reliefs des barèmes représentent les produits du nombre deux et de ses sous-multiples par des nombres représentant des diamètres.

Il a étudié des machines spéciales analogues, destinées à donner, pour de grands magasins, les comptes faits pour des ventes d'objets de prix courants tel que : 0 fr. 45, 0 fr. 65, 0 fr. 95, 1 fr. 95, etc., et d'autres machines du même genre, destinées à des compagnies de chemins de fer, et donnant les prix des billets suivant la distance, etc.

Dans un genre un peu différent, il a créé enfin, pour les chemins de fer, des machines destinées à distribuer et à dater les billets, à enregistrer le nombre des voyageurs par destination, et enfin à classer et à totaliser en bloc les recettes provenant des différents billets délivrés, de façon à réduire ainsi le contrôle financier à la simple lecture d'un cadran.

Il a également créé, dans le même genre, un type de machine pour le contrôle de la caisse dans les grands magasins. — Ces machines, qui impriment et totalisent en même temps, délivrent un ticket-reçu à l'acheteur, enregistrent chacune des ventes sur une feuille documentaire, et font le total de ces ventes.

Nous réservant de revenir ultérieurement sur ces dernières machines, nous avons l'honneur de proposer aujourd'hui à la Société, au nom du Comité des Arts économiques, de remercier M. Léon Bollée de son intéressante communication, et de publier le présent rapport au *Bulletin*, avec la description, qui y serait annexée, de ses différents types de machines à calculer d'un usage général, en joignant à cette description les dessins nécessaires pour faire comprendre le fonctionnement de ces machines.

Signé : Général SEBERT, rapporteur.

Approuvé en séance, le 11 mai 1894.

NOTICE SUR LES MACHINES A CALCULER, DE M. LÉON BOLLÉE

1^o TABLEAUX MULTIPLICATEURS-DIVISEURS.

Les réglettes du dessous, $A_1 A_2 A_3 \dots$, dont une portion est représentée en fig. 1, portent à droite huit tableaux des unités des produits de la table de multiplication ordinaire, et, à gauche, huit tableaux des retenues de ces mêmes produits.

Les réglettes du dessus, $B_1 B_2 B_3 \dots$, portent deux rangées de trous qui sont disposés

de telle façon que, lorsque toutes les réglottes, $A_1, A_2, A_3 \dots$ sont glissées de 6 divisions par exemple et celles $B_1, B_2, B_3 \dots$ de 4 divisions, on aperçoit, dans la rangée supérieure des trous de chaque réglotte, des 2 provenant de la retenue du produit $6 \times 4 = 24$, et, dans la rangée inférieure, des 4 provenant des unités du même produit.

Dans ces conditions, on comprend que, pour multiplier 2 nombres l'un par l'autre, il suffit de glisser les réglottes, $A_1, A_2, A_3 \dots$ de façon à former un des nombres et les réglottes $B_1, B_2, B_3 \dots$ de façon à former l'autre nombre, puis d'additionner en diagonale, entre les bandes, $m, n, \dots$, tous les chiffres visibles.

Le total de chaque diagonale donne chacun des chiffres du produit. Sur la figure, une partie des réglottes est représentée dans la position voulue pour multiplier 37×48 . Le produit : 1776, est instantanément déterminé par le total de 4 diagonales.

Pour les divisions et les racines carrées, les réglottes donnent rapidement soit le produit du diviseur par chacun des chiffres du quotient, soit le double produit de la racine déjà trouvée par le nouveau chiffre, plus le carré de ce dernier chiffre.

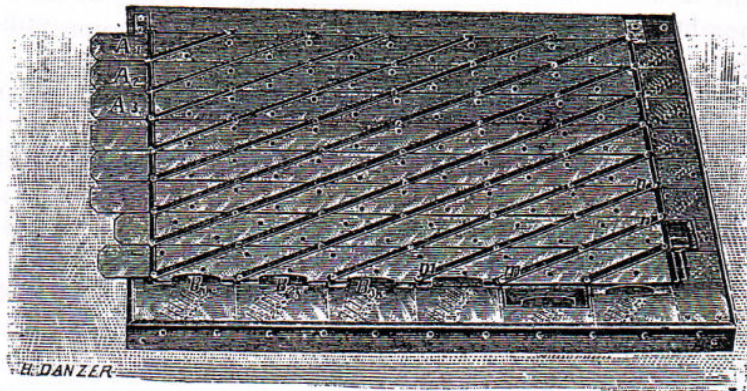


Fig. 1. — Tableau multiplicateur-diviseur.

Les chiffres du quotient sont déterminés au moyen d'un petit abaque, sur lequel on isole avec une petite cache le rectangle correspondant au nombre formé par les 2 premiers chiffres du diviseur. Ce rectangle renferme les produits de ce nombre par 1, 2, 3, 4, 5 ... 9, de sorte que, pour déterminer chacun des chiffres du quotient, il suffit de regarder quel est le plus grand produit pouvant être retranché du dividende ou du reste.

Pour les racines carrées, on emploie une table des carrés des 100 premiers nombres pour déterminer les 2 premiers chiffres de la racine, et, pour les suivants, on se sert d'un abaque analogue à celui de la division, mais qui renferme les doubles produits des 2 premiers chiffres de la racine par 1, 2, 3 ... 9.

Dans le dernier modèle du tableau, les réglottes m, n peuvent être placées très rapidement aux nombres voulus au moyen d'une manivelle, et remises à zéro en tirant deux boutons.

Ces tableaux multiplicateurs-diviseurs, qui peuvent être construits à très bon marché, permettent de tripler la vitesse du calcul ordinaire pour les divisions et les racines, et de la quintupler pour les multiplications; de plus, ils n'exigent qu'une attention peu pénible, puisqu'ils ramènent les multiplications à l'addition et les divisions ou racines à la soustraction.

PETIT APPAREIL MULTIPLICATEUR.

Le petit appareil multiplicateur représenté en fig. 2, se compose d'une petite boîte rectangulaire dont la face supérieure, percée de fenêtres allongées, laisse voir 1/10 du

développement des 6 cylindres portant sur leur pourtour les produits des neuf premiers nombres par 1, 2, 3 ... 7, 8, 9, qui figurent gravés sur le bord des fenêtres allongées en face des produits correspondants.

Le multiplicande : 325, par exemple, étant posé en tournant convenablement les trois premiers cylindres de droite à 3, 2 et 5, on indique le multiplicateur : 632, par exemple, sur le petit châssis mobile en traçant sur la première plaque d'ivoire à gauche, un trait de crayon en face de la 2^e division gravée sur le bord des fenêtres allongées, sur la 2^e plaque, un trait en face de la 3^e division, et, sur la 3^e plaque, un trait en face de la 6^e division. Ceci fait, on glisse le châssis mobile à droite de la première fenêtre allongée, et on obtient le produit général, 205 400, en six additions effectuées en glissant à chaque fois le châssis d'une fenêtre vers la gauche. Chacune de ces additions étant composée

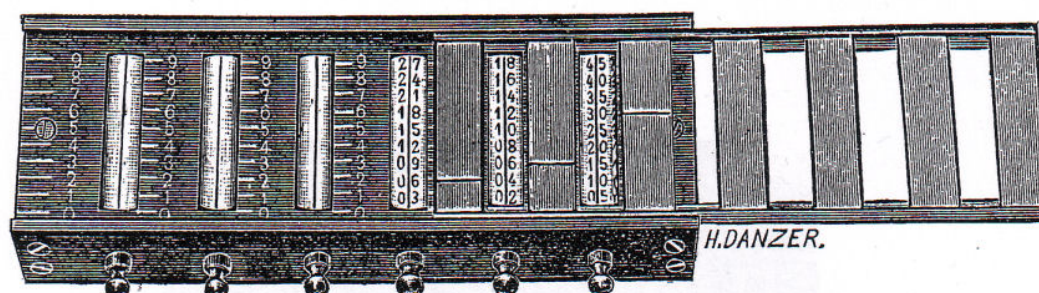


Fig. 2. — Petit appareil multiplicateur.

des chiffres des cylindres qui sont visibles au bout des traits de crayon aussi bien à droite qu'à gauche de chacun de ces traits.

C'est ainsi qu'on obtient :

$$\begin{array}{rcl}
 & & 0 = 0 \\
 & & 4 + 1 + 5 = 0 \text{ et } 1 \text{ de retenue.} \\
 1 \text{ de retenue} & + 6 + 06 + 1 + 0 = 4 \text{ et } 1 & - \\
 1 & - & + 0 + 9 + 0 + 2 + 3 = 5 \text{ et } 1 & - \\
 1 & - & 0 + 8 + 1 = 0 \text{ et } 1 & - \\
 1 & - & + 1 = 2 & - \\
 \text{Soit : } & & 205\,400.
 \end{array}$$

Avec une certaine habitude, on parvient à se servir de la machine avec une économie notable de temps sur le calcul ordinaire.

La machine complète mesure seulement $0^m,15 \times 0^m,05$, et permet d'obtenir des produits de 13 chiffres.

2^e APPAREILS SERVANT A EFFECTUER MÉCANIQUEMENT LES CALCULS.

Ces appareils, qui sont un moyen terme entre les grandes machines et les tableaux multiplicateurs-diviseurs, se composent (fig. 3) de deux parties bien distinctes :

1^o Un appareil enregistreur E;

2^o Un châssis mobile portant 6 paquets de 10 plaques (P) pouvant être relevées séparément autour d'une charnière commune.

L'enregistreur se compose :

D'une plaque E, percée de lumières allongées et d'ouvertures rondes. Dans les lumières allongées, on aperçoit une série de trous percés dans les réglettes R, coulissant en dessous de la plaque. Dans chacune des ouvertures rondes servant à lire les résultats,

le châssis mobile tout à fait à droite, de piquer avec le poinçon en face tous les 7, de reculer le châssis un rang vers la gauche, et de piquer en face les 4.

L'enregistreur a totalisé les deux produits partiels, et la rangée (+) des ouvertures rondes indique 15 369, produit de 327 par 47.

Pour les divisions, on opère à peu près de la même façon. Soit à diviser 15 369 par 327 :

On fait apparaître le dividende 15 369 à la rangée (—) des ouvertures rondes, et on ouvre les paquets de gauche du châssis mobile au diviseur 327. On détermine le premier chiffre du quotient 4 avec le petit abaque déjà décrit, on pique avec le poinçon en face tous les 4, on recule le châssis d'un rang vers la droite, et, ayant trouvé 7 sur l'abaque comme 2^e chiffre du quotient, on pique tous les 7. Le quotient est 47, et le reste, visible à la rangée (—) des ouvertures rondes, est 0.

Pour les racines carrées, on procède de la manière suivante : Soit à extraire la racine carrée de 105 625.

On pose ce nombre : 105 625, comme un dividende, on détermine les deux premiers chiffres de la racine 32 au moyen d'une table des carrés des 100 premiers nombres, on dispose les deux paquets de plaques de gauche du châssis mobile de façon à former 32, on pique d'abord tous les 3, puis on recule le châssis d'un rang vers la droite, et on pique tous les 2. On a ainsi retranché le carré de 32. On trouve sur l'abaque des doubles produits, au rectangle 32, que, des trois premiers chiffres du reste : 3 225, le double produit de 32×5 peut être retranché ; 5 est le 3^e chiffre de la racine. On ouvre le troisième paquet de plaques à 5, puis on pique deux fois de suite tous les 5, excepté ceux du dernier paquet ouvert, que l'on ne pique qu'une fois. On a donc ainsi retranché le double produit de 32 par 5 + le carré de 5. La racine est 325 et le reste est 0.

Si, au lieu de 105 625, on avait pris un nombre donnant un reste, on aurait poussé plus loin l'extraction de la racine, en procédant pour chacun des chiffres suivants comme pour le 3^e.

Cet appareil, d'une construction peu coûteuse, peut effectuer des multiplications de 14 chiffres en produit, et se prêter à toutes les combinaisons mathématiques qui sont indiquées à la fin de la description de la grande machine.

Il abrège considérablement les calculs, et supprime tout travail intellectuel. Il a surtout été étudié en vue des personnes calculant difficilement ou ayant beaucoup de petites opérations à faire.

3^e MACHINE A CALCULER. — MODÈLE DE 1889.

Voici les principales dispositions de cette machine (fig. 4, 5, 6, 7, 8). Sur les extrémités d'un socle S, deux montants verticaux sont fixés parallèlement et supportent le récepteur C. Celui-ci est composé d'un châssis longitudinal traversé par deux rangs superposés de chacun vingt arbres horizontaux et parallèles, munis d'un pignon et d'un cadran divisé en dix parties numérotées de 0 à 9, dont un seul des chiffres est visible à la fois à travers une lucarne pratiquée dans la face antérieure du châssis. Les cadrans supérieurs sont disposés de telle façon que, lorsque l'un d'eux passe de 9 à 0 ou de 0 à 9, un appareil F, dit des retenues, augmente ou diminue d'une unité le chiffre du cadran placé immédiatement à gauche.

Entre deux arbres du même plan horizontal, se trouve un groupe de trois tiges d'acier T placées l'une devant l'autre, dentées en crémaillères vers leur milieu, et pouvant glisser verticalement dans deux règles coulissées. La première tige en avant est susceptible d'engrener et de faire tourner le cadran inférieur qui se trouve à sa droite ; la deuxième, le cadran supérieur, également à droite ; la troisième, le cadran supérieur à gauche.

Il y a autant de groupes de tiges qu'il y a de cadrans dans le même plan horizontal, c'est-à-dire vingt.

A la partie inférieure de la machine, près du socle, se trouve le calculateur qui, par l'intermédiaire d'un manipulateur M, tournant sur un cadran divisé en dix et numéroté de 0 à 9, peut être entraîné longitudinalement sur deux règles horizontales A, recevant elles-mêmes, par la rotation de la manivelle de commande générale P, un mouvement vertical égal à dix fois le pas des crémaillères.

Le calculateur est l'organe principal. C'est (fig. 5) une sorte de caisse métallique ayant sur sa face supérieure dix rainures, avec crans d'arrêt numérotés de 0 à 9, où peuvent s'engager des boutons fixés à dix plaques calculatrices glissant sur le fond de la caisse. L'écartement d'axe en axe de ces plaques correspond à l'avancement déterminé par un tour complet du manipulateur; il est, du reste, le même que celui des cadrans et des groupes de tiges crémaillères.

Chacune des plaques calculatrices est (fig 5) la représentation en saillie de la table de

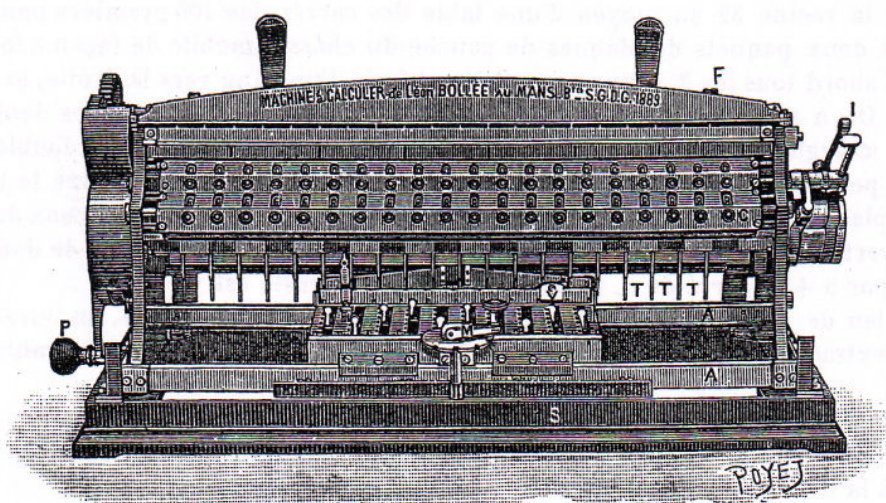


Fig. 4. — Machine à calculer modèle de 1889.

multiplication ordinaire. Les saillies sont disposées de façon que, lorsqu'une plaque est glissée au chiffre 7, par exemple, et le manipulateur à 8, il se trouve, sous la troisième tige crémaillère du groupe placé au-dessus de la plaque, une saillie égale à cinq fois le pas de la denture, et, sous la deuxième, à six fois ce pas, 5 étant le chiffre des retenues du produit de 8 par 7, et 6 celui des unités.

Si, dans ces conditions, le calculateur est entraîné verticalement d'une quantité fixe par la rotation de la manivelle, les saillies soulèvent de cinq dents la troisième tige crémaillère, qui inscrit un cinq sur le cadran à sa gauche, et de six dents la deuxième, qui fait tourner à 6 le cadran à sa droite. Le produit 56 est donc déterminé, sans passer, comme dans les autres machines, par la série 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 et enfin 56.

Lorsque les deux facteurs ont plusieurs chiffres, on forme le multiplicande au moyen des boutons du calculateur, en ayant soin de placer un petit curseur V en regard du bouton figurant les unités. Avec le manipulateur, on inscrit successivement tous les chiffres du multiplicateur, en l'arrêtant sur les divisions correspondantes et en passant chaque fois au-dessus du zéro. Après chaque arrêt, on fait décrire un tour complet à la manivelle générale P. Le résultat s'est inscrit sur la rangée supérieure de cadrans, pendant que le petit curseur, par les premières tiges crémaillères, faisait recopier le multiplicateur sur les cadrans inférieurs. On place la virgule à ce nombre, et le résultat est prêt à lire.

En changeant la position d'un petit levier I, les cadrans tournent en arrière. Cette

propriété est utilisée pour différentes opérations, comme la division par exemple, qui n'est, en réalité, qu'une multiplication dont les différents produits partiels se retranchent successivement d'un nombre préalablement placé au lieu de s'ajouter entre eux.

La machine peut également servir pour les additions, soustractions, progressions, comptes d'intérêt, etc.

Les racines carrées peuvent être obtenues d'une façon tout à fait automatique; l'opérateur n'ayant pas même besoin de connaître le nombre inscrit sur la machine dont il cherche la racine. Enfin, la machine prévient par son arrêt lorsqu'on lui demande un calcul impossible.

L'étendue des résultats permet de faire toutes les opérations de la pratique, puisque l'on peut avoir vingt chiffres au produit, et, réciproquement, diviser un nombre de vingt chiffres par un nombre de dix chiffres, et ceci s'obtient dans la trentième partie du temps nécessaire à un habile calculateur.

Quant à la construction, elle est étudiée pour produire une machine d'une grande solidité, dont les combinaisons déterminent absolument les courses et rotations des divers organes, tous apparents et d'un entretien facile.

MACHINE A CALCULER. — MODÈLE DE 1892.

Dans le modèle 1892, qui a obtenu, à l'Exposition de Tours, un diplôme hors concours, on a supprimé les quelques défauts remarqués dans le modèle 1889.

Le manipulateur M porte actuellement deux numérations au lieu d'une et, par conséquent, change d'ordre d'unités à chaque demi-tour, ce qui rend la manipulation plus facile. Les poignées de remise à zéro E et E' sont munies de secteurs dentés qui les rendent plus douces (fig. 6, 7 et 8).

Un système général d'enrayage, trop compliqué pour pouvoir être expliqué ici, fait que la machine refuse absolument de faire un calcul impossible ou faux, même si l'opérateur le cherche. Il est également impossible de faire une fausse manœuvre, l'appareil d'enrayage ne permettant de procéder que méthodiquement, tout en laissant entière latitude pour effectuer tous les calculs qui ne sont pas contraires à la théorie. Enfin, une disposition spéciale I, T, N, R, S permet d'employer un curieux procédé d'extraction de racine carrée décrit plus loin.

Mode de fonctionnement.

Addition. — On place le levier I au signe + et le manipulateur M au cran 1; avec les boutons du calculateur on forme ensuite chacun des nombres à additionner, en ayant soin de tourner une fois la manivelle de commande P après la pose de chacun de ces nombres.

Le total est visible sur les cadrans supérieurs.

Soustraction. — On place le plus grand nombre sur les cadrans supérieurs, puis on procède avec les nombres à soustraire comme si on voulait les additionner, mais en ayant soin de placer avant le levier I au signe —.

La différence est écrite sur les cadrans supérieurs.

Multiplication. — On place le levier I au signe +, puis on forme le multiplicande avec les boutons du calculateur, en observant de glisser le curseur V en regard du bouton figurant les unités. On arrête successivement la manivelle M du manipulateur dans les crans correspondant à chacun des chiffres du multiplicateur, en changeant chaque fois de numération.

Après chaque arrêt, on fait faire un tour à la manivelle de commande P. Le multiplicateur est recopié sur les cadrans inférieurs. On glisse les unités *u* du ruban virgule *p* en

regard des unités du nombre ainsi reproduit, et il ne reste plus qu'à lire le résultat de la multiplication sur les cadrans supérieurs suivant les indications du ruban.

Division. — On place le levier I au signe —, on pose le dividende sur les cadrans supérieurs, et on forme le diviseur avec les boutons du calculateur, puis l'on procède par un des deux moyens suivants :

1° *Procédé direct.* — Un petit abaque indique, à simple lecture, quel est le premier chiffre du quotient. On pose ce chiffre sur le manipulateur M, et on tourne une fois la manivelle de commande; les cadrans supérieurs portent alors le premier reste, et les cadrans inférieurs le premier chiffre du quotient. On regarde sur l'abaque quel est le deuxième chiffre du quotient, et on procède avec lui comme avec le premier, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le quotient ait le nombre de chiffres voulu. Le dernier reste est visible sur les cadrans supérieurs, et le quotient sur ceux inférieurs. Si, au commence-

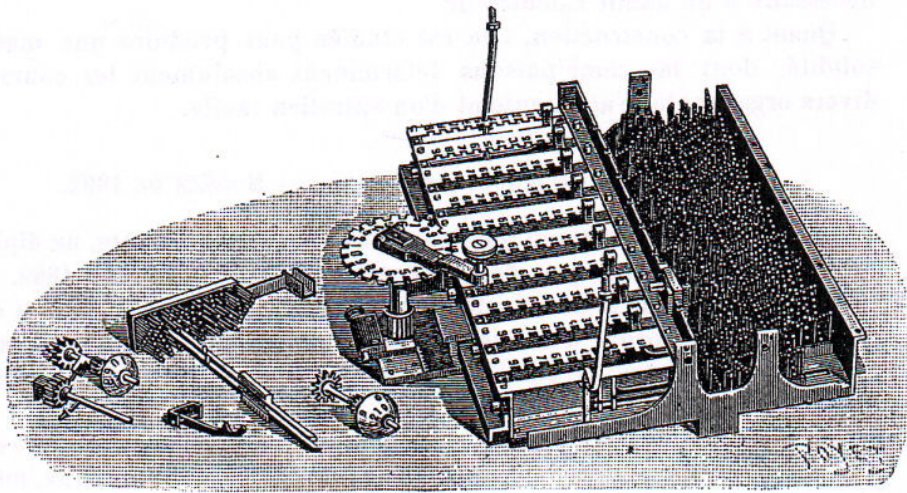


Fig. 5. — Machine à calculer, modèle de 1889; détails du calculateur.

ment de l'opération, on a eu soin de placer convenablement la virgule au dividende et au diviseur, elle l'est également au quotient, sans avoir eu besoin de s'en occuper.

2° *Procédé automatique.* — On accroche le petit verrou N, puis on place le calculateur tout à gauche, le manipulateur au cran 1, puis on tourne la commande jusqu'au refus (5 tours en moyenne). On reporte alors le calculateur vers la droite, en plaçant le manipulateur à l'autre cran 1 du cadran, et on tourne encore jusqu'au refus, et ainsi de suite jusqu'à la fin.

Mêmes remarques que pour le premier procédé pour la lecture du quotient, du reste et de la place de la virgule.

Racine carrée. — On pose le nombre dont on cherche la racine sur les cadrans supérieurs, en plaçant convenablement le ruban virgule qui divise le nombre en tranches de deux chiffres, puis on procède par un des deux moyens suivants :

1° *Procédé direct.* — Un petit abaque détermine, à simple lecture, les deux premiers chiffres de la racine, que l'on écrit avec les boutons de gauche du calculateur, et que l'on recopie ensuite sur le manipulateur, en tournant une fois la manivelle de commande P pour chacun d'eux. On a alors, sur les cadrans supérieurs, un premier reste; on lit sur l'abaque le 3^e chiffre de la racine, on l'écrit sur le manipulateur, on tourne une fois la manivelle de commande, puis on le pose également sur le 3^e bouton de gauche du calculateur; on tourne une deuxième fois la commande. On a ainsi retranché deux fois le produit des deux premiers chiffres par le 3^e, puis le produit du 3^e par lui-même. Ce qui

est conforme à la théorie, on obtient donc bien le deuxième reste. On lit sur l'abaque le 4^e chiffre, et on procède avec lui comme avec le 3^e, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la racine ait le nombre de chiffres voulu.

Le reste est visible sur les cadrans supérieurs et la racine sur les boutons du calculateur.

2^e Procédé automatique. — On accroche le petit verrou N, on place le calculateur tout à gauche, le manipulateur au cran 2, puis on tourne la commande jusqu'au refus (5 tours en moyenne) en ayant soin d'avancer le premier bouton de gauche du calculateur d'un cran après chaque tour. On reporte ensuite le calculateur vers la droite en plaçant le manipulateur à l'autre cran 2, puis on tourne encore jusqu'au refus, en procédant avec le deuxième bouton du calculateur comme avec le premier, et ainsi de suite jusqu'à la fin. On lit les résultats comme dans le précédent moyen.

Progressions arithmétiques. — Les progressions arithmétiques croissantes ou décroissantes se font absolument comme les additions ou les soustractions, mais avec ce grand avantage que le nombre posé sur le calculateur, et qui figure la raison, n'a pas besoin d'être changé.

Progressions géométriques. — On procède comme pour les multiplications ou les divisions; mais, de même que pour les progressions arithmétiques, on n'a pas besoin de changer de place les boutons du calculateur qui figurent la raison.

Table des carrés des nombres. — La machine construit automatiquement une table de la suite des carrés des nombres, en se basant sur ce fait que la différence entre n^2 et $(n+1)^2$ est égale à $2n+1$.

Pour avoir la suite des carrés des nombres, il suffit donc de placer le manipulateur à 2; le premier bouton de droite à 5 (représentant $1/2$ par rapport au second qui figure les unités) et de tourner la manivelle de commande en augmentant chaque fois de 1 le nombre formé par les autres boutons de gauche.

La machine enregistre successivement :

$$\begin{array}{lll} 0 + 2(0 + 1/2) = 1, & 1 + 2(1 + 1/2) = 4, & 4 + 2(2 + 1/2) = 9, \\ 9 + 2(3 + 1/2) = 16, & 16 + 2(4 + 1/2) = 25, \text{ etc.} \end{array}$$

Si, étant rendu au carré de n , par exemple, on veut passer sans faire les intermédiaires au carré de $n+7$, on emploie la formule $(n+7)^2 = n^2 + 2n \times 7 + 7^2$.

Le carré de (n) étant déjà sur les cadrans, il suffit d'ajouter $2n \times 7 + 7^2$.

On met le manipulateur à 7 (le calculateur étant naturellement à n) et on tourne une fois la manivelle de commande, le produit est : $7n$.

On place le calculateur à $n+7$, tout en laissant le manipulateur à 7, et on tourne une seconde fois, on ajoute donc encore $(n+7) \times 7 = 7n + 7^2$, soit au total $2n \times 7 + 7^2$ qui, ajouté à n^2 , donne $n^2 + 2n \times 7 + 7^2 = (n+7)^2$.

Ce procédé de construction des tables de carrés est très rapide, la propriété que possède la machine de calculer la suite des carrés des nombres est employée pour l'extraction automatique de la racine carrée.

Théorie de l'extraction automatique de la racine carrée. — On avait toujours supposé que cette opération ne pouvait se faire mécaniquement sans le secours intellectuel de l'opérateur, soit que celui-ci indique à la machine le nouveau chiffre de la racine qu'il détermine mentalement ou avec un abaque, soit que, procédant par tâtonnements, il estime que le reste est suffisant ou non pour pouvoir augmenter d'une unité la racine déjà trouvée. Ce second procédé, le seul pouvant être employé avec les anciennes machines (arithmomètres), est très long, car il exige d'arrêter la machine à chaque tour, afin d'observer si le reste est encore égal au double de la racine plus un; il nécessite aussi une attention soutenue.

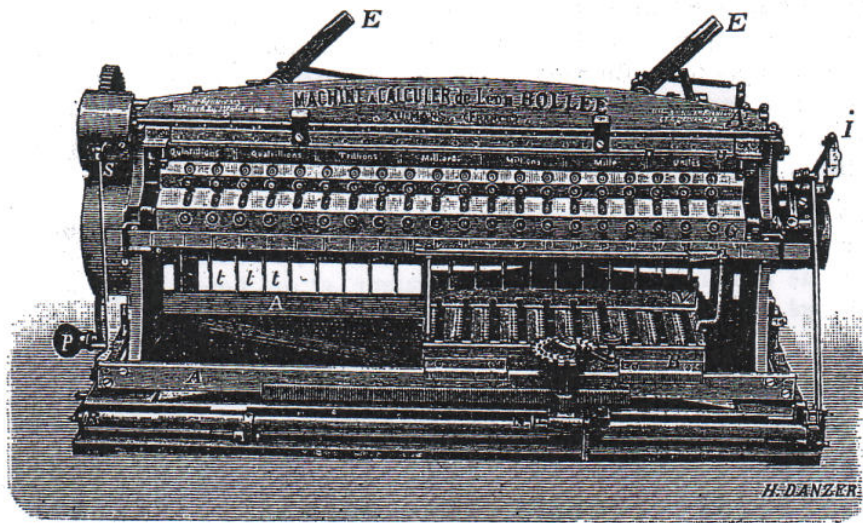


Fig. 6. — Machine à calculer modèle de 1892. Vue de face.

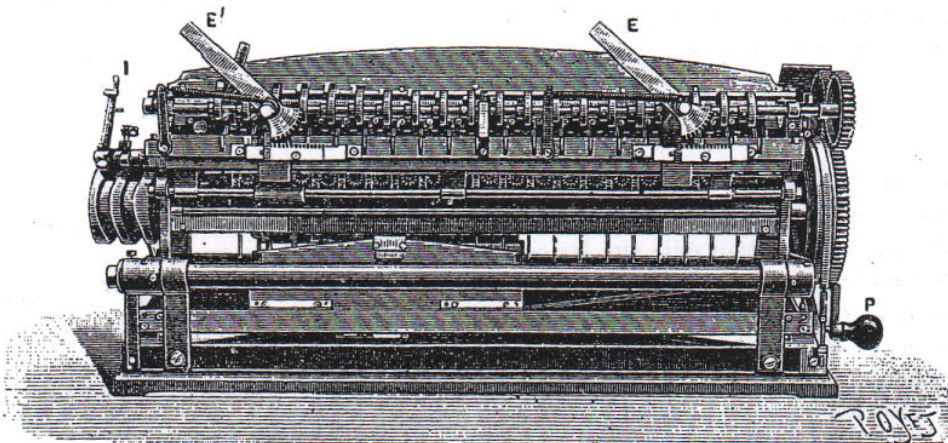


Fig. 7. — Machine à calculer modèle de 1892. Vue d'arrière.

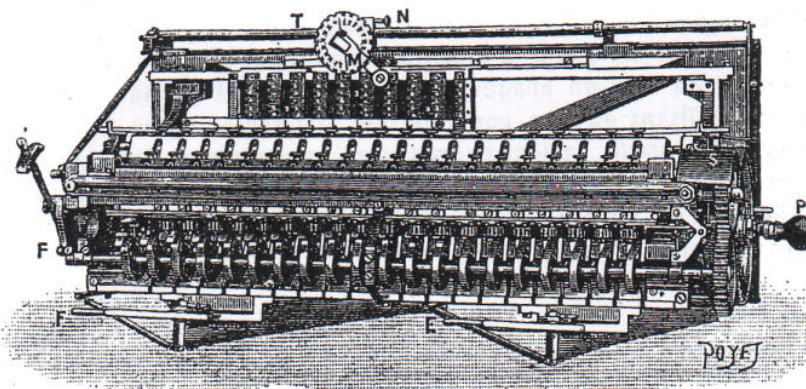


Fig. 8. — Machine à calculer modèle de 1892. Plan.

Le problème de l'automatisme absolu est résolu au moyen d'un petit appareil (I, T, N, R, S).

En poussant le verrou N vers la droite, on rend le levier I dépendant de la manivelle du manipulateur, de façon que, lorsque cette manivelle du manipulateur est à 2 (numération de droite), le levier I est au signe (—), et lorsque la manivelle est à l'opposé, c'est-à-dire à 2 (numération de gauche), le levier I est au signe (+). De cette disposition, il résulte que, chaque fois que le calculateur change d'ordre d'unités par rapport au récepteur, le levier I vient alternativement aux signes — + — + — + — + — +. etc.

En dehors de cet appareil, le système d'enrayage de la commande est arrangé de façon à arrêter la machine lorsque le nombre placé sur les cadrans supérieurs passe, de plus grand ou égal à zéro à plus petit que zéro, et réciproquement. A chaque fois que le levier I passe de + à — ou de — à +, il décroche la manivelle de commande par l'intermédiaire des tiges (T, R, S).

Voici maintenant ce qui se produit dans le fonctionnement : soit à extraire la racine de : 3 337 929, qui est le carré de 1 827 :

On pose 3 337 929 sur les cadrans supérieurs, et on met la manivelle du manipulateur dans le cran 2 de la numération de droite; le levier I se trouve ainsi placé de lui-même au signe (—); comme on l'a expliqué plus haut. On dispose alors le quatrième bouton de droite du calculateur (le nombre ayant quatre tranches de deux chiffres) de façon à déterminer et retrancher la suite des carrés des nombres, puis on tourne la commande. La machine retranche successivement, *d'elle-même*, les carrés de zéro mille; de un mille, de deux mille; mais, arrivé là, le reste étant devenu plus petit que zéro, la machine refuse de continuer.

On change d'ordre d'unité, en rapportant le manipulateur au 2 de l'autre numération, ce qui décroche la commande et fait passer le levier I de (—) à (+). On fait agir le 2^e bouton du calculateur, et on tourne la commande. Le sens de marche étant renversé, le carré de deux mille, retranché, ne devient plus que le carré de 1 900, puis de 1 800 ; à ce moment, le reste repassant de plus petit à plus grand que zéro, la marche s'arrête.

On reporte le manipulateur au 2 de l'autre numération, la manivelle se décroche, le levier I vient à + ; le 3^e bouton entre en fonction, et le carré de 1 800, déjà retranché, augmente et devient celui de 1 840, puis de 1 820 et de 1 830; le reste devient plus petit que zéro, la marche s'arrête encore.

On reporte enfin le manipulateur à l'autre 2, toute la marche se renverse comme on l'a dit plus haut; ce dernier bouton du calculateur commence à agir et le carré de 1 830, retranché, ne devient plus que celui de 1 829, 1 828 et de 1 827; à ce moment, le reste devient égal à zéro, et la machine refuse d'aller plus loin :

La racine exacte du nombre proposé est 1 827, figurée par les quatre boutons de droite du calculateur.

Ce procédé d'extraction de la racine carrée est aussi rapide que simple; il a, de plus, l'avantage de n'exiger aucun travail personnel. Ce perfectionnement, appliqué pour la première fois à la machine exposée à Tours, a été considéré, par les personnes qui l'ont vu, comme une des parties les plus originales de l'invention.

D'après des essais suivis, la machine peut effectuer à l'heure, en marche normale, avec un opérateur habitué, une série de 100 divisions, 120 racines carrées ou 250 multiplications de l'étendue :

$$\begin{aligned} 10\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 : 1\ 000\ 000\ 000 &= 10\ 000\ 000\ 000 \\ \sqrt{1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000} &= 1\ 000\ 000\ 000 \\ 1\ 000\ 000\ 000 \times 10\ 000\ 000\ 000 &= 10\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000. \end{aligned}$$

Elle peut calculer 4 000 termes d'une progression arithmétique ayant une raison ne dépassant pas 10 milliards, et à peu près autant d'une table des carrés des nombres jusqu'à 100 quintillions.