Janvier 1943

7 francs

la Science et la Vie

Voir page 13

la Science et la Vie

Tome LXIII - N° 305 — Janvier 1943

SOMMAIRE

★ L'unité de l'organisme; hormones et système nerveux, par D. Diaz 3

★ L'automatisme dans le bombardement en piqué, par Pierre Armont 11

★ Du boulier des anciens aux « cerveaux d'acier » modernes, par A. Sainte-Laguë 15

★ Les insectes amis de l'agriculteur, par Pierre Beck 28

★ L'industrie moderne des conserves alimentaires, par Jean Francis 34

★ Le destroyer bimoteur a-t-il fait faillite? Du destroyer d'escorte au chasseur bombardier, par Pierre Dublanc. 43

T W 23084

Dès les premières opérations aériennes, le bombardement en piqué a révélé son efficacité. Son exécution réclame des pilotes aux réflexes rapides, précis et complexes, alors que les évolutions à grande vitesse les soumettent à des accélérations dangereuses. Le bombardement en piqué est effectué aujourd'hui par des appareils spécialisés, munis de dispositifs automatiques réduisant au minimum le rôle du pilote et limitant la vitesse : volets d'intrados ou freins de queue. La couverture du présent numéro montre le plus récent des « Stukas » allemands, le Dornier 217 Do E, équipé d'un frein parachute inédit dont on aperçoit les quatre pales disposées en croix. (Lire l'article page 11 de ce numéro.)

« La Science et la Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne. Rédaction, Administration, actuellement, 3, rue d'Alsace-Lorraine, Toulouse. - Chèque postal : numéro 184.05 Toulouse. Téléphone : 230-27. Adresse télégraphique : SIENVIE Toulouse. Publicité : 68, rue de Rome, Marseille.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. *Copyright by* « La Science et la Vie », Janvier mil neuf cent quarante-trois. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B.
Abonnements : France et Colonies, un an : quatre-vingts francs.

DU BOULIER DES ANCIENS AUX « CERVEAUX D'ACIER » MODERNES

par A. SAINTE-LAGUË
Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers

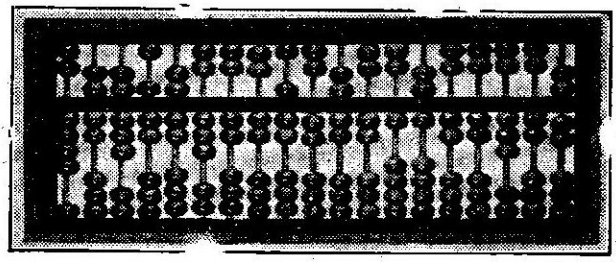
Si l'homme a, depuis les temps les plus reculés, cherché à économiser le travail de ses muscles par l'invention de machines, il n'avait pas osé rêver de remplacer son cerveau par un mécanisme pour des opérations intellectuelles longues et pénibles, telles que celles du calcul. Un jeune homme de dix-neuf ans, Blaise Pascal, n'a pas craint d'attaquer ce problème il y a trois cents ans (1), *et est parvenu à le résoudre : sa machine arithmétique possédait d'emblée tous les principaux organes des machines à calculer modernes. Mais bien que l'invention de Pascal fût la première machine à calculer digne de ce nom, elle empruntait en partie son principe à des instruments de calcul plus rudimentaires et dont l'ancêtre est le boulier. C'est par une série de perfectionnements successifs du principe comme de la technique de réalisation que sont nés peu à peu ces « cerveaux d'acier » incomparablement plus puissants dans leur spécialité que n'importe quel cerveau humain. La machine à calculer fait aujourd'hui la conquête du monde : du compteur de points de la table de billard et du tiroir-caisse du commerçant aux machines à très grand rendement, elle permet, non seulement d'épargner du temps et de la peine, mais elle est l'outil indispensable de l'ingénieur, du financier, etc..., qui veulent contrôler la marche d'entreprises toujours plus complexes.*

Les débuts du calcul mécanique : Les instruments de calcul

Le mot calcul vient, on l'a dit et redit, du mot « calculus », petit caillou, et rappelle les jetons ou petits objets mobiles qui servaient autrefois à faire les opérations les plus élémentaires de l'arithmétique.

Rappelons pour mémoire les bouliers dont on trouve tant d'exemples chez les peuples anciens : grecs, romains, hébreux, etc. Ils ne sont plus guère utilisés chez nous que dans les écoles de jeunes enfants et encore en Extrême-Orient (fig. 1 et 2), où, nous dit M. de Thallesme, on les trouve partout; la moindre boutique chinoise ou japonaise est munie de bouliers dont les vendeurs se servent avec une dextérité qui fait l'admiration du visiteur occidental. Certains auteurs prétendent que le Souan-Pan chinois est connu depuis la plus haute antiquité. En réalité, c'est seulement au quatorzième siècle qu'il fit son apparition en Extrême-Orient, venant peut-être de la Russie, de la Perse, de l'Arménie ou de la Turquie.

Nous n'avons pas l'intention d'insister sur ces bouliers à bagues ou planchettes à calcul qui ne servaient que pour l'addition. Sur le même principe, on a réalisé divers appareils appelés « additionneurs ». Dans ces appareils, on fait glisser, à l'aide d'un poinçon, stylet, ou piquoir, une lanquette de métal dans une coulisse rectiligne. Ce dispositif a été souvent employé, par exemple dans la machine arithmétique de Caze, et s'est conservé dans des appareils récents, comme l'« Addiator » ou l'« arithmographe Troncet ». Dès 1847, l'appareil Kummer effectuait des retenues par une méthode qui, réduite à sa plus simple expression, est la suivante : ayant inscrit 7 à l'aide d'un déplacement de 7 unités de la pre-

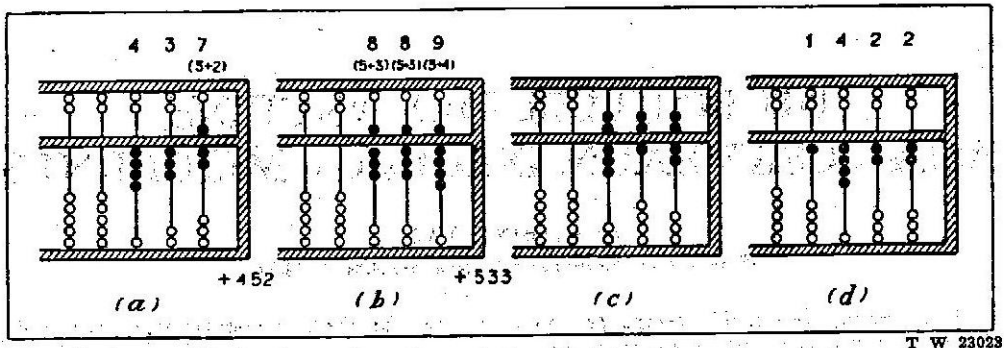


T W 23022

FIG. 1. — LE BOULIER CHINOIS, DIT « SOUAN-PAN »

Chacune des boules groupées par cinq sur une même portion de tringle vaut une unité; chacune de celles groupées par deux représente cinq unités. L'ordre décimal va en croissant de droite à gauche.

(1) C'est en 1642 que Blaise Pascal inventa la première machine à calculer. La France se devait de célébrer le tricentenaire de cette invention. C'est ce qu'a fait, dans des séances communes solennelles la Société des Ingénieurs civils de France, avec la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et le Comité national de l'Organisation française. Le Conservatoire National des Arts et Métiers, d'autre part, a organisé une très riche exposition de machines et instruments anciens et modernes.



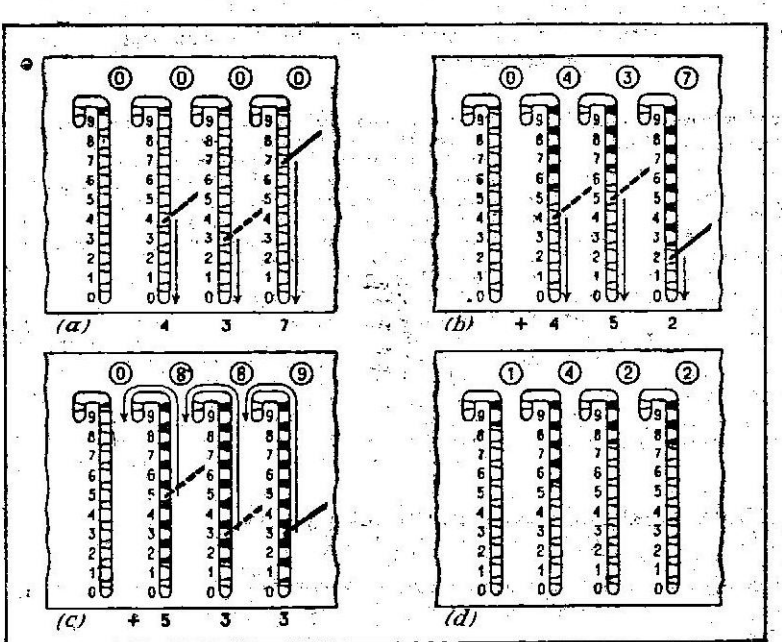
T W 23023

FIG. 2. — COMMENT ON UTILISE LE BOULIER CHINOIS

En (a) est représentée l'inscription du nombre 437 à l'aide des boules que l'on rapproche de la traverse longitudinale (l'inscription du 7 s'effectue en déplaçant une boule valant 5 et deux boules valant 1). En (b), on a ajouté 452 en ajoutant les boules correspondantes (à l'ordre des centaines, on a ajouté une boule valant 5 et retiré une boule valant 1). En (c), on a ajouté 533 d'une manière semblable, mais le total n'est pas facile à lire, car il y a deux boules valant 5 sur chacune des tringles supérieures. Il suffit de les faire disparaître en ajoutant chaque fois une unité de l'ordre supérieur.

mière réglette, ou réglette des unités, on veut lui ajouter 6, que l'on peut considérer comme étant 10 — 4. Le complément de 6 à 10 étant ainsi 4, on retranchera 4 de 7 en déplaçant la réglette de 4 unités en sens inverse, mais on aura soin d'ajouter 1 unité à la deuxième réglette ou réglette des dizaines. Kummer avait eu en plus l'idée ingénieuse de terminer chaque rainure dans le haut par une crosse en demi-arche la reliant à la rainure qui est à sa gauche et qui représente par suite des unités dix fois plus grandes. Ceci permet de reporter les dizaines sans avoir à déranger le piquoir (fig. 3).

Parmi les premiers appareils qui ont permis de simplifier la multiplication, citons d'abord les bâtons de Neper (fig. 4) qui constituent une sorte de table de Pythagore à colonnes mobiles où les résultats sont inscrits dans des cases coupées en deux par une diagonale. Ce système a été perfectionné par plusieurs inventeurs. L'idée la plus ingénieuse est celle des réglettes de Genaille (fig. 5) qui, en 1885, rendit la multiplication à peu près automatique en disposant côte à côte des bandes remplaçant les colonnes de la table de Pythagore et conduisant par de larges triangles noirs chaque fois à un chiffre bien déterminé de la bande voisine. On retrouve des dispositifs analogues dans bien d'autres appareils comme le « tableau multiplicateur-diviseur » de Léon Bollée. Les réglettes de Genaille, malgré leur très grande simplicité de construction, permettent, tout en supprimant tout effort men-



T W 23039

FIG. 3. — COMMENT ON UTILISE L' « ADDITIONNEUR A CROSSES »

On voit en (a), (b) et (c) les manœuvres à effectuer pour, successivement, inscrire 437 et ajouter 452 et 533. En (a) et (b), on plante le piquoir en face du chiffre voulu et on entraîne la languette de métal non visible vers le bas, jusqu'à ce que le style arrive au fond de la rainure. En (c), il s'agit d'additions avec retenues, ce dont l'opérateur est averti, car il est amené à planter le piquoir dans la partie colorée de l'échelle. Il faut alors déplacer le style vers le haut, jusqu'à l'extrémité de la crosse, la fin du mouvement inscrivant automatiquement la retenue sur l'échelle suivante qui se trouve entraînée d'une unité. En (d) se lit le résultat final.

tal, de diviser par trois au moins le temps à consacrer à une multiplication.

Mais si ingénieux qu'ils soient, ces instruments de calcul ne suppriment pas entièrement l'intervention du cerveau humain, et ne méritent donc pas le nom de « machines à calculer ».

La machine de Pascal

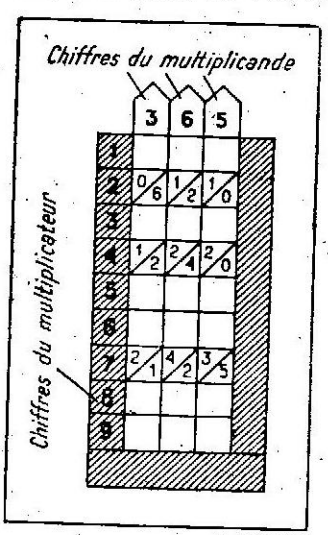
C'est au génie de Blaise Pascal que l'on doit la première machine à calculer qui mérite ce nom. Il l'avait construite, comme on le sait, pour aider son père, Etienne Pascal, qui était alors intendant à Rouen. Il avait dix-neuf ans, en 1642, lorsqu'il la conçut, mais il lui fallut dix années de travail pour la réaliser. Elle contient au fond la plupart des éléments d'une additionneuse moderne : le chiffreur, le reporteur, le viseur à lucarnes et l'inscription circulaire.

La figure 6 représente la machine « à 6 chiffres, plus sols et deniers » qui se trouve au Musée du Conservatoire national des Arts et Métiers. La capacité de la machine représentée par la figure, c'est-à-dire le nombre des unités de divers ordres qu'elle peut utiliser, est, comme on le voit, de 8.

Cette machine pouvait faire les retenues (fig. 7) et ajouter, par exemple, 1 au nombre 9999 visible dans des fenêtres appropriées. Les déclenchements successifs nécessaires pour cela s'exécutent très rapidement et ne se gênent pas les uns les autres.

Pour effectuer des soustractions, on utilise une seconde chiffraison marquée sur la jante des tambours et complémentaire de la première, 0, 1, 2, 3, ..., étant ainsi en regard de 9, 8, 7, 6, ... Pour retrancher, par exemple, 32835 ou 032835, on ajoute 967165, le dernier chiffre étant pris par complément à 10 et non plus à 9. Ceci revient à avoir ajouté 1 000 000 — 32 835, donc retranché 32 835, puisqu'il n'y a que six roues et que l'addition de 1 000 000 ne peut être marquée par l'appareil. Cette façon de faire des soustractions, ou méthode des complémentaires, se retrouve dans un grand nombre de machines, même très modernes, lorsque les mécanismes ne sont pas irréversibles.

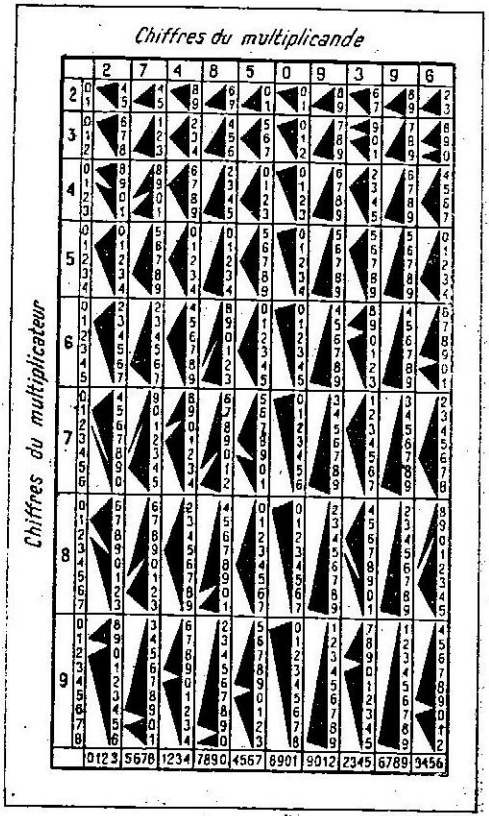
Les idées si ingénieuses de Blaise Pascal étaient malheureusement d'une réalisation technique difficile à son époque, et la diffusion de cette invention en fut considérablement gênée. Elle ne put guère être vraiment utilisée d'une façon un peu importante que deux siècles plus tard, lorsque le docteur Didier Roth créa un additionneur fonctionnant parfaitement et qui, en outre, était léger et peu encombrant. En particulier, Roth, tout en conservant le sautoir, au lieu d'utiliser la pesanteur comme moteur, demanda à un ressort l'énergie nécessaire au report de la retenue. De plus, alors que le sautoir de Pascal ne commence à se soulever que lorsque la roue atteint le chiffre 4, le ressort du sautoir de Roth commence à se tendre dès que la roue passe de 0 à 1. Par ailleurs, dans



T W 23026

FIG. 4. — LA MULTIPLICATION SIMPLIFIÉE PAR LES BATONS DE NEPER

Neper, le célèbre inventeur des logarithmes, imagina dès 1617 de découper la table de Pythagore suivant ses colonnes verticales. Celles-ci, ainsi rendues mobiles, peuvent être juxtaposées dans l'ordre des chiffres du multiplicande, et on lit les produits partiels en face des chiffres du multiplicateur. La séparation de chaque case par une diagonale qui la divise en deux triangles portant respectivement le chiffre des unités et celui des dizaines facilite les reports. On a représenté ici la multiplication de 365 par 742. Le produit partiel de 365 par 7 se lit presque à vue 2555 (2, 1+4, 2+3, 5). La multiplication se trouve ramenée à l'addition des trois produits partiels à disposer convenablement.



T W 23041

FIG. 5. — UN PERFECTIONNEMENT INGÉNIEUX DES BATONS DE NEPER : LES RÉGLETTES DE GENAILLE

C'est une représentation originale de la table de Pythagore, ici encore découpée en colonnes mobiles verticales. La figure représente la multiplication du nombre 2 748 509 396 par les nombres 2 à 9. Les retenues sont faites automatiquement et, pour la multiplication par 7, par exemple, il suffit de lire le chiffre en haut à droite de la rangée horizontale 7, ici 2, et de se laisser guider par les triangles noirs pour les chiffres suivants. On obtient ainsi 19 239 565 772

Les idées si ingénieuses de Blaise Pascal étaient malheureusement d'une réalisation technique difficile à son époque, et la diffusion de cette invention en fut considérablement gênée. Elle ne put guère être vraiment utilisée d'une façon un peu importante que deux siècles plus tard, lorsque le docteur Didier Roth créa un additionneur fonctionnant parfaitement et qui, en outre, était léger et peu encombrant. En particulier, Roth, tout en conservant le sautoir, au lieu d'utiliser la pesanteur comme moteur, demanda à un ressort l'énergie nécessaire au report de la retenue. De plus, alors que le sautoir de Pascal ne commence à se soulever que lorsque la roue atteint le chiffre 4, le ressort du sautoir de Roth commence à se tendre dès que la roue passe de 0 à 1. Par ailleurs, dans

le cas d'une retenue qui comme dans l'addition 99999 + 1 intervient dans plusieurs reports consécutifs, l'intervalle de temps entre deux de ces reports est considérablement augmenté. Disons enfin que, par un dispositif ingénieux, la machine se remet très rapidement à zéro.

Bien d'autres inventeurs essayèrent de perfectionner, avec plus ou moins de succès, la machine de Pascal. C'est ainsi que le vénitien

taient d'ailleurs (1) une singularité étonnante : leur chiffreur ne comporte qu'une seule roue, graduée de 0 à 100 en général. L'idée aurait dû se présenter assez naturellement d'adapter cette commande à chacune des roues du chiffreur à plusieurs éléments pour pouvoir inscrire dans l'ordre de la lecture, ou même simultanément, les chiffres d'un même nombre. S'il n'en a pas été ainsi, c'est sans doute que,

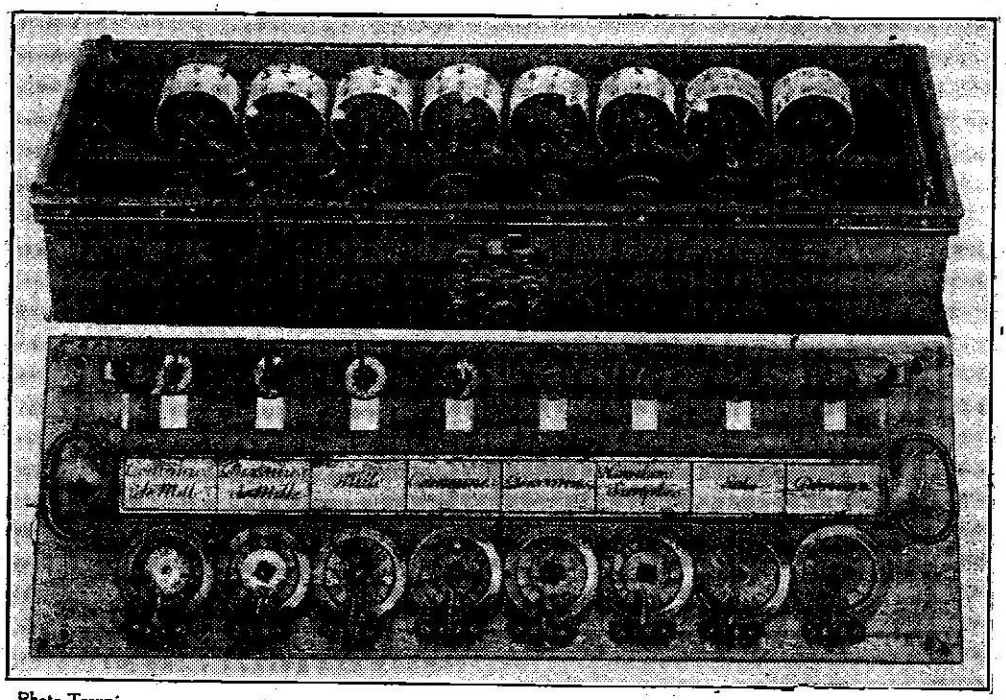


Photo Trouvé T W 23029

FIG. 6. — LA MACHINE A CALCULER DE PASCAL (1642)

Le couvercle de la machine est enlevé et permet de voir, à la partie supérieure, les tambours du totalisateur, avec leurs graduations en sens inverse (l'un pour l'addition, l'autre pour la soustraction). De ces deux graduations, l'une est toujours masquée et l'autre visible par le jeu d'une lamelle coulissant à la partie supérieure du couvercle. Au-dessous se trouvent les roues d'entraînement des tambours portant chacune dix goupilles, à l'exception de la première à droite qui en possède douze (nombre de deniers dans un sol) et de la seconde qui en porte vingt (nombre de sols dans une livre). Avec un stylet, on faisait tourner la roue convenable du couvercle d'un nombre de crans égal au nombre des unités à inscrire, un renvoi d'angles transmettant le mouvement au tambour correspondant. Les retenues s'effectuaient grâce au mécanisme assez délicat de la figure 7. Les petits cadrans de la lamelle coulissante servaient à l'inscription de ce que Pascal appelait des « nombres mémoriaux », indiquant le nombre des manœuvres de cadrans nécessaires pour les multiplications.

Poleni, ne connaissant la machine de Pascal que par ouï-dire, construisit une machine à additionner en 1709, puis, lorsqu'il se fut rendu compte de l'infériorité de sa réalisation, la brisa de ses propres mains.

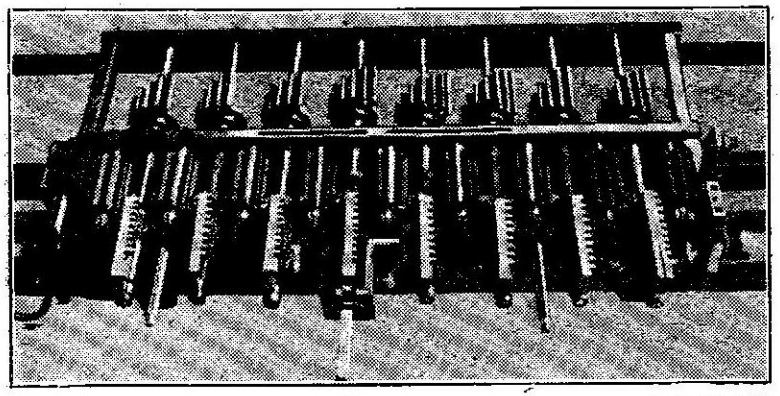
La nécessité d'écrire chiffre par chiffre chaque nombre est une cause de lenteur que l'on a essayé d'éliminer par l'emploi de touches (fig. 8). Cette idée semble, nous dit Maurice d'Ocagne, avoir été réalisée pour la première fois par V. Schilt en 1851, et son emploi est devenu très général, la plupart des machines modernes, sans parler des machines à écrire que nous n'avons pas à étudier ici, étant munies de telles touches.

Les nombreuses machines à touches construites au milieu du dix-neuvième siècle présen-

pour faire une addition, on inscrivait et par suite ajoutait toutes les unités, puis toutes les dizaines et ainsi de suite. Le résultat était transcrit à la main sur une feuille de papier. Dès lors, il suffisait d'une machine à une seule roue pour faire une addition. Elle servait successivement pour les unités, puis les dizaines, puis les centaines, etc. Les premiers calculateurs n'ont pas eu, comme on le voit, l'idée que les nombres pouvaient être utilisés et combinés par la machine autrement que par les techniques usuelles du cerveau humain dans le calcul arithmétique.

Plus on va, plus on s'aperçoit qu'il n'y a au-

(1) *Les Machines à calculer*, par Louis Couffignal, Gauthier-Villars, éd.



T W 23032

FIG. 9. — LA MACHINE DE LEIBNIZ (1694)

Les pièces essentielles de cette machine sont les tambours à dents inégales dont le principe est expliqué fig. 10 et qui se retrouvent dans l'arithmomètre de Thomas de Colmar (fig. 11). Suivant la multiplication à faire, le tambour est ici déplacé plus ou moins le long de son axe, et la roue dentée qui engrène avec lui rencontre un nombre de dents variable et tourne ainsi d'un angle variable à volonté à chaque tour de manivelle.

ou non connaissance de l'entraîneur de Leibniz. La machine est réversible, grâce à une roue d'angle qui, déplacée par le bouton « addition », « soustraction », engrène avec l'un ou l'autre des deux pignons ayant le même axe.

Un effaceur des plus ingénieux (fig. 12) permet la remise à zéro de l'appareil. L'emploi d'une croix de Malte constitue une autre innovation, destinée à éviter que, par inertie, et en vertu de la vitesse acquise, les pièces mobiles n'aillent au delà de leur position d'arrêt prévue.

A côté de l'arithmomètre Thomas, il faudrait citer bien d'autres machines plus récentes utilisant toujours le même type d'entraîneur. Une mention spéciale doit être faite pour l' « Arithmaurel », machine à calculer due à Maurel et perfectionnée ensuite par lui-même et par Jayet (fig. 13).

La construction permet de donner aux organes une rotation très rapide avec un effort des plus réduits.

Cette machine, nous dit Maurice d'Ocagne, était voisine de la perfection théorique, mais la complication de son mécanisme, ajoutée à sa grande fragilité, ne lui a pas permis de se prêter à une fabrication courante.

L'entraîneur Odhner

Le Suédois Odhner présenta, en 1878, un appareil comportant des disques à nombres variables de dents. La figure 14 représente la pièce essentielle de cet appareil. Chaque disque est muni de pièces mobiles disposées radialement qui peuvent faire saillie sur la tranche et former ainsi des dents. Elles sont déclenchées par des goujons portés par la rainure de gauche en forme de demi-cercle. Cette rainure est taillée dans un disque que l'on manœuvre de l'extérieur par un doigt qui se trouve dans la partie supérieure, doigt que l'on déplace tout le long d'une section d'un cylindre en forme de quart de cercle, cylindre que l'on voit immédiatement sur les machines de ce type. Cette roue, tout en occupant moins de place que le tambour à dents inégales de Leibniz, remplit exactement la même fonction.

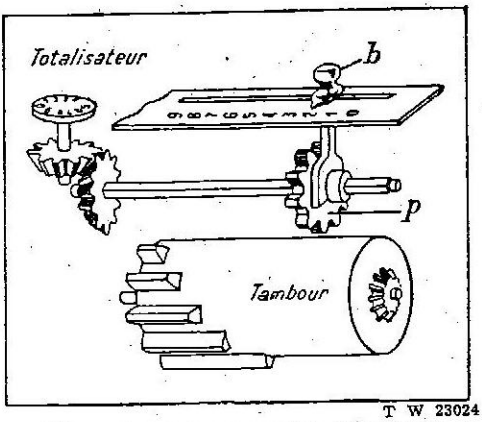
A chaque tour que fait un de ces disques, une petite roue enregistre le nombre de dents faisant saillie, et l'on conçoit qu'il est ainsi facile de faire des multiplications en répétant le nombre de tours. La division s'opère en faisant tourner l'ensemble des disques en sens inverse.

De nombreuses machines, souvent perfectionnées, ont été construites à l'aide de l'entraîneur Odhner.

La plaque calculatrice de Léon Bollée

Les machines précédentes font la multiplication par additions répétées. Mais on a inventé aussi des machines à multiplication directe.

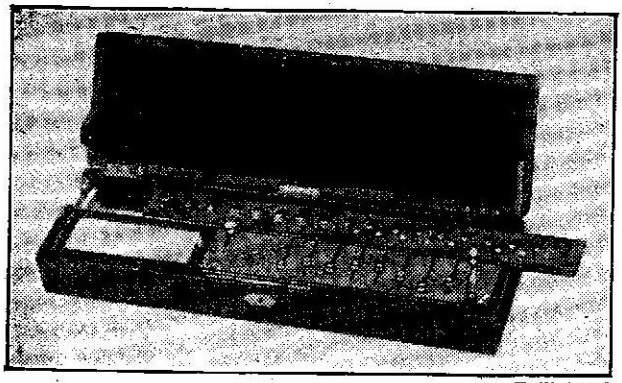
En 1889, Léon Bollée imagina, réalisa et présenta un appareil utilisant un principe entièrement nouveau, grâce à un dispositif qui, pour un seul tour de manivelle du totalisateur, enregistre directement le produit partiel d'un chiffre du multiplicande par un chiffre du multiplicateur. Ce dispositif, la plaque calculatrice (fig. 16), est la matérialisation d'une table de Pythagore. Ce sont ses chevilles qui produisent les déplacements de tiges dentées faisant tourner des pignons et des tambours de quantités en rapport avec leur longueur. Lors de leur création, ces machines permirent d'effectuer des multiplications et des divisions plus rapidement que les machines opérant par additions répétées. Elles présentent cependant encore un inconvénient provenant de la nécessité de déplacer l'en-



T W 23024

FIG. 10. — LE TAMBOUR A DENTS INÉGALES DE LA MACHINE DE LEIBNIZ

Un tambour qui porte 9 dents de longueurs inégales peut entraîner le pignon P, qui entraîne à son tour le totalisateur. Suivant la position donnée à ce pignon par le bouton b, il tourne de 1, 2, ... 9 dents pour chaque tour du tambour.



T W 23035

FIG. 11. — LA PREMIÈRE MACHINE A CALCULER CONSTRUITE INDUSTRIELLEMENT : LA MACHINE A MULTIPLIER DE THOMAS DE COLMAR (1820)

L'appareil comporte une partie fixe (au premier plan) et une platine mobile (au deuxième plan). Sur le couvercle de la partie fixe, on aperçoit un jeu de boutons qui se déplacent le long de graduations. Ils servent à inscrire les chiffres du multiplicande, et déplacent des pignons engrenant sur des tambours à dents inégales (fig. 10) placés sous le couvercle. Les pignons entraînent dans leur rotation le mécanisme totalisateur (situé sous la platine mobile). Le multiplicande étant formé et la platine étant complètement à gauche, un tour de manivelle ajoute au totalisateur la valeur du multiplicande. En déplaçant d'un pas, de deux pas... vers la droite la platine mobile, un tour de manivelle ajoute 10, 100 fois le multiplicande. L'exécution d'une multiplication comporte donc une série de déplacements de la platine, alternés avec des rotations de la manivelle d'autant de tours qu'il y a d'unités de divers ordres dans le multiplicateur. Le bouton situé à gauche de la partie fixe de l'appareil permet, en renversant la marche de la machine, d'effectuer des divisions.

traîneur pour multiplier par un nombre de plusieurs chiffres.

Cette machine de Léon Bollée (fig. 15) présente en outre des dispositions nouvelles qui permettent de faire la division et l'extraction des racines carrées automatiquement, ce qui n'avait jamais été obtenu jusque-là. Elle peut effectuer à l'heure en marche normale, nous dit L. Jacob, une série de 100 divisions, 120 racines carrées et 250 multiplications de l'étendue de $10^{16} : 10^{8} = 10^{10}$; $\sqrt{10^{14}} = 10^{8}$; $10^{10} \times 10^{8} = 10^{18}$, ou encore calculer 4 000 termes d'une progression arithmétique dont la raison ne dépasse pas 10^{12} et à peu près autant d'une table de carrés des nombres jusqu'à 10^{20}.

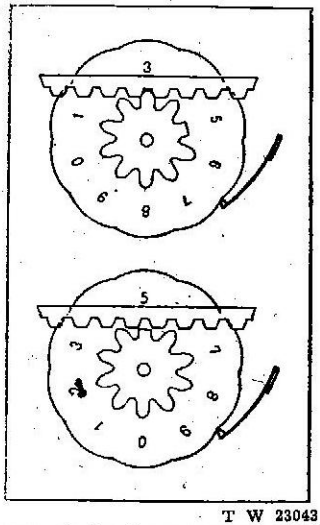
Disons, à titre de curiosité, qu'il y a quelque analogie entre la façon dont Léon Bollée imagina sa machine et celle qu'utilisa Pascal. Dès l'âge de onze ans, Léon Bollée, précoce inventeur tout comme Pascal lui-même, construisait déjà de petits appareils destinés à la simplification des calculs. Par ailleurs, 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 complètement les travaux déjà faits dans cette voie, de sorte qu'il 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.

De nombreux perfectionnements ou des modifications ont été proposés, comme ceux qu'à suggérés M. Malassis qui implanta normalement à un cylindre les tiges calculatrices de M. Léon Bollée ou ceux de O. Steiger dans la machine suisse dite « Millionnaire », qui utilise soit les plaques calculatrices de Léon Bollée, soit des secteurs découpés conduisant au même résultat. La Burroughs-Moon-Hopkins a aussi repris le principe de la machine de Léon Bollée, mais, à vrai dire, malgré la grande rapidité de ces machines, rapidité d'ailleurs dépassée par la plupart des machines électriques modernes, l'idée si ingénieuse pourtant de Léon Bollée ne semble pas avoir rendu tout ce qu'on en pouvait attendre. Cet exemple, nous dit M. Couffignal, met bien en relief qu'il peut y avoir des divergences marquées entre les règles d'opérations favorables au calcul manuel et les règles favorables, au contraire, au calcul mécanique. Il y aurait là, selon cet auteur, la vérification d'une véritable loi de la mécanique comparée, loi qu'il énonce ainsi : « Parmi les machines d'une même classe, sont les meilleures, en leur principe, celles qui mécanisent la définition même des opérations pour lesquelles elles ont été conçues. » La multiplication est une suite d'additions.

On pourrait placer à côté de l'idée de Léon Bollée celle de Seguin, qui considère les nombres comme des polynomes ordonnés par rapport aux puissances de 10 et qui fait le produit en appliquant précisément les règles de la multiplication ordonnée. Nous nous bornerons à cette brève indication, car la machine de Seguin n'a été construite qu'à un seul exemplaire, à titre d'essai.

Les machines modernes

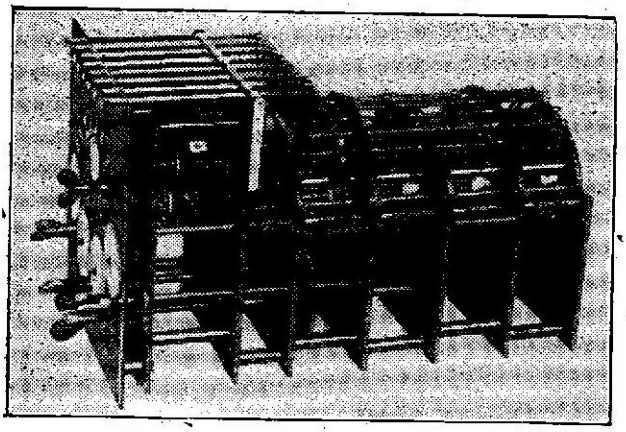
Ce bref historique nous a permis de faire connaissance avec les organes essentiels des



T W 23043

FIG. 12. — L'EFFACEUR DE L'ARITHMOMÈTRE THOMAS

Pour remettre à zero toutes les roues de l'arithmomètre Thomas, on fait mouvoir une crémaillère qui engrène avec la roue dentée spéciale portée par chaque disque gradué. La dent correspondant au zérò de ce disque a été limée. Donc, lorsque le zéro apparaît dans la lucarne, la crémaillère ne rencontrant plus de dent à pousser continue librement sa course et est ensuite ramenée à sa place par un ressort. Toutes les roues sont ainsi ramenées simultanément à zéro.



T W 23028

FIG. 13. — L' « ARITHMAUREL », MACHINE A MULTIPLIER DE MAUREL ET JAYET (1854)

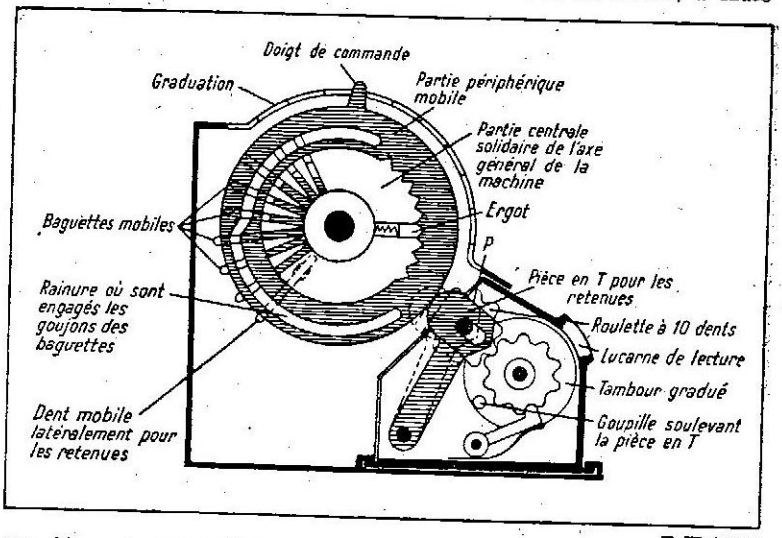
Le principe de cette machine est analogue à celui de la machine de Thomas; mais elle ne comporte qu'un seul tambour à dents inégales, les petits pignons étant disposés circulairement autour de ce tambour.

machines à calculer, car ce sont toujours les mêmes ou des organes analogues que l'on rencontre dans ces machines. Nous plaçant maintenant davantage au point de vue de l'usager, nous allons examiner comment se présente une de ces machines et quels services elle peut rendre(1).

Nous n'avons d'ailleurs nullement l'intention de décrire minutieusement ces diverses machines, car cela nous entraînerait très loin. La complication extraordinaires de certaines d'entre elles, comme les machines comptables ou les machines à statistique que nous n'aborderons pas dans cet article, a au fond les mêmes origines que celle d'une machine à écrire ou d'une automobile. La première réalisation faite par un inventeur d'une idée mécanique est informe et n'indique en rien ce que deviendra ultérieurement cette réalisation dans le cas de réussite industrielle et de fabrication en série, réalisation qui pourtant gardera toujours l'idée maîtresse de l'inventeur et ne fera qu'y apporter des perfectionnements par retouches successives.

Chaque ingénieur, chaque technicien ajoute d'année en année une modification ingénieuse au plan primitif. L'un remarque qu'il y a, à un certain endroit, quelques centimètres cubes inoccupés entre des organes voisins et qu'on pourrait y loger tel dispositif nouveau, appareil de contrôle ou de sûreté; un autre perfectionne une pièce mobile de façon à la rendre plus légère et à lui permettre des vitesses plus grandes et ainsi de suite. Lorsqu'on soulève la plaque en tôle qui cache le mécanisme d'un « comptometer » ou mieux d'une simple additionneuse, comme la « Burroughs », on est effrayé devant la complexité des mécanismes intérieurs, plaques, roues, goupilles, vis d'assemblage qui la composent, et on plaint le mécanicien qui a eu à la monter ou celui qui aurait éventuellement à la réparer.

Dans les considérations très générales qui vont suivre, nous ne prétendrons pas non plus énumérer toutes les machines modernes, les marques en sont extrêmement nombreuses. Celles dont nous parlerons auront été choisies un peu au hasard, à cause



T W 23042

FIG. 14. — LA ROUE D'ODHNER A NOMBRE VARIABLE DE DENTS ET LE PRINCIPE DE SON FONCTIONNEMENT

Cette roue se compose de deux parties mobiles à volonté l'une par rapport à l'autre et réunies par un ergot qu'un ressort à boudin pousse dans un cran. La partie centrale est munie, sur une portion de sa surface (le quart environ), de rainures verticales dans lesquelles coulissent de petites baguettes métalliques, constituant les dents lorsqu'elles font saillie à la périphérie. Le nombre de ces dents varie avec la position relative des deux parties de la roue, dont l'une porte une rainure en arc de cercle où sont engagés des goujons solidaires des baguettes. La position de cette rainure, et par conséquent le nombre de dents, sont fixés par le déplacement d'un doigt devant une graduation sur le carter de l'instrument. La roulette à dix dents tourne donc ainsi de la quantité voulue et transmet le mouvement au tambour portant la graduation visible par la lucarne. La dernière roue porte une goupille qui, une fois par tour, soulève la pièce hachurée en forme de T. Elle effectue le report des retenues en provoquant le déplacement d'une dent mobile supplémentaire qui vient agir sur le mécanisme voisin et le faire avancer d'une unité.

(1) Nous prenons ici pour guide l'article de M. Villard, de la revue *Méthodes* (novembre 1935).

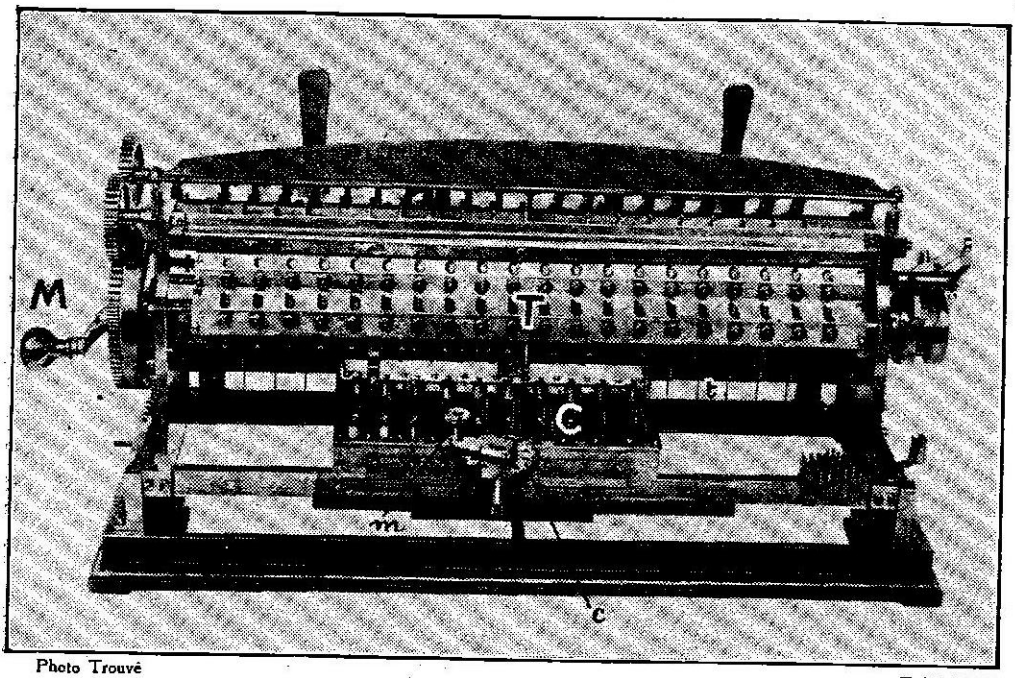


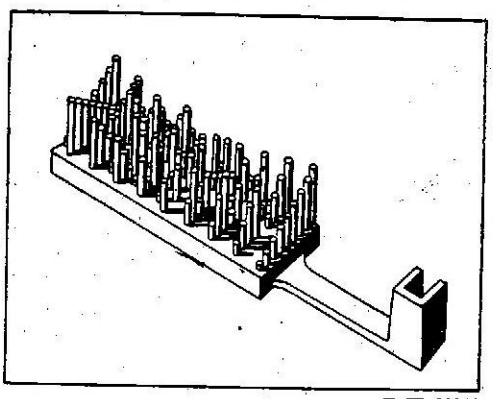
Photo Trouvé T W 23030

FIG. 15. — LA MACHINE A MULTIPLIER DE LÉON BOLLÉE (1889)

Le multiplicande est inscrit par déplacement des boutons C; chacun d'eux entraîne avec lui une plaque calculatrice (du modèle de la fig. 16 et telle que celle visible à droite et en bas), la déplaçant dans le sens des colonnes de la table de Pythagore. Le chiffre du multiplicateur est inscrit par la manivelle m qui s'arrête devant un chiffre du cercle c. La rotation de cette manivelle entraîne le déplacement du calculateur sur son chariot, dans le sens des lignes de la table de Pythagore. Un tour complet de la manivelle m fait passer le chariot aux unités d'ordre supérieur. Le multiplicande et un chiffre du multiplicateur étant inscrits, le produit partiel est « lu » par le totalisateur grâce à des tiges verticales à crémaillères t contre lesquelles viennent s'appliquer les chevilles des plaques calculatrices. Un seul tour de la manivelle M suffit à faire entrer dans le totalisateur T le produit du multiplicande par un chiffre du multiplicateur.

de telle, ou telle caractéristique qui aura paru intéressante à signaler et, est-il besoin de le dire, sans aucune arrière-pensée publicitaire.

Dans une machine à calculer, on trouve d'abord un *totalisateur*. Le plus souvent il est composé de disques circulaires ou tambours enfilés sur un axe commun et portant sur la jante dix chiffres, de 0 à 9, qui apparaissent aussi dans le viseur, à travers une lucarne qui ne laisse voir qu'un chiffre à la fois par tambour. Quelquefois, il s'agit de disques placés dans un même plan avec des axes parallèles. C'est dans ce cas la face plane supérieure du disque qui porte les chiffres.



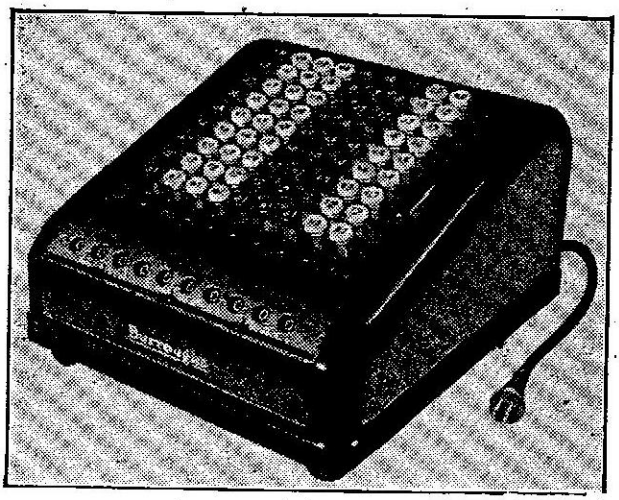
T W 23044

Le rôle du totalisateur, comme son nom l'indique, est d'ajouter les uns aux autres sous forme de déplacements angulaires proportionnels aux chiffres à additionner, tous les nombres qu'on y inscrit, compte tenu des rangs décimaux de leurs divers chiffres. Un problème délicat est toujours celui de la retenue, problème dont nous avons déjà eu occasion de parler dans ce qui précède.

En pratique, les modes d'inscription de nombres dans le totalisateur sont des plus variés. Parfois, comme nous l'avons vu dans la machine Thomas, des curseurs glissent dans des rainures planes et on les arrête de-

FIG. 16. — LA TABLE DE PYTHAGORE MATÉRIALISÉE PAR LA PLAQUE CALCULATRICE DE LÉON BOLLÉE

Cette plaque calculatrice est un rectangle sur lequel sont plantées des chevilles verticales disposées en 9 lignes et 9 colonnes, parallèlement aux côtés du rectangle. A l'intersection d'une ligne et d'une colonne, le produit correspondant de la table de Pythagore se trouve matérialisé par deux chevilles, dont l'une donne par sa longueur le chiffre des unités et l'autre le chiffre des dizaines du produit partiel. Ces chevilles servent de butées à des tiges à crémaillère dont la course entraîne un tambour du totalisateur. C'est cette course qui doit être égale au chiffre correspondant du produit partiel; par suite, les chevilles ont une longueur égale au complément à 9 du chiffre qu'elles matérialisent.



T W 23038

FIG. 17. — UNE MACHINE A CLAVIER COMPLET : LA « CALCULATOR ÉLECTRIQUE BURROUGHS »

Chaque touche porte, à côté du chiffre qu'elle doit inscrire, son complément à neuf, ce qui facilite les opérations de soustraction et de division.

vant le chiffre à noter; parfois on utilise pour ce faire un levier qui se trouve hors du carter de la machine, comme le doigt des entraîneurs Odhner, ou un bouton qui permet, par une rotation convenable, de faire apparaître le chiffre voulu.

Mais bien souvent on utilise, comme nous l'avons vu, des touches que l'on enfonce pour marquer un chiffre donné. Il y a ici deux types de claviers à considérer, le clavier complet (fig. 17) qui comporte autant de fois les dix touches de 0 à 9 qu'il y a d'ordres décimaux pouvant être inscrits dans le totalisateur, et le clavier réduit (fig. 18) qui ne comporte que neuf touches, avec quelquefois des touches spéciales telles que 00 ou 000.

De grandes discussions s'élèvent constamment entre partisans du clavier complet et du clavier réduit.

Le clavier complet a pour lui différents arguments : la pose des zéros est automatique; l'inscription de 100 000 par exemple ne nécessite que la dépression d'une seule touche, au lieu de six avec le clavier réduit. L'opérateur peut enfoncer plusieurs touches à la fois, comme une pianiste qui plaque un accord. La correction d'une faute d'inscription est très facile et ne nécessite pas la correction totale du nombre inscrit, mais seulement du chiffre erroné.

Le clavier réduit peut répondre à tout cela que, s'il n'a pas le zéro automatique, il peut posséder des touches 00 et même 000, ce qui permet d'accélérer la pose de certains nombres; que le fait d'avoir un clavier réduit à dix touches permet à l'opérateur de ne pas déplacer la main et d'employer la « touch method » qui consiste à inscrire les chiffres sans avoir besoin de regarder le clavier; que si la correction d'une erreur de frappe est impossible, la pose totale est tellement facile qu'il est presque plus rapide d'annuler toute la pose et de recommencer que de rechercher dans quel ordre d'unité s'est produite l'erreur que l'on veut corriger.

Si d'ailleurs le clavier complet ne permet pas aussi facilement de travailler « en aveugle », c'est-à-dire sans voir, on a cherché souvent à éviter des erreurs de frappe en donnant des formes différentes à la partie supérieure des touches. C'est ainsi que les touches portant des chiffres impairs sont souvent plus creuses que les autres, ce que le doigt de l'opérateur sent très bien.

Il est difficile de conclure et il est certain que les deux systèmes sont excellents, et que chacun défend celui dont il a pris l'habitude.

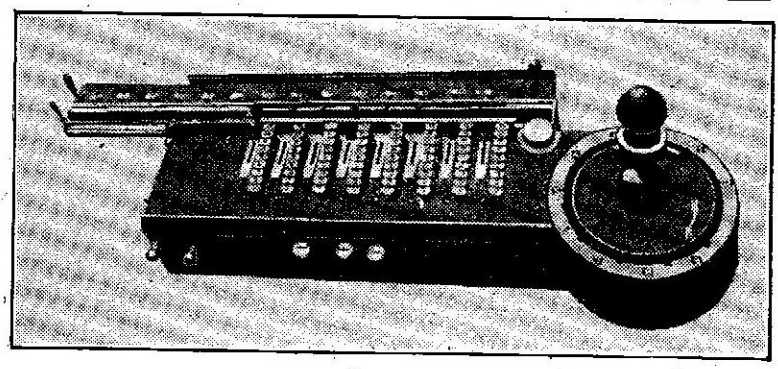
Une fois le nombre inscrit, à l'aide d'index, ou par dépression de touches, il n'est pas encore transmis au totalisateur. On le relit, soit en le regardant à travers des lucarnes dans le viseur qui se trouve souvent dans la partie antérieure de la machine, ce viseur pouvant exister même dans le cas du clavier réduit, soit parfois en reparcourant de l'œil, mais alors habituellement en zigzag, la position des index ou des touches enfoncées. S'il y a une erreur, on la corrige et nous venons de voir que, dans le cas du clavier réduit, on fait cette correction par annulation de tout le nombre inscrit.

On peut alors transmettre ce nombre au totalisateur. L'inscription des nombres a eu pour effet d'apporter aux organes, tels que les en-

T W 23033

FIG. 18. — UNE MACHINE A CLAVIER RÉDUIT : L'« ASTRA »

traîneurs dont nous avons examiné divers types, des modifications qui peuvent affecter soit leur forme, comme dans l'entraîneur d'Odhner, soit leur position comme dans l'entraîneur de Leibniz ou de Thomas, soit même leur course comme dans le cas des crémaillères arrêtées (fig. 19) (que l'on trouve par exemple dans le cas de l'additionneur Dalton).



T W 23031

FIG. 20. — LA « CALCULATRICE FOURNIER »

Cette machine, créée il y a environ vingt-cinq ans, permet de faire les quatre opérations de l'arithmétique, chaque produit partiel s'effectuant à l'aide d'un seul tour de manivelle. L'inventeur part de ce fait que la moyenne des valeurs des chiffres de 1 à 9 est 4,5, et il en conclut que sur 100 multiplications on est conduit à faire à vide 100 demi-rotations. Dans chaque demi-rotation à vide, la main agissant sur le bouton tend un ressort dont la détente permet, dans les demi-rotations utiles, d'achever la rotation commencée sans avoir à fournir d'effort supplémentaire.

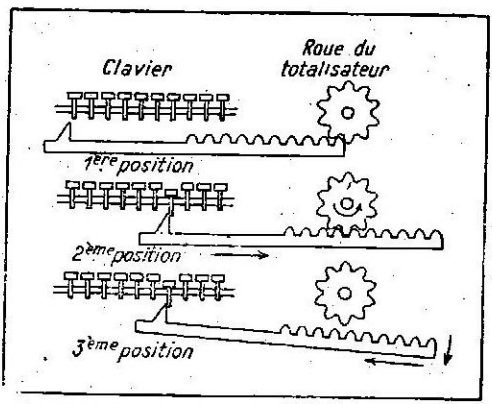
Les opérations arithmétiques simples

Toutes les machines, que ce soit ou non des additionneuses, font naturellement l'addition, le totalisateur inscrivant l'un après l'autre les nombres qu'on lui donne à enregistrer, et permettent d'en connaître à chaque instant le total.

La soustraction est une opération déjà plus compliquée. On fait d'abord entrer dans le totalisateur le plus grand des deux nombres. On inscrit ensuite le plus petit. La machine est parfois à soustraction directe, et dans ce cas, l'inversion du totalisateur est commandée par une touche spéciale ou par le changement du sens de marche de la manivelle d'inscription.

Sinon, on applique la méthode des compléments que nous avons déjà rencontrée à propos de la machine de Pascal.

La recherche du complémentaire de chaque chiffre est souvent facilitée dans les machines à clavier par l'inscription, sur la touche, du chiffre donnant le complément en petits caractères à gauche du chiffre normal que porte la touche (fig. 17).



T W 23027

FIG. 19. — L'INSCRIPTION DES CHIFFRES PAR L'UTILISATION DE CRÉMAILLÈRES

Pour inscrire un chiffre, la crémaillère part de la position de repos (en haut) et se déplace vers la droite en entraînant la roue du totalisateur d'un angle proportionnel à sa course (au centre). Elle s'arrête quand elle bute contre la touche correspondant au chiffre marqué. Un dispositif mécanique la sépare alors de la roue du totalisateur et la ramène à sa position de départ (en bas).

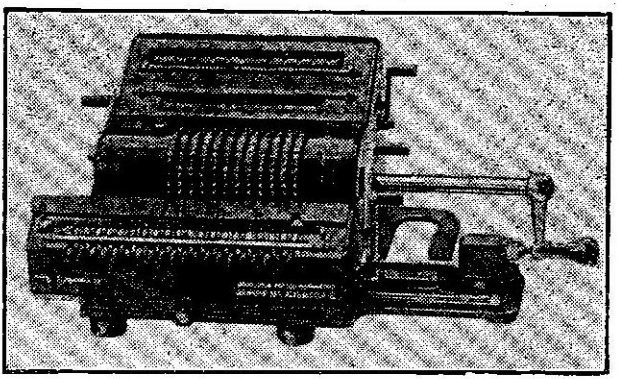
La multiplication se fait directement dans un très grand nombre de machines. Un déplacement mécanique relatif entre le totalisateur et l'inscripteur par glissement vers la droite du totalisateur, permet de considérer un nombre comme représentant des unités dix, cent fois plus grandes qu'au début. On pourra ainsi, soit au rang des unités, soit au rang des dizaines, obtenir les divers produits partiels, produits que le totalisateur ajoute immédiatement les uns aux autres, en donnant autant de tours de manivelle qu'il y a d'unités dans le chiffre du multiplicateur que l'on considère.

Pendant ce temps, un compteur de tours note au fur et à mesure, pour faciliter le contrôle et éviter les erreurs de transcription, les chiffres du multiplicateur en inscrivant les tours de manivelle. On remarquera que, dans ce dernier cas, il n'y a jamais de retenues à envisager et que le dispositif de report n'est pas à mettre dans le compteur. Cependant, dans certains cas, on peut avoir intérêt à l'envisager.

On a cherché à augmenter encore l'automaticité de la multiplication, surtout dans le cas des machines électriques. Parfois il suffit d'appuyer sur le chiffre 6 du multiplicateur pour que le moteur électrique fasse les six tours nécessaires. Ou bien même on inscrit d'abord les deux facteurs de la multiplication et on met le moteur en marche, sans avoir à s'occuper d'aucun autre détail.

Ces inscriptions de multiplicande et de multiplicateur se font sur deux claviers distincts. On est cependant arrivé, comme dans la Mercédès ou la Madas, à pouvoir inscrire successivement le multiplicande et le multiplicateur sur le même clavier.

De même que la multiplication est une suite d'additions, la division est une suite de soustractions. On inscrit d'abord le dividende dans le totalisateur, puis on pose le diviseur à l'aide du système d'inscription. On soustrait ensuite, en se plaçant en face des ordres décimaux convenables, et en supposant que l'on ait la soustraction directe, le diviseur autant de fois



T W 23037

FIG. 21. — MACHINE BRUNSVIGA MODERNE, DU TYPE ODHNER

que possible. Chaque tour de manivelle est inscrit au compteur de tours qui permet, une fois l'opération terminée, de lire le quotient. On s'arrête dès qu'une nouvelle soustraction ne serait plus possible; si par inadvertance on est allé trop loin, il suffit habituellement de faire un tour de manivelle en sens inverse pour réadditionner le diviseur. Parfois une sonnette prévient l'opérateur de son erreur.

Une autre méthode consiste, ayant inscrit le diviseur, à chercher par tâtonnements quel est le multiplicateur maximum que l'on peut utiliser pour ne pas dépasser au produit le dividende, inscrit au préalable dans le totalisateur qui est placé sous les yeux de l'opérateur.

On a cherché à rendre ces opérations plus automatiques encore. La machine Madas a résolu la première ce problème de l'automaticité de la division. La machine fait, en effet, toutes les opérations utiles sans intervention de l'opérateur qui n'a qu'à inscrire les données du calcul à effectuer.

Les perfectionnements récents de la machine à calculer

La liste complète des perfectionnements que l'on peut ajouter à tous ceux que nous avons eu déjà l'occasion d'indiquer, serait très longue et il faudrait dépouiller tous les catalogues des constructeurs et toutes leurs notices. Nous nous bornerons par la force des choses à quelques indications sommaires.

Pour économiser la fatigue, avant l'adaptation aux machines à calculer de moteurs électriques, on avait déjà utilisé des remarques ingénieuses. C'est ainsi que la calculatrice Fournier emmagasine un effort fait inutilement par l'opérateur à certains moments pour faire à sa place un effort utile un peu plus tard (fig. 20).

De façon analogue, la Hamann-Selecta, pour éviter l'usure inutile de la machine, choisit automatiquement le chemin le plus court pour faire une multiplication en combinant les tours additifs et les tours soustractifs, ce qui conduit à une économie du nombre de tours de plus de 40 %.

On a multiplié souvent les totalisateurs. Quelquefois, comme dans les machines Sanders ou Mercédès, un second totalisateur est indépendant du système de transmission et n'est commandé que par la remise à zéro du premier. Le nombre inscrit dans le premier totalisateur peut ainsi être transmis au second ou conservé par lui, soit en addition, soit en soustraction. Ou bien on peut mettre en liaison le système d'inscription, au choix, avec le premier totalisateur ou avec le second. Ceci permet de faire simultanément des additions indépendantes comme dans les débits et crédits. Parfois encore, comme dans les machines Unitas, ou Gardner, il existe des liaisons simultanées entre le système de transmission et les deux totalisateurs, de façon à faciliter certaines combinaisons de calcul : calcul de facture avec rabais, remise, établissement de soldes avec total des soldes, etc...

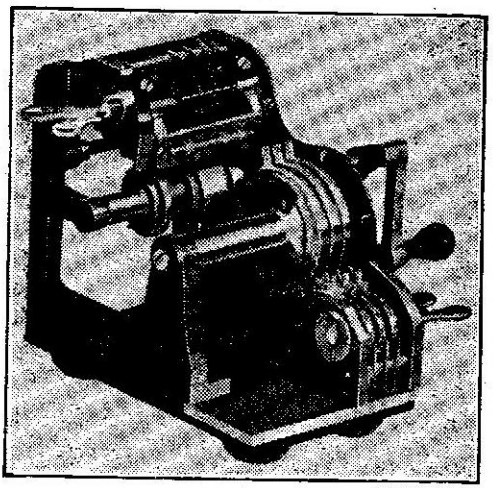
Le nombre des totalisateurs peut être très grand, surtout dans les machines comptables. C'est ainsi que la machine Astra en a jusqu'à seize.

Diverses machines ont prévu un mécanisme spécial facilitant « le cubage », c'est-à-dire le calcul du produit de trois facteurs.

Parfois, on emploie deux claviers complets placés côte à côte, formant ainsi une véritable machine double, comme dans la machine Hamann-Selecta ou dans la Brunsviga. On peut entreprendre ainsi des calculs compliqués qui paraîtraient difficiles à faire commodément sans cela.

Citons encore, parmi les perfectionnements réalisés, la remise automatique à zéro des données et du résultat d'une opération dès le commencement de l'opération suivante, la marche automatique d'un des deux facteurs, la reprise automatique d'un résultat comme facteur d'une opération ultérieure, la pose automatique de la virgule, l'arrondissement automatique des résultats au centime ou aux cinq centimes, ou au décime, etc...

Si la machine à calculer a maintenant acquis



T W 23034

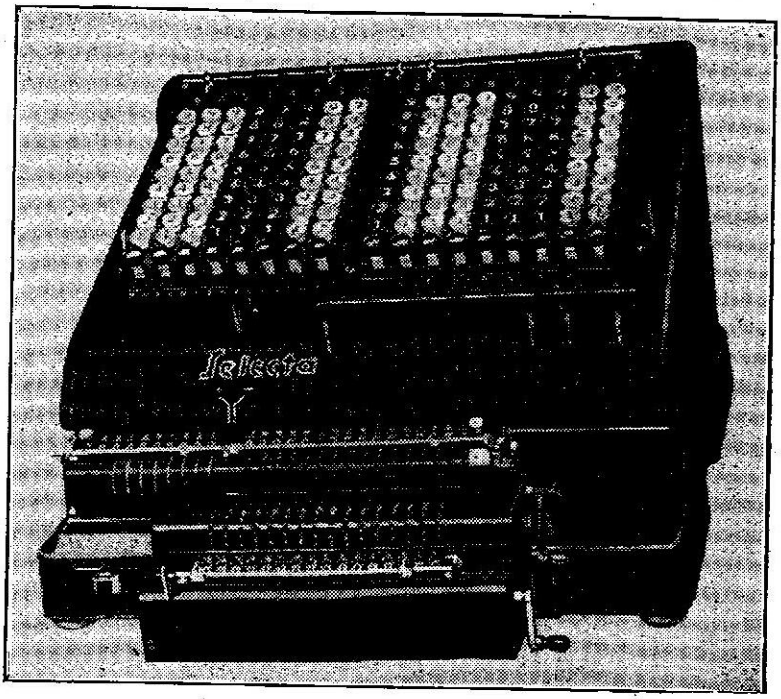
FIG. 22. — TRANCHE DE DÉMONSTRATION D'UNE MACHINE BRUNSVIGA MODERNE, TYPE ODHNER

On voit sur cet appareil les disques Odhner avec, à la partie supérieure, les doigts d'inscription du multiplicande et, à la partie inférieure, les dents d'entraînement, en nombre variable, du totalisateur.

presque partout droit de cité, son emploi n'est pas généralisé comme il devrait l'être, car sa diffusion se heurte encore, en France particulièrement, pays où pourtant elle est née il y a trois cents ans, à certains obstacles : routine, hostilité d'un personnel mal averti, auxquels il faut ajouter la difficulté de choisir exactement la machine qui convient au travail demandé.

Dans l'ensemble, l'évolution de la machine à calculer peut être comparée à celle de la machine à écrire. Personne ne voulait croire au début que la machine à écrire était plus rapide que la main et avait une incontestable supériorité. Son triomphe est aujourd'hui complet. Il en sera certainement de même, un jour prochain, pour la machine à calculer.

A. SAINTE-LAGUË.



T W 23036

FIG 23. — LA MACHINE A CALCULER AUTOMATIQUE ÉLECTRIQUE HAMANN SELECTA

Cette machine a double totalisateur effectue des divisions automatiques et des multiplications automatiquement abrégées. C'est ainsi que pour multiplier par 999, le moteur fait seulement 2 tours (un pour 1 000 et un pour — 1) au lieu de 27 (3 fois 9 tours).

Les mers chaudes du globe sont abondamment peuplées par une centaine d'espèces de requins dont la capture, en même temps qu'elle supprime des animaux dangereux, constitue une industrie très rémunératrice. Née il y a un siècle aux Etats-Unis, la pêche au requin s'est développée depuis la guerre à Madagascar. Aucune partie de la chair des animaux capturés ne demeure inutilisée. Les requins, pêchés à la ligne ou à l'aide de filets très résistants par des goélettes spécialement armées, sont rapidement débités avant que leur chair ne se corrompe. Le dépeçage s'effectue de façon à entailler la peau le moins possible, pour ne pas la déprécier. La peau, écharnée et tannée, est d'une solidité et d'une souplesse remarquables. On l'emploie en maroquinerie, en cordonnerie et pour la fabrication des courroies de transmission. Les filets sont comestibles ; on les conserve par salaison, ainsi que les ailerons, morceaux de choix très appréciés des Chinois. Le sang sert à la préparation d'une colle forte spéciale ; le foie donne une huile plus riche en vitamines que l'huile de foie de morue ; l'estomac tanné devient une peau fine et souple qui rappelle la peau de chamois ; et la mâchoire du requin, dont les dents servent à faire des colliers, contient une huile qui sert au graissage des mécanismes de précision. Enfin, les résidus de chair et d'os, qui échappent à un débitage aussi minutieux, fournissent un engrais très riche. L'industrie du requin pourra devenir très florissante après la guerre, et les fauves marins qui lui servent de matière première sont si nombreux qu'il n'y a pas lieu de craindre qu'une exploitation trop intensive ne dépeuple l'océan, comme cela s'est produit pour la baleine.