LA

GRANDE ENCYCLOPÉDIE

INVENTAIRE RAISONNÉ

DES SCIENCES, DES LETTRES ET DES ARTS

PAR UNE

SOCIÉTÉ DE SAVANTS ET DE GENS DE LETTRES

SOUS LA DIRECTION DE

MM. BERTHELOT, sénateur, membre de l'Institut.
Hartwig DERENBOURG, professeur à l'École spéciale des langues orientales.
F.-Camille DREYFUS, député de la Seine.
A. GIRY, professeur à l'École des chartes.
GLASSON, membre de l'Institut, professeur à la Faculté de droit de Paris.
Dr L. HAHN, bibliothécaire en chef de la Faculté de médecine de Paris.

MM. C.-A. LAISANT, député de la Seine, docteur ès sciences mathématiques.
H. LAURENT, docteur ès sciences mathématiques, examinateur à l'École polytechnique.
E. LEVASSEUR, membre de l'Institut, professeur au Collège de France.
H. MARION, professeur à la Faculté des lettres de Paris.
E. MÜNTZ, conservateur de l'École nationale des beaux-arts.
A. WALTZ, professeur à l'École supérieure des lettres d'Alger.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL : F.-Camille DREYFUS, député de la Seine.

TOME TROISIÈME

ACCOMPAGNÉ DE SEPT CARTES EN COULEURS, HORS TEXTE

ANIMISME — ARTHUR

PARIS

H. LAMIRAULT ET Cie, ÉDITEURS

61, RUE DE RENNES, 61

valeur pratique et relative aux conditions actuelles de l'enseignement. On trouvera d'ailleurs au mot MATHÉMATIQUES l'exposé des divisions de cet ordre de sciences, des raisons qui les ont fait admettre et en particulier des distinctions établies par Aug. Comte entre le domaine de l'algèbre et celui de l'arithmétique. Paul TANNERY.

II. POLITIQUE (V. STATISTIQUE).

III. ARCHÉOLOGIE. — L'un des sept arts libéraux, suivant la division des sciences au moyen âge. Ceux-ci ont été rarement figurés par la peinture ou par la sculpture sur les monuments de cette époque et parmi eux l'arithmétique est le plus souvent personnifiée par une femme reconnaissable par divers attributs. Ainsi dans une curieuse miniature de l'*Hortus deliciarum* d'Herrade de Landsberg, manuscrit détruit lors du bombardement de Strasbourg, en 1870, on voyait l'arithmétique tenant une verge demi-circulaire où étaient enfilés des grains ou olives, sorte de machine à compter (XIIe siècle). Au portail de la cathédrale de Chartres (XIIIe siècle), elle est représentée tenant dans sa main droite un dragon, dans sa gauche un sceptre, Gerbert écrit sous sa dictée. A un portail de la cathédrale de Reims (XIIIe siècle), elle calcule dans ses mains. Sur un vitrail de l'église de Conches (Eure), elle porte un étendard sur lequel sont écrits les nombres 1 à 11 (1553). Enfin, sur un chapiteau du palais ducal de Venise (XIVe siècle), c'est Pythagore lui-même qui personnifie l'arithmétique. G. DURAND.

ARITHMÉTOGRAPHE. Machine à calculer inventée en 1860 par Dubois, analogue à la règle à calculs (V. ARITHMOMÈTRE).

ARITHMOGRAPHIE. Nom sous lequel Ampère désignait la partie de l'arithmétique qui a pour but de simplifier les expressions composées de nombres et de signes.

ARITHMOLOGIE. Ce mot est employé pour désigner l'arithmétique supérieure, aussi appelée Théorie des nombres.

ARITHMOMANCIE (V. DIVINATION).

ARITHMOMÈTRE. HISTORIQUE. — Il semble difficile d'effectuer mécaniquement des opérations que nous considérons comme un travail intelligent et qui procèdent du raisonnement et de la mémoire. Les relations des organes des machines et le mouvement que fait chacun d'eux résultent pourtant du calcul, et il est possible, par réciprocité, d'obtenir les résultats des calculs au moyen de combinaisons mécaniques convenables. Il suffit pour cela que les mouvements étant réglés d'après l'opération qu'il faut faire, l'appareil en tienne note. L'indication finale des mouvements réalisés, exprimée par des chiffres gravés sur des pièces de la machine donnera le résultat demandé. L'emploi des machines à calculer soulage l'attention et la mémoire, et assure l'exactitude des résultats, quoique les opérations soient effectuées plus rapidement. On peut au moyen des compteurs évaluer des grandeurs qu'il est difficile et parfois impossible d'apprécier directement. — De tout temps on a cherché les moyens de faciliter l'opération des longs calculs et d'en vérifier l'exactitude. L'abacus des Romains et les cadrans à calcul des Chinois dont les Russes modernes font encore usage furent imaginés pour faciliter les calculs de tête. Plus tard on imagina les logarithmes pour simplifier les opérations et remplacer la multiplication et la division par l'addition et la soustraction. En même temps on chercha à construire des machines à calculer qui n'exigeassent de la part de l'homme d'autre connaissance que la lecture des chiffres. Ces machines doivent être nommées *automates* (V. ce mot), pour les distinguer d'autres machines qui exigent plus de savoir de la part de celui qui s'en sert et qui sont destinées à abréger les calculs tout en laissant une part de travail à l'intelligence de l'homme. — Les instruments à calcul se divisent en deux séries. La *première série* comprend les instruments qui abrègent ou facilitent les calculs, mais qui exigent une certaine application de l'esprit et l'emploi de l'intelligence humaine. La *seconde série* comprend les instruments qui opèrent sans l'emploi de l'intelligence de l'homme et que l'on désigne par le nom de machines *automates*. En 1624, *Edmond Gunther* eut l'heureuse idée de transporter les logarithmes sur une échelle linéaire, au moyen de laquelle on pouvait, par une seule ouverture de compas, obtenir le résultat d'une multiplication ou d'une division. En 1668, *Gaspard Schott* fut le premier qui colla les bâtons de *Néper* sur plusieurs cylindres oblongs et mobiles au bout de leur axe et qui les enferma dans une boîte. L'invention de *Schott* est une modification de la *rabdologie* de *Néper* (V. *Organum mathemathicum a F. Gasparo Schotto e societate Jesu;* Herbipoli 1668) et aussi (*Nova cistula pro tabulis neperianis facitisque ac jucundus ejusdem usus).* En 1673, *Grillet* soumit au jugement du public parisien un nouvel instrument à calcul (V. *Curiosités mathémathiques du sieur Grillet*, horlogeur du roy.). On trouve bien dans cette brochure la description de l'extérieur de la machine, mais elle laisse le lecteur dans une ignorance complète relativement à sa construction intérieure.

D'après le *Journal des sçavants*, année 1678, *Grilles* avait mis les lames de la table de *Pythagore* sur de petits cylindres qui remplissaient le même office que les bâtons de *Néper*. — En 1678, *Petit* exécuta un petit cylindre arithmétique connu sous le nom de *tambour de Petit*, autour duquel il plaça des lames de carton portant les tables de *Pythagore*, lames qu'il faisait glisser sur le cylindre parallèlement à l'axe au moyen d'un bouton que chacune d'elles portait. Cette machine n'était donc, à proprement parler, autre chose que les bâtons de la *rabdologie* de *Néper*, mais autrement disposés (V. le *Journal des sçavants*, année 1678). En 1696, *Biler* donna à la règle à calculer de *Gunther* une forme semi-circulaire et l'appela *instrumentum mathematicum universale*. En 1727, *Leopold* donna au tambour de *Petit* une forme décagonale au lieu de la forme cylindrique que le premier auteur lui avait donnée (V. *Theatrum arithmetico geometricum*, année 1727). En 1728, *Michael Fortius*, dans son introduction à l'*Arithmétique allemande*, décrit une *mensula pythagorica* qui n'est autre chose qu'une nouvelle application de la *rabdologie*, son instrument étant composé de cercles concentriques mobiles. En 1731, M. *de Méan* disposa la table de Pythagore de manière à la faire servir à plusieurs calculs. En 1750, *Leadbetter* donne la description de l'échelle à coulisse, invention qui depuis a été attribuée et à tort à M. *Jones*. En 1789, M. *Prahl* soumit au public un instrument qu'il appela *arithmetica portatilis* et qui n'est autre chose que la *mensula Fortius;* seulement les cercles mobiles sont beaucoup plus grands et portent les chiffres de 1 à 100, de sorte que, au moyen de cet instrument, on peut additionner et soustraire jusqu'au nombre 100. En 1790, M. *Gruson* présenta une machine consistant en un disque de carton avec un index au milieu et qui n'est dès lors qu'une imitation de la *mensula Fortius*. En 1797, *Jordans* publia une brochure sous le titre suivant : *Description de plusieurs machines à calcul inventées par Jordans*. En 1798, *Gattey* modifia la règle de *Gunther* en lui donnant une forme circulaire. En 1828, M. *Lagrons* présenta une machine à additionner composée de plusieurs cercles concentriques. En 1834, M. *Nuisement* inventa deux instruments à calcul ; l'un repose sur le principe de la balance et l'autre sur celui des triangles semblables. En 1839, M. *Bardach*, de Vienne (Autriche), mit en vente deux tables à calculer dont l'une n'est qu'une modification de l'*abacus* de *Perrault*, pour l'addition et la soustraction, et dont l'autre n'est encore qu'une modification du *Multiplicationis* de *Néper*. En 1839, M. *Léon Lalanne* présenta à l'Académie des sciences une balance arithmétique et un instrument pour faciliter les calculs qu'il désigna sous le nom d'*arithmoplanimètre*. — *Additionneur de Roth*. L'arithmomètre proprement dit peut se classer parmi les machines automates. L'additionneur de *Roth* est fondé sur le même principe que celui que Pascal a donné en 1642. Mais les roues ne se conduisent pas de la même manière dans les deux machines.

L'instrument renfermé dans une boîte oblongue en acajou se compose d'une platine supérieure en cuivre A percée de rainures ou fentes curvilignes B correspondant aux roues, et de fenêtres C sous lesquelles on amène les chiffres. Les diverses pièces du mécanisme sont montées sur la platine inférieure D. Ces deux platines qui forment la cage de l'instrument sont séparées par des piliers. Les roues E sont au nombre de huit. Plaçons le n° 9 de chacune des premières roues sous le guichet qui lui correspond et le n° 0 de la dernière et huitième roue sous son guichet. Si nous faisons tourner la première roue d'un cran nous ajouterons une unité au chiffre 9 et nous aurons une dizaine. Cette dizaine devra repasser sur la seconde roue et s'ajouter aux 9 dizaines qu'elle marque et ainsi de suite; de sorte que les huit roues devront, au lieu du nombre 099,999,999 qui avait été primitivement écrit, montrer le nombre 10,000,000 qui provient de l'addition d'une unité. Or, cette transmission de l'unité de la première roue à la dernière peut s'opérer de deux manières différentes en supposant que les huit roues marchent ensemble comme huit roues dentées formant engrenage ou que chaque roue marche seulement au moment où celle qui la précède aura accompli son mouvement. On conçoit sans peine que, dans le premier cas, il faudra appliquer à la première roue une force d'autant plus grande, pour la faire tourner d'un cran, que le nombre des roues sera plus considérable, et que, dans le second cas au contraire, la force à employer sera toujours la même quel que soit le nombre des roues. Le mécanisme employé par *Pascal* fonctionne comme dans le premier cas, tandis que le mécanisme engagé par *Roth* se trouve être dans le second cas. Son mécanisme est tel qu'il ne peut se déranger. Les roues ne peuvent être faussées, une roue ne peut faire *volant*, ce qui arrive souvent dans la machine de *Pascal;* on dit qu'une roue fait *volant* dans ces sortes de machines, lorsque, mue par une force considérable, elle tourne sans agir sur la roue suivante. Ainsi par exemple, si la dizaine de la première roue ne passe pas sur la seconde roue, on dit que la première roue a fait *volant*. Après des essais nombreux fondés sur le principe de la *transmission simultanée*, Roth imagina le mécanisme suivant fondé sur le principe de la *transmission successive*. Des roues portant chacune vingt dents également espacées sont montées horizontalement sur des axes ou des broches verticales et fixées en ligne droite ou circulaire sur une platine. Sur le dessus de chaque roue, on a gravé deux fois et à la suite la série des nombres 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, de manière à ce que chaque chiffre corresponde à une dent de la roue, chaque couple de chiffres 2 et 2, 3 et 3, etc. se trouvant, dès lors et respectivement, situés aux extrémités d'un même diamètre de la roue. Chaque roue est munie d'un ressort sautoir qui fait office de cliquet. On a fixé sous chaque roue, et faisant corps avec elle, une double came de forme excentrique; le point de l'excentrique le plus rapproché du centre de la roue correspond au chiffre zéro, et le point le plus éloigné, ou l'extrémité de l'excentrique, correspond au chiffre 9. Dans l'intervalle qui existe entre deux roues consécutives se trouve une détente montée sur une broche perpendiculaire au corps de platine et munie d'un ressort. Cette détente de forme rectangulaire porte à son extrémité droite un petit rouleau et à son extrémité gauche un petit cliquet. Lorsque la roue dentée se trouve à zéro, la détente étant pressée par son ressort, son extrémité, munie du rouleau, se trouve au point de la came le plus rapproché du centre. Au fur et à mesure que l'on fait marcher la roue dentée, la détente glisse à l'aide du rouleau sur la came et arrive enfin au point le plus éloigné du centre et qui correspond au chiffre 9 marqué sur le cadran. Si à cet instant on fait marcher la roue d'une unité, la détente cesse d'être écartée du centre par la came, puisqu'aussitôt elle cesse d'être en prise et échappe à l'excentrique, et, pressée par son ressort, elle vient reprendre sa position initiale, celle où elle se trouvait placée avant le mouvement et vis-à-vis le chiffre zéro de la seconde série marquée sur la roue dentée, et, en retombant, elle fait marcher la roue suivante d'une division ou d'une unité. Le petit cliquet placé à l'autre extrémité de la détente est destiné à laisser passer la deuxième roue lorsqu'elle vient à tourner et à empêcher que la première roue ne soit dérangée de la position qu'elle a prise après avoir tourné sur son axe ou broche. — Pour employer l'additionneur de Roth, on additionne toutes les unités en se servant de la première roue de droite, puis toutes les dizaines avec la seconde roue, puis les centaines avec la troisième roue et ainsi de suite en marchant de droite à gauche. Mais lorsque la somme est écrite, pour faire une seconde opération, il faut effacer les chiffres écrits, et pour cela on fait tourner chaque roue sur son axe pour la ramener à zéro, en commençant par la première de gauche et marchant vers la droite.

Arithmomètre Thomas. L'invention de cette machine remonte à 1818 et fut brevetée en 1820. Les expositions de 1823, 1849, 1851 et suivantes, ont montré successivement la machine à calculer de M. Thomas toujours améliorée et toujours simplifiée. Aujourd'hui cette œuvre remarquable est arrivée au dernier degré de perfection. L'*arithmomètre* est devenu une machine au moyen de laquelle les personnes les moins familiarisées avec les chiffres peuvent faire toutes les règles de l'arithmétique, de même que les hommes de science peuvent résoudre en quelques instants les problèmes les plus compliqués. Simple et solide, cette machine offre l'avantage d'éviter toute fatigue dans les calculs. L'arithmomètre a subi dans ces derniers temps d'importantes simplifications, qui ont rendu la machine aussi parfaite que possible. Avec cet instrument, on multiplie 8 chiffres par 8 chiffres en 18 secondes; on divise 16 chiffres par 8 chiffres en 24 secondes, et l'extraction d'une racine carrée de 16 chiffres avec la preuve se fait en moins d'une minute et demie. Une demi-heure suffit pour faire, sans aucune fatigue et avec une exactitude mécanique, le travail d'une longue journée; on comprend alors quelles économies de temps et d'argent résultent de son emploi. — Imaginons une boîte d'environ 0^m200 de large sur 0^m400 de long (fig 1). A la partie supérieure se trouve une tablette de cuivre percée horizontalement de dix ou douze petits trous ronds $D_1 \ldots D_{12}$, dans chacun desquels tournent, sous la pression du doigt, les dix chiffres depuis 1 jusqu'à 0. C'est le *produit*. Pour multiplier un nombre, une échelle contenant également les dix chiffres primitifs est placée à la droite de la machine et en son milieu monte et descend un bouton de cuivre dans une rainure perpendiculaire. C'est le *multiplicande*. — Pour faire l'opération, on arrête successivement le bouton de cuivre du multiplicande à chacun des chiffres dont il se compose, et chaque fois, on tourne une petite manivelle M, le *multiplicateur* placé à la base de la machine (fig. 1, 2, 3). Tant que cette manivelle tourne, les chiffres changent au produit; chaque fois qu'elle s'arrête, chaque produit partiel est trouvé, et la dernière relation présente le total au sommet de l'appareil. En un mot chaque tour de manivelle reproduit la somme du multiplicande. Ajoutons que les retenues et les reports s'opèrent d'eux-mêmes avec une rapidité tellement merveilleuse que des millions sont multipliés en quelques instants. La machine se charge, avec la même promptitude, de faire la preuve des opérations terminées, et, pour cela faire, il suffit de tourner la clef à la division et l'opération se fait en sens inverse. Il va sans dire que de ce même côté on peut diviser tous les nombres et de même avec autant de facilité et d'exactitude on peut obtenir encore la racine carrée d'un nombre quelconque. Nous donnerons les parties essentielles de la machine représentées par les figures (1, 2, 3). La boîte est ouverte et laisse apercevoir la platine supérieure de la machine; le couvercle est coupé en partie : I. Platine fixe en laiton recouvrant les rouages des organes de la machine dits organes de la reproduction et organes de reports des retenues. — II. Glace dépolie recouvrant une petite boîte ménagée dans une partie laissée libre par le mécanisme et sur laquelle on peut inscrire les résultats obtenus ou les formules des opérations à effectuer. — III. Platine mobile en laiton, recouvrant les compteurs de la machine. Cette platine peut se soulever en tournant autour d'un axe longitudinal placé sous sa face inférieure près du bord extérieur, elle peut alors être déplacée vers la droite en glissant le long de cet axe. — M, manivelle motrice dont la poignée se rabat latéralement, quand on ne se sert pas de la machine, afin de permettre la fermeture de la boîte. Elle porte sous sa face inférieure un petit tenon formant plan

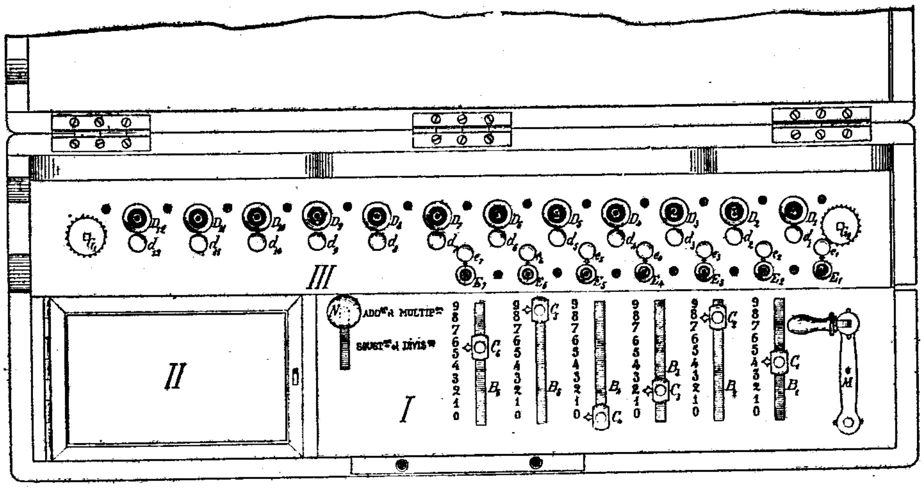

Fig. 1.

incliné, qui vient rencontrer un tenon semblable lorsqu'elle est dans la position à partir de laquelle se comptent les tours. — Elle est montée sur son axe avec un certain jeu

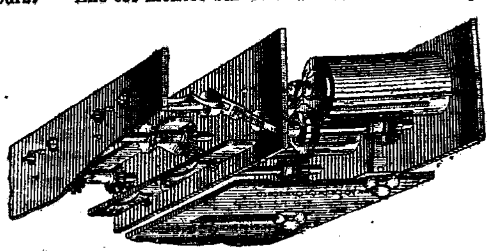
Fig. 2. — Arithmomètre vu en perspective.

de façon à pouvoir se soulever légèrement pour franchir l'obstacle que forme la rencontre des deux plans inclinés; la résistance que l'on sent à ce moment donne le moyen de compter facilement le nombre de tours effectués, et permet de la ramener sans hésitation à sa position de repos. B_1 B_2... B_6 sont des rainures graduées servant à inscrire les chiffres des nombres sur lesquels on opère. — C_1, C_2... C_6, boutons mobiles à index coulissant dans ces rainures et que l'on amène en regard des chiffres à marquer. — D_1, D_2... D_6, grandes lucarnes dites lucarnes des produits, dans lesquelles on lit les sommes et les produits et où l'on inscrit les dividendes. — E_1, E_2... E_6, E_7, petites lucarnes, dites lucarnes de quotients, dans lesquelles s'inscrivent les nombres de tours faits par la manivelle motrice et où se lisent par suite les multiplicateurs, les quotients et les racines. Près de chacune de ces lucarnes grandes ou petites, est percé un petit trou qui peut recevoir une petite cheville en ivoire destinée à marquer la place des virgule quand on opère sur des nombres décimaux. — d_1, d_2... d_{12}, boutons permettant de faire tourner à la main les cadrans dont les chiffres apparaissent dans les grandes lucarnes. e_1, e_2 e_7, petits boutons permettant de faire tourner

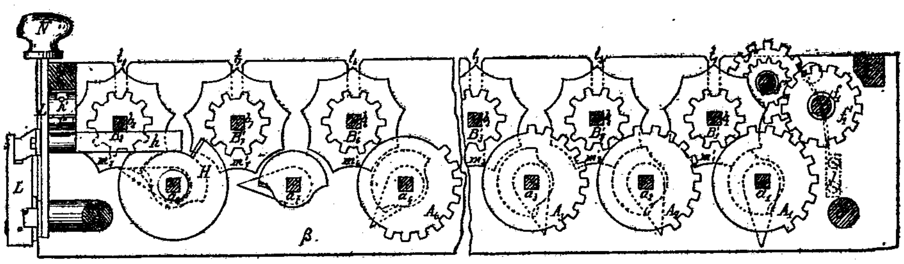
Fig. 3.

de même les cadrans dont les chiffres apparaissent dans les petites lucarnes. — N, bouton d'embrayage mobile dans une rainure, et qui sert à disposer la machine pour les opérations additives et soustractives, suivant qu'on le pousse à l'une ou à l'autre des extrémités de la rainure en regard de l'inscripton correspondante. — G_1, bouton moleté, placé à la gauche de la platine mobile, dit effaceur des produits, et servant à ramener au zéro tous les cadrans des grandes lucarnes quand on fait tourner à la main en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre. — G_2, bouton moleté semblable, placé à la droite de la platine mobile et dit effaceur des quotients. Il sert à ramener au zéro tous les cadrans des petites lucarnes quand on le fait également tourner à la main, mais dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre. Nous n'entrerons pas dans le détail du mécanisme intérieur de la machine, ce qui nous entraînerait beaucoup trop loin, mais nous indiquerons d'une façon générale la manière de s'en servir. Nous avons vu que la machine se composait de trois parties principales. Une première partie formée d'une platine extérieure en cuivre, portant des rainures graduées, qui correspondent aux unités de divers rangs des nombres à inscrire sur la machine et dans lesquelles, à l'aide de boutons à index que l'on déplace à la main, on inscrit les chiffres successifs dont sont formés les nombres sur lesquels on doit opérer, nombres à additionner ou à soustraire, multiplicandes ou diviseurs suivant l'opération à effectuer. — Une seconde partie formée de rouages intérieurs, constituant l'organe fondamental, et la partie caractéristique de la machine. Ces rouages permettent de reproduire dans une autre partie de la machine les nombres inscrits comme il vient d'être dit, et cela par un simple mouvement de rotation imprimé à une petite manivelle motrice. Cette partie est d'ailleurs disposée de telle façon que chaque nombre se reproduit successivement autant de fois que l'on fait de tours successifs à la manivelle. — Une troisième partie, enfin, portée par une platine mobile, est munie d'un grand compteur destiné à enregistrer les nombres successifs, reproduits par la machine, et d'un petit compteur chargé de noter le nombre des tours de la manivelle.

Les chiffres de ces compteurs, avons-nous vu, apparaissent dans deux séries différentes de lucarnes. Les unes sont dites lucarnes des produits ou grandes lucarnes, on y lit les sommes, les différences et les produits, ainsi que les restes des divisions; les autres sont dites lucarnes des quotients, on y trouve inscrits comme vérification les multiplicateurs dont on a fait usage, et on y lit les quotients et les racines. — Les grandes lucarnes sont en nombre double de celui des rainures graduées, pour permettre d'enregistrer tous les chiffres des produits que peuvent donner les nombres susceptibles d'être inscrits sur la première partie de la machine, quand on les multiplie par des nombres ayant eux-mêmes autant de chiffres. Par un mouvement de glissement latéral, la platine qui porte ces lucarnes peut être amenée par crans successifs vers la gauche ou vers la droite, ce qui correspond au déplacement de la virgule dans les opérations usuelles et par suite équivaut à une multiplication ou à une division par 10, 100, 1,000, etc..., du nombre inscrit dans les lucarnes. — Le grand compteur est disposé de façon à totaliser automatiquement les nombres successifs que la machine lui donne à enregistrer, et un débrayage mû par un levier permet d'en changer la marche, de telle sorte que les nombres successifs enregistrés se retranchent alors des nombres déjà inscrits dans les lucarnes, au lieu de s'y ajouter. La première position du levier d'embrayage sert pour l'addition et la multiplication; la seconde est employée pour la soustraction, la division et les extractions des racines. L'organe caractéristique de l'arithmomètre, celui qui sert à reproduire les nombres inscrits sur la machine autant de fois que l'on effectue de tours de la manivelle motrice, est formé de cylindres parallèles en nombre égal à celui des ordres de chiffre à reproduire, et qui, mis en communication chacun par des pignons d'angle avec un arbre de couche commandé par la manivelle motrice, effectuent tous un tour entier sur eux-mêmes lorsque la manivelle fait elle-même un tour. — Pour que le grand compteur ajoute les nombres qui lui sont transmis à ceux qu'il a déjà enregistrés, il faut qu'il jouisse de la propriété de transporter d'un cadran quelconque sur le suivant les unités d'ordre supérieur lorsque l'on donne à enregistrer au premier de ces cadrans un nombre d'unités dont le total dépasse 10. — C'est le rôle d'une partie essentielle d'une machine que l'on appelle le mécanisme de report des retenues. Ce mécanisme a été la partie la plus difficile à réaliser dans des conditions de fonctionnement simple et assuré. Il fonctionne pendant la deuxième partie du tour du cylindre, partie pendant laquelle les roues dentées se trouvent en regard de la portion lisse de la surface de ce cylindre et par suite ne reçoivent aucun mouvement. La mise en marche du mécanisme de retenues est provoquée pour chaque rangée de chiffres par l'action d'une came placée sous chacun des cadrans mobiles des grandes lucarnes. Lorsque l'intervalle compris entre les chiffres 9 et 0 passe sous sa lucarne, cette came vient rencontrer un levier qui, par un renvoi de mouvement convenable, met en prise une roue dentée, montée sur l'axe qui commande le cadran suivant, avec une grande dent spéciale qui est elle-même montée sur un canon mobile sur l'axe du cylindre cannelé conjugué; cette dent est placée d'ailleurs dans la position angulaire qui correspond aux 10/20 de la circonférence de ce cylindre. La dent est ensuite ramenée à sa place primitive par suite de la forme hélicoïdale venant, dans la suite du mouvement du cylindre, rencontrer un petit buttoir fixe, en forme de plan incliné, qui la repousse.

Le mécanisme est enfin disposé sur les cylindres successifs, de telle sorte que les retenues à porter s'inscrivent successivement et non simultanément de la droite à la gauche, à chaque vingtième de tour que font les cylindres cannelés. — On obtient simplement ce résultat par le montage même des cylindres, dont chacun est en retard d'un vingtième de tour sur le précédent, dans son mouvement de rotation. Grâce à cette disposition, si tous les cadrans sont placés sur le chiffre 9, et que l'on vienne à ajouter au nombre ainsi formé une seule unité, en marquant dans la rainure de droite le nombre 1, et donnant un seul tour de manivelle, on voit successivement apparaître des zéros dans les lucarnes, en allant de la droite à la gauche. Cette opération, qui constitue une des épreuves les plus sévères auxquelles puisse être soumise la machine, s'effectue sans qu'il soit nécessaire de développer à chaque instant du mouvement un effort plus considérable que pour opérer le report d'une seule retenue. Il en eût été autrement si l'on eût voulu faire marquer toutes les retenues simultanément; on sait que c'est là l'écueil qu'avait rencontré Pascal dans la construction de sa machine arithmétique. La marche de la machine est maintenant facile à comprendre dans chaque cas particulier. Pour l'addition, on écrit le premier nombre dans les rainures, on fait un tour de manivelle, le nombre se reproduit sur le compteur. On déplace les boutons des rainures pour écrire le second nombre à additionner; on fait un nouveau tour de manivelle, et ce second nombre se reproduit sur le compteur en s'ajoutant automatiquement à celui qui y figurait déjà, de sorte que l'on obtient le total des deux nombres inscrits. On écrit un troisième nombre, on fait encore un tour de manivelle, on a le total des trois et ainsi de suite. En même temps le petit compteur inscrit le nombre de tours de manivelle, c.-à-d. le nombre même des additions successives effectuées, et, par conséquent, il rend impossible l'omission accidentelle d'un des nombres sur lesquels on opère. — *Preuve de l'addition.* Si l'on veut la preuve de l'addition ainsi faite, on pousse le levier d'embrayage à la position *soustraction;* on laisse figurer sur la platine le dernier nombre inscrit, et l'on fait un tour de manivelle; on retrouve sur le compteur le total de tous les nombres, moins les deux derniers. En continuant ainsi on finit par retrouver zéro partout sur le compteur, quand on a retranché successivement du total tous les nombres sur lesquels porte l'opération. — *Soustraction.* Ce qui vient d'être dit de la preuve de l'addition indique suffisamment comment on fait la soustraction avec la machine: il y a seulement à remarquer que, pour faciliter les opérations, on a réservé le moyen d'inscrire directement les nombres sur le compteur.

Multiplication. Pour les multiplications, la supériorité de la machine devient considérable à tous les points de vue. Pour multiplier un nombre, comportant jusqu'à huit et même dix chiffres par un nombre d'un seul chiffre, il suffit d'écrire le multiplicande sur la platine à l'aide des boutons mobiles, puis de tourner rapidement la manivelle en comptant mentalement le nombre des tours. — Lorsqu'on a fait un nombre de tours égal à celui des unités contenues dans le chiffre multiplicateur, le produit exact se trouve inscrit dans les lucarnes du grand compteur. En même temps, dans les lucarnes du petit compteur, on trouve enregistré le nombre de tours qu'a faits la manivelle, et l'on est ainsi prévenu dans le cas où l'on aurait fait exécuter à cette manivelle un nombre de tours trop grand ou trop petit. — Pour multiplier le même nombre par un nombre composé de plusieurs chiffres, on pourrait évidemment tourner la manivelle autant de fois qu'il y a d'unités dans le multiplicateur, mais l'opération deviendrait fort longue et rapidement impraticable dans la plupart des cas. Mais voici comment on opère. Veut-on par exemple multiplier un nombre par 325 ? Après avoir inscrit le multiplicande sur la platine, on tourne cinq fois la manivelle. Puis, à l'aide de la main gauche, placée sur le bouton de la platine du compteur, on fait avancer cette platine d'un cran vers la droite en la soulevant légèrement et la laissant tomber dans la première des encoches préparées à cet effet. On assure ainsi la multiplication par dix des nombres que la machine enregistrera ultérieurement; de la main droite qui n'a pas bougé, on tourne la manivelle deux fois, et l'on a déjà le produit par 25 ; de la main gauche on fait avancer d'un nouveau cran la platine du compteur, ce qui multiplie par 100 les produits qui vont être écrits; on tourne enfin trois fois la manivelle et l'on a ainsi le produit par 325 ; en même temps ce nombre 325 se trouve inscrit dans les lucarnes du petit compteur. Il faut remarquer que le grand compteur additionne tous les nombres que la machine lui donne à enregistrer et dans quelque ordre qu'on les lui présente ; il en résulte que dans la multiplication on peut opérer dans n'importe quel ordre et prendre la multiplication, soit par la droite, soit par la gauche, soit même en commençant par un chiffre quelconque. Il en résulte aussi que, si une erreur a été commise dans l'opération, si par exemple un tour a été omis dans le mouvement de la manivelle, ce dont on est averti par l'apparition dans les petites lucarnes du multiplicateur réellement employé, il suffit de faire faire après coup, à la manivelle, le tour manquant, après avoir replacé la platine du compteur dans la position correspondante, pour voir inscrire immédiatement le produit rectifié. Si, inversement, on a fait un ou plusieurs tours en trop, dans une des multiplications partielles, on corrigera également la faute en donnant un ou deux nouveaux tours de manivelle, mais après avoir pris la simple précaution de pousser le bouton d'embrayage à la position *soustraction*.

Division. La division se fait comme dans le calcul ordinaire, par une marche inverse de celle suivie pour la multiplication. Le bouton d'embrayage étant poussé à la position convenable, le dividende est écrit à l'aide des cadrans du grand compteur et sur la gauche de la platine ; on écrit le diviseur à l'aide des boutons des rainures ; on amène le dividende en regard du diviseur, en déplaçant la platine du compteur, de façon que le premier chiffre du dividende soit directement au-dessus du premier chiffre du diviseur, et l'on tourne la manivelle. — A chaque tour, on voit le dividende se fondre pour ainsi dire, chacun des tours de la manivelle ayant pour effet de retrancher une fois le diviseur du nombre formé par les chiffres du dividende, écrits au-dessus de lui. — On arrête le mouvement de la manivelle quand le nombre qui reste au-dessus du diviseur ne le contient plus; le nombre de tours enregistré par le petit compteur donne alors le premier chiffre du quotient. Si, au contraire, on a tourné un tour de trop on entend alors dans la machine un bruit insolite, et l'on voit apparaître successivement le chiffre 9 à toutes les lucarnes, ce qui est la façon dont la machine indique qu'on a voulu lui faire retrancher d'un certain nombre, un nombre plus grand que lui. Il suffit alors de pousser le bouton d'embrayage à la position *multiplication* et de donner un tour de manivelle pour voir l'erreur réparée. L'opération peut aussi continuer en remettant le bouton d'embrayage à la position convenable.

Extraction des racines. L'extraction de la racine carrée s'opérant par une série de soustractions et de divisions successives, il est facile de concevoir comment on l'effectuera sur la machine en suivant la marche habituelle ; mais, eu égard à la disposition de l'appareil, il y a un grand avantage, comme élégance et rapidité, à opérer par le procédé moins usuel, dit procédé par additions successives, qui est fondé sur les propriétés des progressions arithmétiques. Par ce procédé la machine donne avec rapidité des racines de 8 et 10 chiffres exacts. Sur une machine à huit coulisses et à seize lucarnes on obtient très rapidement aussi le *quatrième terme d'une proportion*, si le produit des moyens est au-dessous de dix quatrillions, tandis que l'extrême connu n'est pas exprimé par plus de huit chiffres. On y calcule, d'après la propriété du carré de l'hypothénuse et avec toute l'exactitude désirable, le troisième côté d'un triangle rectangle, dont deux côtés sont donnés ; on procède à la résolution générale des triangles, avec le concours des lignes trigonométriques naturelles qui étaient exclusivement en usage avant l'invention des logarithmes. On peut également y calculer de la même manière les formes telles que :

$\sin a \cos b + \sin b \cos a$ et $\cos a \cos b + \sin a \sin b$, celles :

$$\frac{\sin a + f \cos a}{\cos b + f \sin b}\, Q \text{ et } \frac{\operatorname{tang} a + f}{1 + f \operatorname{tang} a}\, Q$$

et autres expressions de forme analogue qui se présentent dans les applications mécaniques. Mais c'est surtout dans l'obtention de la plupart des *tables numériques* et de tous les *barêmes* que l'*arithmomètre* peut rendre de grands services. Par exemple, la table de multiplication dressée par ordre du ministre de la marine, imprimée par *Didot* en l'an VII, aurait été dictée avec cette machine beaucoup plus vite qu'on n'eût pu l'écrire; il en serait de même de tous les *tarifs* que l'on aurait à calculer ou à vérifier. — L'*arithmomètre Thomas* est donc réellement applicable à certaines interpolations numériques. Il l'est encore à la solution de beaucoup de problèmes par des tâtonnements ou essais successifs qui conduisent assez rapidement à un résultat aussi approché qu'on le désire ; l'extraction des racines 4e, 5e, 6e... d'un nombre donné est dans ce cas. — Les divers perfectionnements apportés à cette machine, non seulement lui ont enlevé son caractère d'instrument de précision qui exigeait pour son maniement une certaine délicatesse, mais aussi ont fait disparaître les défauts de détail qui pouvaient lui être reprochés; ils ont contribué par suite à répandre l'usage de cet instrument. Ce n'est pas seulement dans les opérations simples et isolées qu'elle présente de grands avantages sur le calcul manuel. La supériorité est bien plus manifeste encore quand il s'agit d'opérations complexes comme en exigent les calculs des formules algébriques que l'on rencontre dans la solution de la plupart des problèmes de la pratique. Pour ces opérations complexes, la machine a le grand avantage de ne pas exiger l'inscription successive des résultats partiels, ces résultats obtenus sur la platine de la machine étant, dans le plus grand nombre des cas, directement transformés les uns dans les autres sans qu'il soit nécessaire même d'en prendre note. En outre, pour les calculs usuels et surtout pour les calculs relatifs aux constructions, cubages, devis estimatifs, elle doit évidemment d'avoir une grande supériorité sur tous les autres modes de calcul à ce fait qu'elle opère d'un seul coup la multiplication et l'addition. — Par l'emploi des tables des lignes trigonométriques naturelles, la machine, avons-nous vu, permet d'effectuer les calculs des formules dans lesquelles entrent des valeurs trigonométriques aussi aisément que ceux des simples formules algébriques, et, par suite, elle dispense de l'emploi des logarithmes qui ne trouvent plus leur utilité que dans le cas où l'on doit faire usage de formules exponentielles. — Avec l'arithmomètre actuel on obtient en 24 secondes le produit par lui-même du nombre 99.999.999 formé de huit 9, produit qui est 9.999.999.800.000.001. En 28 secondes avec les machines de dix chiffres on obtient le produit par lui-même d'un nombre de dix-neuf. — Malheureusement la rapidité que l'on obtient dans l'exécution des multiplications n'est pas la même pour les additions. — L'usage de l'*arithmomètre* n'est pas limité au calcul des nombres comportant un nombre de chiffres égal à celui des rainures graduées. Il peut, à l'aide d'un artifice bien simple, donner par exemple, au moyen de quatre multiplications successives et d'une addition, le produit de deux facteurs renfermant chacun un nombre de chiffres double de celui des rainures. — Un cas où la machine produit des résultats réellement merveilleux, c'est lorsqu'on l'applique au calcul des tables de multiplication, des barêmes, etc. Les maisons de banque, les administrations financières constatent les services que cet instrument leur rend dans le calcul des tables d'escompte, l'établissement des comptes courants, les calculs de statistique, etc. Les prix de ces machines varient de 150 à 500 francs.

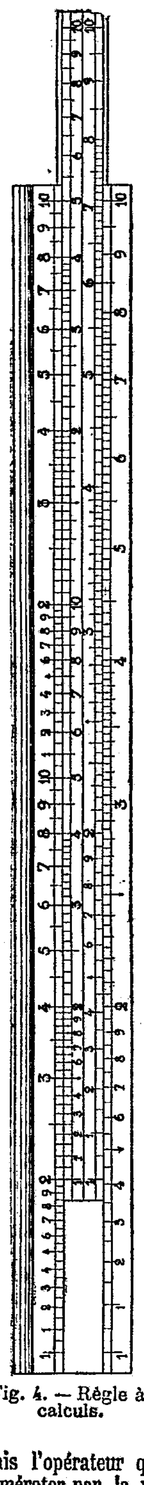

Fig. 4. — Règle à calculs.

On a encore donné le nom d'*arithmomètre* à un petit instrument que l'on connaît aujourd'hui sous le nom de *règle à calculs* et qui, par le fait, doit être classé parmi ceux que nous avons appelés arithmomètres; cet instrument, à notre avis, est susceptible de grands perfectionnements; exploité par un constructeur intelligent, il est appelé à rendre des services immenses aux ingénieurs et aux calculateurs. Cet appareil (fig. 4) se compose de deux règles susceptibles de glisser l'une dans l'autre (plus généralement l'une contre l'autre); elles sont divisées toutes les deux de la même façon (le lecteur est prié, pour le moment, de faire abstraction des deux systèmes de divisions placées à la partie inférieure de la figure), de telle sorte que leurs divisions peuvent coïncider à la fois; les divisions principales numérotées 1, 2, 3,... 10, 20,... sont à des distances de la première numérotée 1, égales (à une échelle donnée) à log 1, log 2, log 3, ... log 10, log 20, ...; les divisions intermédiaires ne sont pas numérotées, mais l'opérateur qui fait usage de la règle doit les numéroter par la pensée, de telle sorte que la distance d'une division à la première, dite l'*index*, soit égale au logarithme du nombre qu'il y attache. La règle inférieure porte le nom de *réglette*. Ceci posé, pour multiplier, par exemple, 2 par 4, on place, comme l'indique la figure, l'index de la réglette sous la division 2 de la règle; et au-dessus de la division 4 de la réglette, on lit sur la règle le produit 8; en effet, la distance de la division en question de la règle à l'index de la règle est bien log 2 + log 4 = log 8; pour diviser 8 par 4, on place au-dessous de la division 8 de la règle la division 4 de la réglette et on lit le quotient 2 au-dessus de l'index de la réglette. Les règles à calculs ordinaires sont de 25 centimètres (il y en a de plus grandes) et elles sont en buis, quelquefois en carton, recouvertes d'une enveloppe de verre; j'en ai vu qui étaient en métal. Les règles en bois présentent un inconvénient : le bois travaille et elles cessent de donner des indications exactes. Le principe de la règle à calculs peut être évidemment appliqué à la construction de règles circulaires; si l'on remarque que sur une règle à calculs la division de 1 à 10 est identique à la division de 10 à 100, on peut se borner sur une règle à calculs circulaire à construire une division de 1 à 10, de sorte qu'une règle circulaire de 50 cent. de diamètre se comportera, comme une règle ordinaire, de π.50 centim. de long., et même comme une règle de 2π.50 centim., si l'on trace une division de 1 à 10, ce qui fait environ 3 m. Une règle circulaire devrait être métallique et porter un microscope; on peut estimer qu'une pareille règle donnerait sept chiffres exacts pour un produit ou un quotient et cela presque instantanément. De pareilles règles, à ce qu'affirme Montferrier, ont été construites. Il est bien regrettable qu'il n'en existe pas dans le commerce; elles seraient bien plus utiles que les machines, et bien moins susceptibles de se détériorer. Les règles à calculs servent quelquefois à l'extraction des racines carrées; à cet effet elles portent à leur partie inférieure une division de dimensions doubles; deux traits correspondants dans la division supérieure et dans la division inférieure sont alors représentés respectivement par des nombres tels que le nombre supérieur est égal au carré du nombre inférieur correspondant. Enfin, on peut ranger parmi les arithmomètres, ou arithmométrographes une sorte de table imaginée par un ingénieur, M. Genaille, et qu'il est en train de perfectionner. Cette table contient douze colonnes verticales, deux très étroites à gauche et à la suite dix plus larges portant en tête les nombres 1, 2, 3, ... 9, 0. Ces colonnes sont divisées en cases rectangulaires comme on le voit sur le tableau ci-contre. Maintenant, considérons l'une de ces colonnes, celle qui porte en tête le nº 6 : la première case, en commençant par le haut, contient le premier chiffre des sommes 2×6 et $2 \times 6 + 1$, la seconde case contient le premier chiffre des sommes 3×6, $3 \times 6 + 1$ et $3 \times 6 + 2$, la troisième case contient le premier chiffre des sommes 4×6, $4 \times 6 + 1$, $4 \times 6 + 3$ et ainsi de suite, la seconde colonne contient les mêmes chiffres que la 10ᵉ, intitulée 0.

Je suppose maintenant toutes les colonnes verticales découpées, et je suppose que l'on ait plusieurs échantillons identiques de ces colonnes, je suppose que l'on veuille multiplier 1234 par 6 : on placera quatre de ces colonnes choisies de manière à ce que leurs en-têtes fassent 1234 et on les placera de manière à ce que les en-têtes soient bien sur une même horizontale, on y accolera à gauche les deux petites colonnes; dans la première, on cherchera le multiplicateur, ce qui indique que le produit se trouve inscrit dans les cases portant le numéro d'ordre 6 et voici comment : le chiffre des unités 4 du produit est le premier chiffre de la sixième case de la colonne intitulée 4. Le chiffre suivant s'obtient en passant au sommet de l'angle tracé dans cette case et dans la colonne intitulée 3, de là on passe au sommet de l'angle qui contient le chiffre et ainsi de suite, de sorte que le produit est formé des chiffres à côté desquels sur le tableau nous avons mis un gros point. M. Genaille a fait construire effectivement des colonnes découpées comme nous venons de le dire, mais il est plus simple de faire usage de la table non découpée et de transporter par la pensée les colonnes les unes près des autres. La table de Genaille (fig. 5) ne donne que les produits par un seul chiffre, mais elle est d'un usage très commode. En une heure de temps, j'ai appris à un enfant de huit ans, ne sachant pas calculer, à faire une multiplication par un seul chiffre plus rapidement qu'un calculateur exercé. Disons, enfin, que M. Genaille a étendu son principe à la

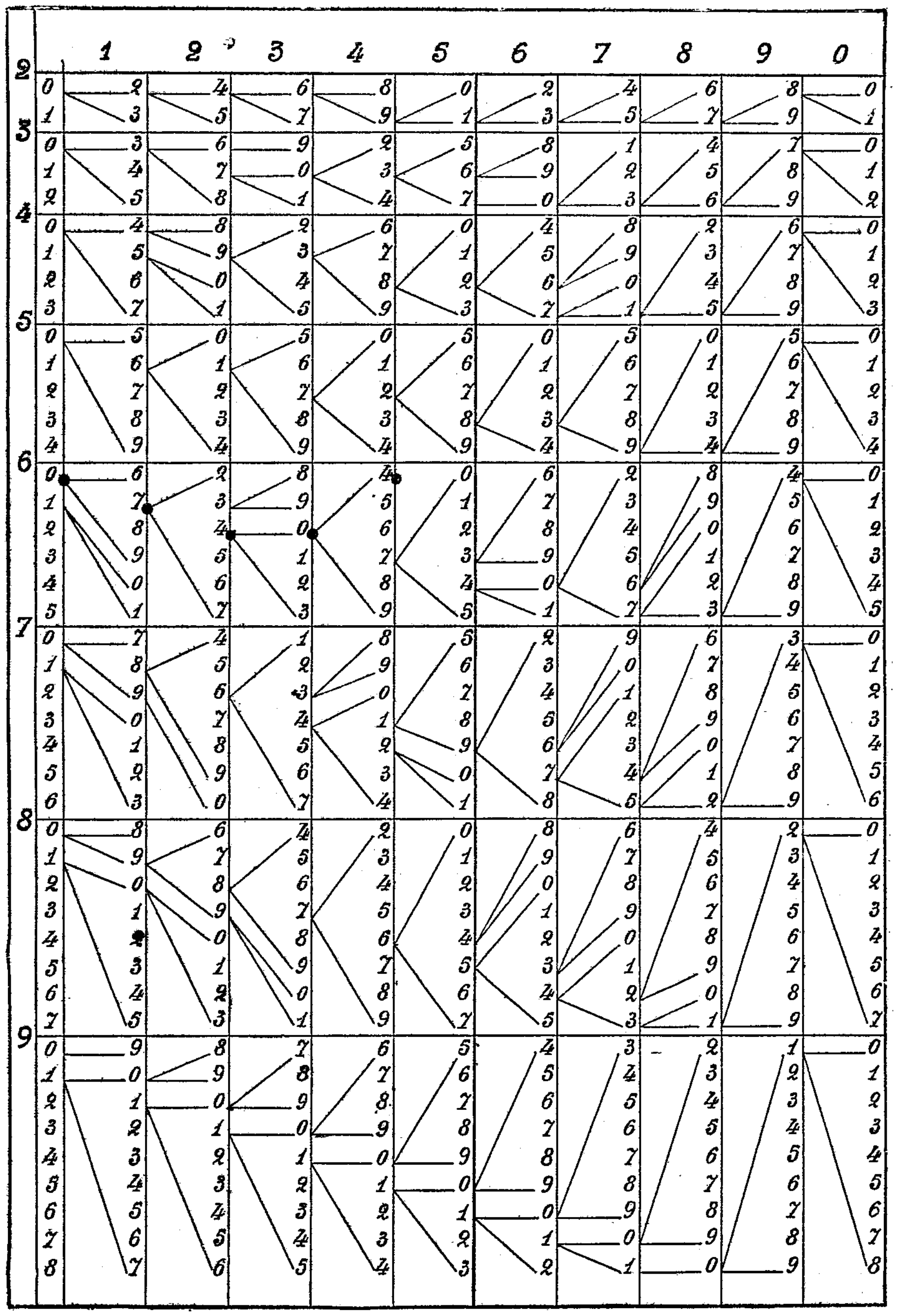

Fig. 5. — Table de Genaille.

construction d'une table donnant les quotients quand le diviseur n'a qu'un seul chiffre, et que sa table a déjà reçu et recevra certainement encore des perfectionnements importants. P. Charpentier et H. Laurent.

ARITHMOPLANIMÈTRE. Instrument à calculer inventé par M. Lalanne, et qui est employé surtout par les personnes qui ont à faire des calculs de mouvements de terre; cet appareil est fondé sur la théorie de la similitude.

ARIUS. Célèbre hérésiarque du IVe siècle, né à Alexandrie vers 280, mort à Constantinople en 336. On trou-