

ASSOCIATION
FRANÇAISE

POUR

L'AVANCEMENT DES SCIENCES

COMPTE RENDU DE LA 13^e SESSION

BLOIS

— 1884 —

PREMIÈRE PARTIE

DOCUMENTS OFFICIELS. — PROCÈS-VERBAUX



PARIS

AU SECRÉTARIAT DE L'ASSOCIATION.

4, RUE ANTOINE-DUBOIS, 4

1885



Per. 8°

11453

dans l'avenir, ira toujours grandissant, et avec elle le rôle intellectuel de notre intelligente population.

Ai-je besoin d'ajouter que la ville de Blois, en rendant un hommage public, si bien motivé, à la mémoire du plus illustre de ses enfants, a bien mérité de la France et de l'humanité? L'Association française pour l'avancement des sciences est heureuse d'avoir pu témoigner, en cette circonstance, de toute son admiration pour l'œuvre à jamais mémorable de votre grand inventeur.

M. Édouard LUCAS

Professeur de mathématiques spéciales au Lycée Saint-Louis.

LE CALCUL ET LES MACHINES A CALCULER.

— 8 septembre 1884 —

La taille de la boulangère. — Calcul mental. — Ampère et ses haricots. — Le calcul anti-léthargique. — Le vol des grües. — Le carré de choux. — L'Arénaire d'Archimède. — Télégraphie militaire au temps d'Héliogabale. — Un damier fantastique. — Quatre hommes et un caporal. — En Chine, il y a 5 000 ans. — La tour d'Hanoï. — Une serrure indécrochetable. — Les brames tombent! — Feu de bataillon, feu de file. — Tout autour de la tour Saint-Jacques. — Voyage d'un parapluie sur un essieu. — Utilité d'une dent cassée. — Hommage au beau sexe par un galant ambassadeur. — Un orgue de Barbarie mathématique. — La cage de l'écureuil. — Le vélocé classe-dates. — La table de Pythagore en bâtons. — Les réglottes de Genaille. — Arithmétique électrique. — Le Benjamin de la patrie. — La Belle au Bois Dormant.

MESDAMES, MESSIEURS,

Le Bureau de notre Association a bien voulu me confier le périlleux honneur d'une conférence sur le calcul et sur les machines à calculer; je viens donc vous demander votre bienveillante attention pour ce double motif: l'aridité du sujet et l'inexpérience de l'orateur.

Lorsque j'étais petit enfant, j'allais souvent chercher le pain, à quelques pas de la maison paternelle; la boulangère prenait ma petite taille... de bois, la plaçait près de la sienne et faisait une coche sur toutes deux. Puis, j'emportais mon pain, et sur ma taille le compte de la boulangère. Au bout de la quinzaine ou du mois, les coches se transformaient, pour celle-ci, en beaux écus sonnants; c'est que le nombre des coches représentait le nombre des pains pris à crédit et que la somme encaissée était le résultat de la multiplication des pains par le prix de chacun d'eux.

59C
page 131

Ne rions pas trop de cette historiette ; elle contient son enseignement, car elle nous permet de retenir ce que nous avons tous appris dès l'enfance, que le nombre est indépendant de la forme, de la nature, de la place des objets, que l'on obtient tous les nombres en ajoutant continuellement l'unité à elle-même et que la multiplication est le résultat de l'addition de nombres égaux. Voilà ce que contient le compte de la boulangère.

Il est souvent facile de développer chez les enfants la pratique et le goût du calcul mental. J'ai connu autrefois un instituteur dont la plupart des élèves, de huit à douze ans, savaient par cœur la table de Pythagore étendue jusqu'à 100 fois 100, et qui calculaient rapidement de tête les produits de deux nombres de quatre chiffres, en faisant la multiplication par paquets de deux chiffres. Parfois cette faculté se développe chez quelques individus d'une façon vraiment extraordinaire ; c'est le cas de Mangiamelli, le berger sicilien, et d'Henri Mondeux, le père de la Touraine ; ils opéraient les multiplications et les divisions par paquets de trois chiffres.

La faculté qui, chez Ampère, se développa la première fut celle du calcul arithmétique. Avant même de connaître les chiffres et de savoir les tracer, il faisait de longues opérations au moyen d'un nombre très borné de petits cailloux ou de haricots. Peut-être était-il déjà sur la voie des ingénieuses méthodes des Hindous ; peut-être ses cailloux se combinaient-ils entre eux comme les grains enfilés sur plusieurs lignes parallèles, que les brahmanes de Pondichéry, de Calcutta et de Bénarès manient avec tant de rapidité, de précision, de sûreté. Maintenant, s'il faut montrer à quel point extraordinaire l'amour du calcul s'était emparé du jeune écolier, nous dirons que la tendresse maternelle l'ayant privé, pendant une grave maladie, de ses chers petits haricots, il y suppléa avec les morceaux d'un biscuit qui lui avait été accordé après trois jours d'une diète absolue. Nous n'insisterons pas davantage sur cette anecdote, et nous ajouterons avec Arago, à qui nous l'avons empruntée. « Je suis loin de la présenter comme un indice incontestable de la future vocation d'Ampère. Je sais qu'il est des enfants dont rien ne peut surmonter l'apathie, et que d'autres, au contraire, s'intéressent de tout, s'amusent de tout, même d'opérations arithmétiques sans but. Se récrie-t-on sur cette dernière circonstance ? Quelqu'un s'avise-t-il de la taxer d'exagération, de placer les calculs numériques au nombre de ces choses dont le besoin, le devoir peuvent seuls faire surmonter le dégoût ? Ma réponse est toute prête. Je citerai non de simples écoliers, mais un savant distingué à qui je témoignais un jour ma surprise de le voir, en pleine séance académique, entreprendre la multiplication de deux énormes lignes de chiffres, pris au hasard. Vous oubliez, me répondit-il sur-le-champ, vous oubliez le plaisir que j'éprouverai tout à l'heure à faire la preuve du calcul par la division (1). »

Il ne faudrait pas laisser se développer outre mesure, chez les enfants, cette faculté du calcul mental ; mais il est bon, pourtant, de la leur faire acquérir dans le jeune âge. Elle se conserve plus tard et facilite beaucoup l'étude de toutes les sciences. Les plus grands mathématiciens ne l'ont point dédaignée ; ainsi Euler et Wallis étaient, en même temps que savants illustres, des calculateurs émérites. Ils résolvaient, sans le secours de la plume ou du crayon les problèmes numériques et algébriques les plus compliqués. Wallis était doué d'une mémoire prodigieuse ; il lui arriva, une nuit, d'extraire de tête la

(1) Arago, *Notices biographiques*. Ampère.

racine carrée d'un nombre de cinquante chiffres, et de la dicter le lendemain. Au tableau ou sur le papier, cette opération me demanderait plus d'une heure, et encore ne serais-je pas bien assuré de l'exactitude du résultat.

Nous terminerons cette digression sur le calcul mental par l'anecdote suivante que nous empruntons à la biographie de Monge par Arago. Lagny était un membre distingué de l'ancienne Académie des sciences : il adorait les calculs numériques. Il a donné notamment les 154 premières décimales du rapport de la circonférence au diamètre. Vers la fin de sa vie, dans une grave maladie, il était tombé dans un tel état d'insensibilité, que depuis plusieurs jours on n'avait pas réussi à lui arracher une syllabe ; mais un de ses amis lui ayant murmuré à l'oreille : Combien font 12 fois 12 ? il répondit aussitôt : 144. C'est ainsi que le malade fut réveillé de sa léthargie. Inversement, on pourrait, par ce procédé, constater la mort des calculateurs ; c'est à la suite de l'application à Monge d'un procédé semblable, que l'on perdit tout espoir de le sauver et que l'on put prédire sa fin prochaine. Il n'avait point tressailli à l'audition de la *Marseillaise* !

LES PROGRESSIONS ARITHMÉTIQUES.

L'arithmétique a pour but l'étude des propriétés des nombres, de leurs combinaisons et de leurs transformations. Dans cette recherche, on emploie les systèmes de numération, et plus particulièrement celui de la numération décimale. Nous verrons plus loin que la numération décimale parlée était connue des anciens peuples de la Grèce, mais qu'il n'en était pas de même de la numération chiffrée. C'est aux Chinois et aux Hindous que l'on doit l'idée ingénieuse des échelles arithmétiques, de cet heureux moyen de représenter tous les nombres avec peu de signes et d'exécuter par des opérations techniques très simples des calculs auxquels l'intelligence humaine, livrée à elle-même, ne pourrait atteindre. C'est là, dit Condorcet, le premier exemple de ces méthodes qui doublent ses forces, et à l'aide desquelles elle peut reculer indéfiniment ses limites, sans qu'on puisse fixer un terme où il lui soit interdit de parvenir.

Cependant nous ferons observer que les propriétés les plus importantes des nombres sont indépendantes des systèmes de numération ; l'arithméticien emploie ceux-ci dans son analyse, comme le chimiste se sert des fioles et des cornues. Nous donnerons deux exemples de ces propriétés qui nous seront utiles dans la suite, et que nous tirerons de l'observation du vol des grues et du carré de choux.

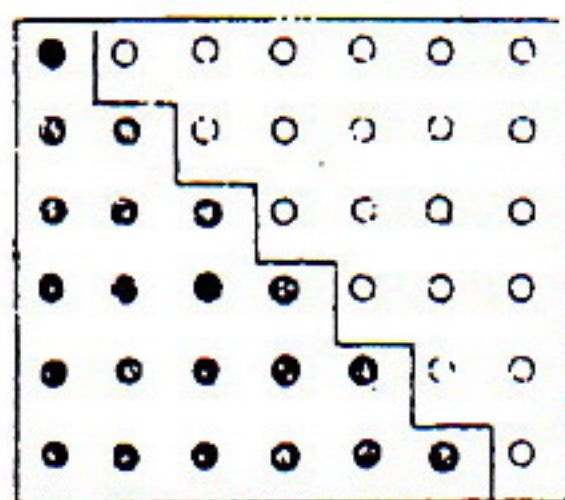


Fig. 6. — Le vol des grues.

Les grues voyagent disposées régulièrement en triangles ; comment déterminer le nombre de ces oiseaux lorsque l'on connaît le nombre des files ? En

d'autres termes, supposons que l'on ait formé tous les nombres à partir de l'unité jusqu'à une certaine limite et que l'on veuille trouver le total des unités renfermées dans cette collection. Pour fixer les idées, cherchons la somme des six premiers nombres, c'est-à-dire le nombre d'unités représentées à gauche de la ligne brisée (fig. 6) par des pions noirs.

Représentons par des pions blancs, à droite de cette ligne, les nombres pris dans l'ordre inverse; on voit tout de suite que chaque ligne horizontale contient six unités plus une; et, puisqu'il y a six lignes, le nombre des unités du tableau est six fois sept; donc le nombre cherché est la moitié de 42 ou 21. Le procédé de raisonnement s'applique évidemment à un nombre quelconque, et ainsi la somme des cent premiers nombres est la moitié de cent fois cent-un, ou 5050. Donc, pour obtenir la somme de tous les nombres, à partir de l'unité jusqu'à un nombre donné, il suffit de prendre la moitié du produit de ce nombre par le suivant.

Ce mode de raisonnement a son analogue, dans les éléments de géométrie, lorsque l'on démontre que la superficie du triangle A B C (fig. 7) est la moitié de celle

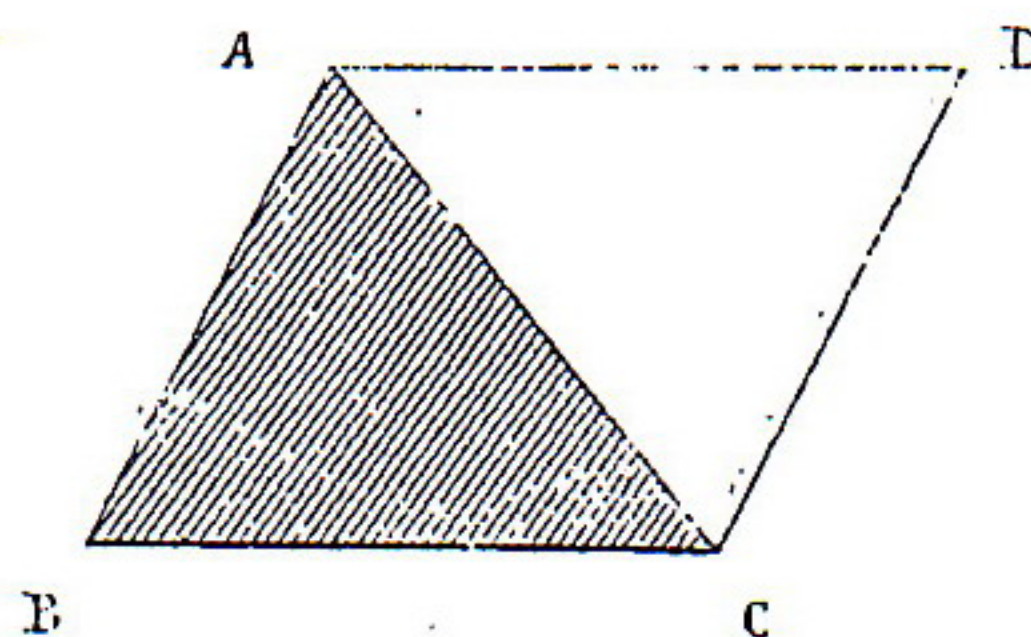


Fig. 7. — L'aire du triangle.

du parallélogramme A B C D, de même base et de même hauteur. Et d'ailleurs, si l'on y réfléchit attentivement, le théorème arithmétique et le théorème géométrique n'en font qu'un. C'est qu'en effet les vérités de l'ordre mathématique sont beaucoup moins nombreuses qu'on le croit généralement; et souvent deux vérités, qui paraissent distinctes dès l'abord, sont les mêmes et ne diffèrent, pour ainsi dire, que par le vêtement qui les couvre.

On appelle *nombres triangulaires* les nombres que nous venons d'apprendre à calculer, et qui représentent toutes collections d'objets disposés régulièrement en triangles; c'est, par exemple, le nombre des projectiles contenus dans la tranche horizontale d'une pile triangulaire de boulets ou dans la tranche verticale d'une pile prismatique d'obus. Leur théorie a pris naissance, sur les bords du Nil, à une époque reculée; elle a été développée par Diophante, le père de l'arithmétique, à l'école d'Alexandrie. On trouve dans son traité la proposition suivante qui donne la condition nécessaire et suffisante pour qu'un nombre donné soit triangulaire: *L'octuple d'un nombre triangulaire, augmenté de l'unité, est un carré parfait* (1).

Cette propriété devient évidente sur simple lecture du tableau (fig. 8).

Comme nous l'avons fait remarquer, il est probable que la connaissance de ces nombres provient de l'observation du vol des oiseaux, et notamment du passage des grues et des cigognes, des flamants et des ibis qui volent éparpillés

(1) Algébriquement $8 \frac{n(n+1)}{2} + 1 = (2n+1)^2$.

en triangles. Quoi qu'il en soit de l'origine de ce calcul, je me suis laissé dire que c'est à l'observation des mœurs de ces oiseaux au long bec que les prêtres

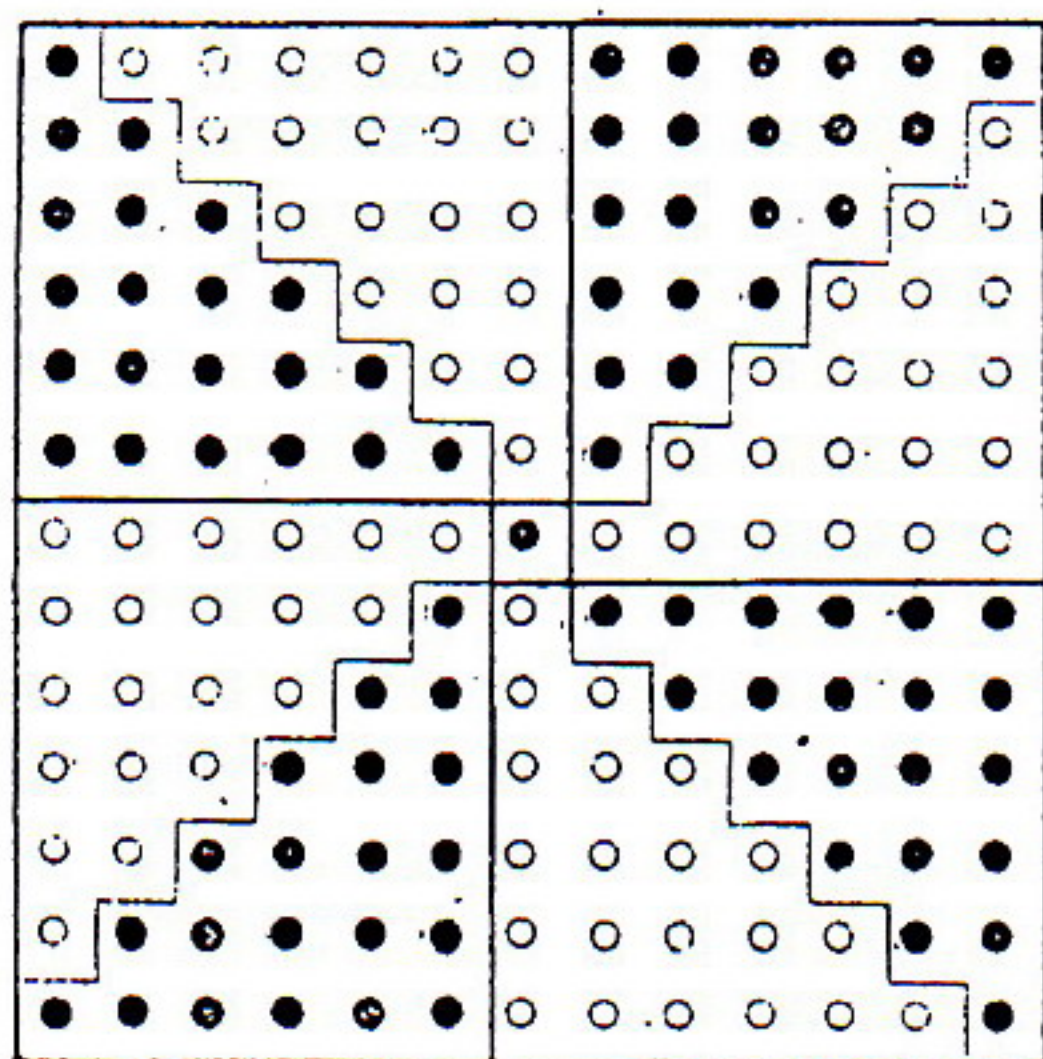


Fig. 8. — Un théorème de Diophante.

égyptiens doivent la connaissance de ce précieux et ridicule instrument médical, de forme cylindrique, dont on trouve la description et le mode de fonctionnement dans les comédies de Molière.

On appelle *progression arithmétique* une suite de nombres tels que chacun d'eux est égal au précédent, augmenté d'un nombre constant que l'on appelle la *raison* de la progression; ainsi les nombres impairs:

1, 3, 5, 7, 9, 11, 13,

forment, à partir de l'un quelconque d'entre eux, une progression arithmétique de raison 2. On démontre comme précédemment que la somme des termes d'une progression est le produit du nombre des termes par la demi-somme des termes extrêmes; et, de même, la superficie du trapèze est la moitié de celle du parallélogramme de même hauteur et dont la base est la somme des bases du trapèze (fig. 9).

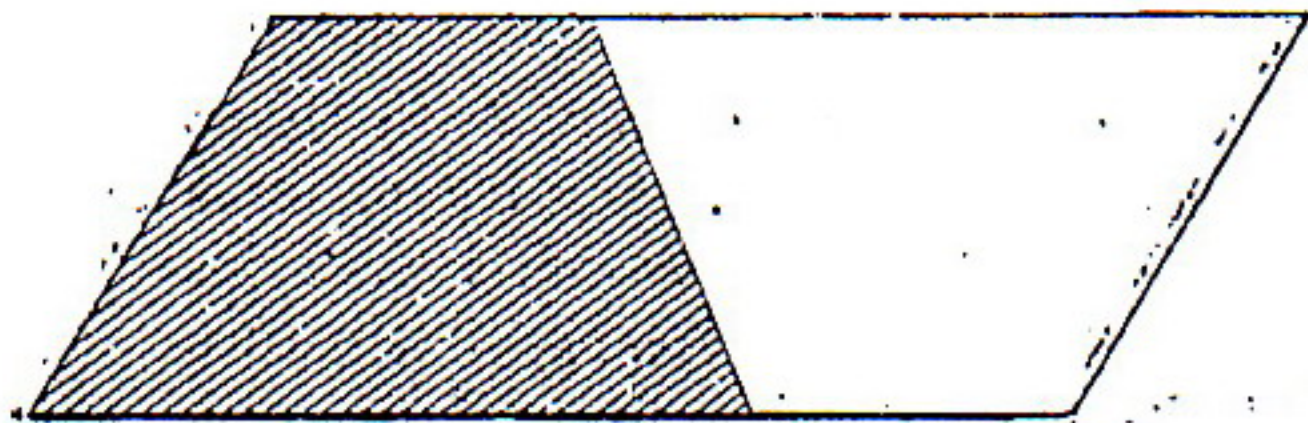


Fig. 9. — L'aire du trapèze.

Nous emprunterons à Platon notre second exemple.

La figure 10 représente un carré de choux. Pour avoir le nombre des choux renfermés dans le carré, il suffit de multiplier par lui-même le nombre des choux placés sur l'un des côtés. Nous avons tracé des lignes représentant les enceintes successives pour les carrés contenant 1, 2, 3, 4, 5, 6 choux sur le

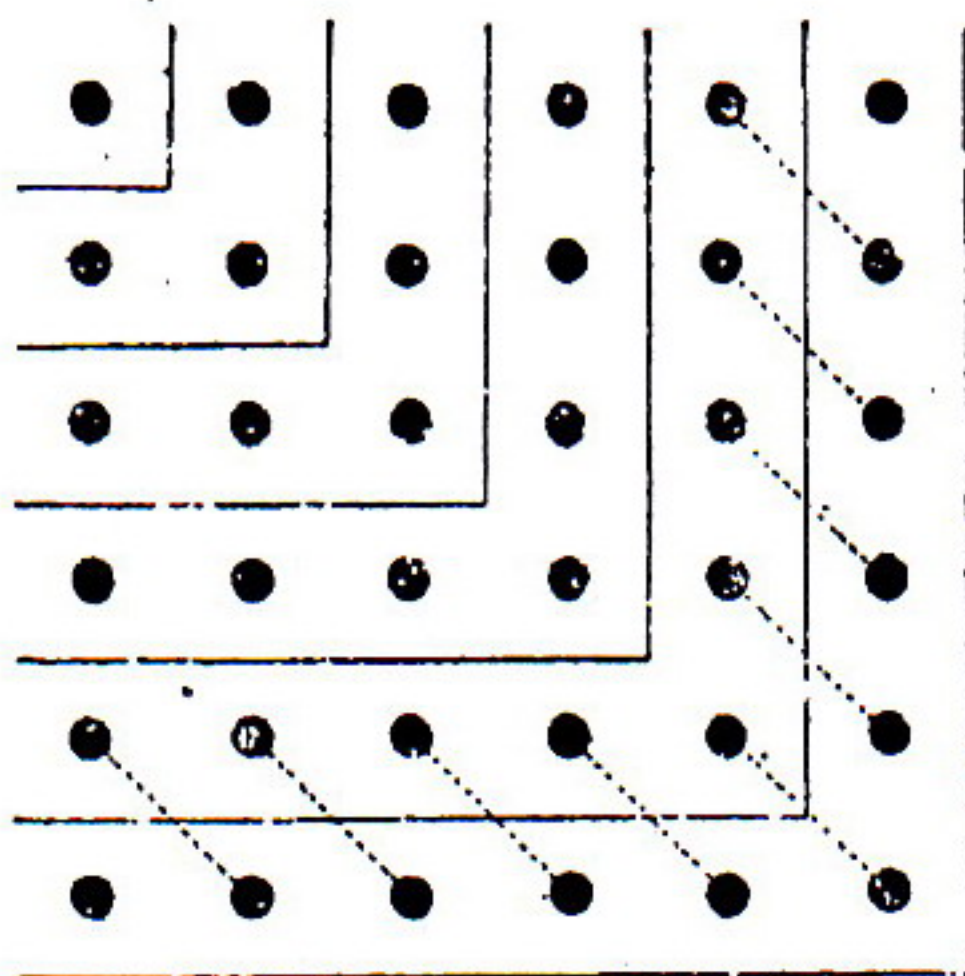


Fig. 10.— Le carré de choux.

côté; voyons maintenant la différence du nombre des choux dans un carré et dans le suivant; si l'on compte les choux renfermés entre deux enceintes successives, on trouve les nombres impairs

1, 3, 5, 7, 9, 11,

et l'on se convainc facilement, par la vue des petites lignes pointillées que, d'une enceinte à la suivante, le nombre des choux augmente de deux unités. Par conséquent, on obtient immédiatement cette proposition : La somme des premiers nombres impairs, à partir de un, est le carré de leur nombre et ainsi, par exemple, la somme des cent premiers nombres impairs de 1 à 199 est cent fois cent ou 10000.

Supposons maintenant que l'on veuille faire une table des carrés de tous les nombres jusqu'à 1000, par exemple; il est évident que l'on peut faire un millier de multiplications de 2 par 2, 3 par 3, ..., 999 par 999; c'est la méthode qui se présente le plus naturellement à l'esprit. Cette méthode ne vaut rien; elle est très longue et manque de procédés de vérification. Chacune des multiplications est indépendante des autres et ne peut d'ailleurs se vérifier par le renversement de l'ordre des facteurs, puisque ceux-ci sont égaux. Nous exposerons une autre méthode plus expéditive et plus sûre. La figure 11 représente le calcul de la table des dix premiers carrés; la colonne D_2 , que l'on peut se dispenser d'écrire, contient des nombres égaux à 2; la colonne D_1 représente la suite des nombres impairs et s'écrit au courant de la plume; on forme ensuite la colonne Q d'après la loi suivante pour tous les nombres de la table. *Un nombre quelconque est égal à celui qui est placé au-dessus de lui dans la même colonne, augmenté de celui qui suit dans la même ligne*; ainsi $81 = 64 + 17$ et $49 = 17 + 2$. Mille additions de deux nombres suffisent donc pour construire cette table jusqu'au carré de 1000. Mais ici, direz-vous, les résultats dépendent tous les uns des autres; une erreur quelconque s'ajoutera aux suivantes et, faisant l'effet de la boule de neige qui devient avalanche, bouleversera toute la suite des calculs. Il est facile de remédier à cet inconvénient. Lorsque l'on a obtenu

les carrés des dix premiers nombres, il suffit d'ajouter deux zéros pour avoir ceux des nombres 10, 20, 30, 40, ..., 90; on les écrit immédiatement à la place qu'ils doivent occuper, et l'on doit retrouver ces nombres dans le courant des opérations.

N.	Q.	D ₁ .	D ₂ .
1	1	3	2
2	4	5	2
3	9	7	2
4	16	9	2
5	25	11	2
6	36	13	2
7	49	15	2
8	64	17	2
9	81	19	
10	100		

Fig. 11. — Les carrés.

N.	T.	D ₁ .	D ₂ .
1	1	2	1
2	3	3	1
3	6	4	1
4	10	5	1
5	15	6	1
6	21	7	1
7	28	8	1
8	36	9	1
9	45	10	
10	55		

Fig. 12. — Les triangulaires.

Nous ne saurions mieux juger les deux méthodes que par la comparaison suivante. Deux personnes partent en même temps pour une même destination; la première a les yeux bandés et se dirige à tâtons, à travers les champs, les bois et les précipices; l'autre monte en voiture, sur une route bien droite, bien éclairée, et les bornes kilométriques lui montrent continuellement le chemin. Il est certain que la seconde personne atteindra rapidement le but; il est douteux que la première y parvienne sans périls.

On appelle *progression arithmétique du second ordre* une suite de nombres tels que, si l'on forme la série des excès de chacun d'eux sur le précédent, on obtienne des nombres en progression arithmétique; ainsi la suite des carrés est une progression du second ordre; il en est de même de celle des nombres triangulaires (fig. 12).

Il existe de même des progressions arithmétiques du troisième ordre, du quatrième ordre et ainsi à l'infini. Toutes ces progressions se calculent de la même façon; nous prendrons pour exemple la suite des cubes des nombres entiers qui forment une progression arithmétique du troisième ordre (fig. 13).

N.	C.	D ₁ .	D ₂ .	D ₃ .
1	1	7	12	6
2	8	19	18	6
3	27	37	24	6
4	64	61	30	6
5	125	91	36	6
6	216	127	42	6
7	343	169	48	6
8	512	217	54	
9	729	271		
10	1000			

Fig. 13. — Les cubes.

On calcule directement les quatre premiers termes 1, 8, 27, 64; puis, par soustraction, les trois premiers termes de la colonne D₁; les deux premiers de

la colonne D_2 et enfin le premier terme de D_3 ; le reste du tableau se complète par la loi indiquée plus haut.

Je dois vraiment m'excuser d'entrer dans tous ces détails; mais ces explications sont nécessaires pour bien faire comprendre le rôle et la classification des machines à calculer. La méthode que je viens d'exposer appartient au *Calcul par différences* et s'applique à tous les genres de calcul, soit pour les recueils de comptes tout faits, pour les journées d'ouvriers, pour les tables d'intérêts et d'annuités, d'amortissements et d'assurances, pour les tables de logarithmes, pour les tables astronomiques, les almanachs nautiques, la *Connaissance des Temps*, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, pour la résolution des équations numériques, etc. Son emploi est aussi pratique qu'universel; aussi devons-nous regretter que les premiers principes de ce calcul aient été supprimés, en même temps que ceux de la mécanique, du programme des connaissances exigées pour l'admission à l'École Polytechnique et aux autres Écoles du gouvernement.

LES PROGRESSIONS GÉOMÉTRIQUES ET LES NUMÉRATIONS.

La numération est basée sur la théorie des *progressions géométriques*. On appelle ainsi une suite de nombres tels que chacun d'eux est égal au précédent multiplié par un nombre fixe que l'on appelle encore *raison* de la progression. Ainsi les nombres

1, 10, 100, 1 000, 10 000,

forment une progression de raison *dix*, ou la *progression décimale*; de même les nombres

1, 2, 4, 8, 16, 32, 64,

forment une progression de raison *deux* ou la *progression binaire*. C'est à Archimède que l'on doit la théorie des progressions arithmétiques et géométriques. Dans son immortel ouvrage intitulé l'*Arénaire*, il entrevoit la numération décimale écrite; voici ce qu'il écrivait au roi de Syracuse, près de trois siècles avant l'ère chrétienne:

« Beaucoup de personnes pensent, ô roi Gélon, que le nombre des grains de sable est infini; non pas de celui seulement qu'on trouve aux environs de Syracuse et sur toute la Sicile, mais de celui qui est répandu sur toutes les parties de la terre habitées et non habitées. D'autres, bien qu'elles ne regardent pas ce nombre comme infini, pensent qu'il n'existe pas de grandeur, qu'on ne peut dire le nom d'une grandeur surpassant la multiplicité de ces grains. Par là, il est évident que les personnes de cette opinion, si elles imaginaient un tas de sable capable de remplir et de niveler toutes les profondeurs de la mer, toutes les cavités de la terre jusqu'aux sommets des plus hautes montagnes, soutiendraient encore bien plus qu'il est impossible d'assigner un nombre supérieur aux grains d'un tel tas. Mais moi, je vais essayer de faire voir le contraire par des démonstrations irrécusables, au moyen desquelles tu pourras reconnaître que quelques-uns des nombres que j'ai dénommés dans mes livres adressés à Zeuxippe (1) surpassent non seulement le nombre des grains de sable qui

(1) Ces livres sont malheureusement perdus.

puissent remplir toute la terre, mais encore la masse de sable égale en volume à tout l'univers. »

Pour Archimède, ce dernier mot désigne la sphère des planètes ou du système solaire. D'après des observations qui portent l'empreinte de son génie, Archimède conclut que le diamètre de l'univers est moindre que 10 millions de stades ou, en mesures métriques, 180 000 myriamètres; ce qui représente assez approximativement la distance du Soleil à Saturne. D'autre part, l'expérience lui apprend qu'un grain de pavot a un diamètre plus petit qu'un quarantième de doigt, ou 468 millièmes de millimètre, et que le volume de ce même grain de pavot équivaut à celui de dix mille grains de sable. Il a maintenant tous les éléments de la solution.

Archimède démontre ensuite que les volumes de deux sphères sont dans le rapport des cubes de leurs diamètres: il obtient ainsi le rapport des volumes de la sphère solaire et du pavot; en multipliant ce rapport par 10 000, il a le nombre des grains de sable qui rempliraient tout l'espace planétaire. Voici comment Archimède cherche à exprimer ce nombre immense. Les Grecs, comme tous les peuples anciens, se servaient de la numération décimale parlée et employaient les cinq mots: unité, dizaine, centaine, mille et myriade. Puis, les unités suivantes des divers ordres se disaient ainsi: dix myriades, cent myriades, mille myriades, myriade de myriades, et ainsi de suite, en répétant sans cesse les mêmes mots. Mais ils n'avaient pas d'autres mots pour compter, n'ayant pas eu à considérer ces nombres immenses; ils ont ignoré les milliards!

Donc Archimède considère la progression décimale, mais sans employer le zéro et les exposants,

1,	10 ¹ ,	10 ² ,		10 ⁷ ,
10 ⁸ ,	10 ⁹ ,	10 ¹⁰ ,		10 ¹⁵ ,
10 ¹⁶ ,				
.				
.				
.				

il appelle *octade* l'ensemble de huit termes consécutifs et trouve, tous calculs faits, que le nombre des grains de sable qui rempliraient le monde solaire est moindre que le dernier terme de la huitième octade, 10⁶³, c'est-à-dire que l'unité suivie de soixante-trois zéros. « Je sais bien, ô roi Gélon — dit-il en terminant, — que ces résultats paraîtront incroyables au vulgaire, à tous ceux qui sont inexpérimentés dans les sciences mathématiques; mais cela paraîtra suffisamment croyable, vu les preuves, à ceux qui s'y sont essayés et qui ont fait des recherches sur les distances des corps célestes, sur la grandeur de la terre, du soleil, de la lune et de l'univers entier; c'est pour cela que j'ai jugé convenable de consacrer à cet objet quelques méditations. »

Dans le même ouvrage, Archimède observe encore que le produit de deux termes d'une progression géométrique ayant pour premier terme l'unité s'obtient en ajoutant les rangs qu'ils occupent à partir de l'unité; c'est là l'embryon de cette admirable théorie des logarithmes qui ne vint au monde que deux mille ans plus tard, et qui sert de fondement aux *Règles et Cercles à calculs* dont nous parlons plus loin. Il considère les progressions géométriques indéfiniment prolongées dont la raison est plus petite que l'unité, et trouve la limite

de la somme de leurs termes lorsque le nombre en augmente indéfiniment. Plus particulièrement, avec la progression géométrique

$$\frac{1}{4}, \frac{1}{16}, \frac{1}{64}, \dots$$

de raison $\frac{1}{4}$ et dont la somme des termes a $\frac{1}{3}$ pour limite, il obtient le volume de la pyramide et l'aire du segment de parabole, en montrant que les deux résultats proviennent du même théorème arithmétique. Il dit encore que les termes d'une progression géométrique, dont la raison surpasse l'unité d'une quantité aussi petite qu'on veut, arrivent à dépasser les termes correspondants d'une progression arithmétique dont la raison est aussi grande qu'on voudra. Nous citerons de ce fait analytique le résultat suivant. Supposons que l'on ait placé, au commencement de l'ère chrétienne, un centime à intérêts composés au taux de 5 pour 100 par an, et que l'on demande à évaluer la somme produite par la capitalisation des intérêts à l'époque actuelle. Il faut calculer le 1884^e terme d'une progression géométrique commençant à 0 fr. 01 et ayant pour raison 1,05; c'est un nombre dont la partie entière a 38 chiffres. Pour nous faire une idée de cette somme véritablement prodigieuse, nous ne pourrions même pas la comparer à la totalité des métaux renfermés dans le sein de la terre. Mais prenons pour unité la somme représentée par une sphère d'or pur, dont le volume serait égal à celui de la terre. Eh bien, si l'on suppose qu'une telle sphère tombe de minute en minute depuis le commencement de l'ère chrétienne, il faut encore attendre trois siècles pour que la somme représentée par toutes ces immenses boules d'or, au nombre de plus d'un milliard, soit égale à la valeur actuelle de notre centime capitalisé!

En revenant à notre sujet, nous dirons que, dans une excellente et lumineuse étude de l'*Arénaire*, Michel Chasles, notre Archimède des temps modernes, a montré que si les anciens connaissaient la numération décimale parlée, ils ne connaissaient pas la numération décimale écrite, attendu qu'ils ignoraient le fonctionnement du zéro. Il a parfaitement établi que les abaquages servaient, pour le calcul, à traiter les unités des différents ordres comme des unités complexes; ces appareils disparurent presque entièrement lors de l'introduction de la numération hindoue-arabe avec son zéro, qui constitue l'arithmétique de position.

Nous complétons ces renseignements historiques par l'indication d'un document dans lequel on rencontre, avec le germe de la numération décimale écrite, celui de la télégraphie optique appliquée à l'art militaire (1). Dans une collection d'auteurs grecs et latins publiée à l'Imprimerie royale de Paris, en 1693 (2), on trouve un ouvrage de Sexte-Jule Africain, auteur qui vécut en Orient, sous Héliogabale, au III^e siècle de notre ère. Cet ouvrage, qui a pour titre: *Cestes*, c'est-à-dire les *Broderies* ou les *Bigarrures*, est divisé en soixante-dix-sept chapitres; dans l'avant-dernier, l'auteur parle de l'emploi des fanaux comme signaux de guerre et exprime son admiration de l'usage qu'en font les

(1) M. le commandant de Rochas, chef du génie à Blois, vient de terminer un intéressant travail *Sur les signaux de feu et la télégraphie optique chez les anciens*.

(2) *Veterum mathematicorum Athenæi, Bitonis, Apollodori, Heronis, Philonis et aliorum opera, grece et latine, nunc primum edita*, in-fol. L'ouvrage de Sexte-Jule n'est qu'une copie des commentaires d'Eneas et d'autres auteurs plus anciens. Une traduction française des *Cestes* a été donnée dans les *Mémoires critiques et historiques sur plusieurs points d'antiquité militaire* de Guichard (t. III, p. 272).

Romains pour faire connaître au loin la force d'une troupe. A cet effet, dit-il, ils préparent trois espaces, à droite, au milieu, à gauche; dans chacun, ils allument depuis un jusqu'à neuf feux; mais ceux qui sont dans l'espace à gauche désignent des unités; ceux du centre, des dizaines, et ceux de l'espace à droite des centaines. De là, au système de la numération écrite, il n'y avait qu'un pas à franchir; cependant il paraît probable que les Romains ne l'ont pas fait, toujours à cause de l'absence du zéro.

L'histoire ne dit pas, ou du moins je l'ignore, le nom de celui qui imagina, le premier, la numération écrite tandis que Barème s'est immortalisé en livrant à l'éditeur des calculs d'écolier. Donc salut à toi, savant anonyme, bonze indien ou mandarin chinois, génie inconnu et mystérieux que la Grèce eût placé au rang des dieux ignorés. Salut! car tu as inventé zéro! C'est de ce rien que naquit le calcul!

LES ABAQUES.

Les anciens Tartares avaient, pour s'entendre, des *Khé-mou* ou bâtonnets entaillés d'une manière convenue; ils s'en servaient pour communiquer d'une horde à l'autre; ces bâtonnets indiquaient, en temps d'expédition, le nombre d'hommes et de chevaux que chaque campement devait fournir. Les habitants du Pérou, au temps des Incas, avaient des cordelettes nouées qu'ils appelaient *Quippos*; ces cordelettes étaient de différentes couleurs; on pouvait les nouer de mille manières, et le nombre des nœuds, leurs dispositions, leurs enchevêtrements avec des bâtonnets, leurs situations sur un anneau central en métal ou en os, permettaient d'exprimer un très grand nombre d'idées (1); les Péruviens étaient parvenus à produire ainsi une série de nombres considérable.

Dans les établissements d'instruction pour le premier âge, dans les salles d'asile, on apprend le calcul aux enfants avec des abaques ou des bouliers; ce sont des appareils formés d'un cadre à dix tringles sur chacune desquelles sont enfilées dix petites boules; c'est le procédé le plus élémentaire pour compter. Les Chinois se servent encore de cet appareil, qu'ils manient avec une grande dextérité et qu'ils appellent *Souan-Pan*; les Russes l'appellent *Schtote*. On en trouve différents modèles, déjà anciens, dans les galeries du Conservatoire des arts et métiers; quelques-uns d'entre eux, doués d'une forme complètement symétrique par rapport à un axe transversal, servent peut-être encore, et servaient assurément autrefois, à certains jeux de combinaison et de hasard.

Ainsi encore, ne dirait-on pas que la religieuse qui égrène son rosaire fait le compte de ses prières avec les lignes du boulier détachées de leur cadre et réunies en couronne? Une miniature de l'*Hortus deliciarum*, manuscrit du XII^e siècle, qui appartenait à la bibliothèque de Strasbourg, représente l'*Arithmétique* sous la figure d'une femme tenant à la main un chapelet à grains ou olives enfilées deux fois dans leur épaisseur; cette gravure est reproduite dans le XIX^e volume des *Annales de la Philosophie chrétienne*.

Nous profiterons de la circonstance qui se présente aujourd'hui pour proposer une modification bien simple, mais qui nous paraît importante pour l'enseignement de l'arithmétique élémentaire. C'est un damier vertical; les centres

(1) Certaines personnes procèdent aujourd'hui d'une manière analogue en faisant un nœud à leur mouchoir pour se rappeler certaines choses.

des cases sont garnis de pointes dans lesquelles on peut enfiler des pions blancs ou noirs et percés en leur milieu (fig. 14). Ne faisons point de distinction entre les cases blanches et grises du damier; ce sera pour plus tard, lorsque nous ferons

<i>Billions.</i>	<i>Cent millions.</i>	<i>Dix millions.</i>	<i>Millions.</i>	<i>Cent mille.</i>	<i>Dix mille.</i>	<i>Mille.</i>	<i>Centaines.</i>	<i>Dizaines.</i>	<i>Unités.</i>	
•	•	•	●	•	•	•	•	•	•	9
•	•	•	•	•	•	●	•	•	•	8
•	•	•	•	•	•	•	•	•	●	7
•	•	●	•	•	•	•	•	•	•	6
•	•	•	•	•	●	•	•	•	•	5
•	•	•	•	•	•	•	•	●	•	4
•	●	•	•	•	•	•	•	•	•	3
•	•	•	•	●	•	•	•	•	•	2
•	•	•	•	•	•	•	●	•	•	1
●	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0

Fig. 14. — Le nouvel abaque universel.

d'autres conférences sur l'arithmétique, sur le tissage et sur les jeux de combinaison. Au début, dix pions noirs sont placés sur les cases de la rangée horizontale inférieure. Élevons successivement les pions à la droite en disant : un, deux, trois, quatre, . . . , neuf. Nous voici au sommet de la colonne de droite, nous ne pouvons continuer; remettons ce pion à zéro dans sa colonne et élevons d'un rang le pion de la seconde colonne à droite; nous disons *dix*. Puis, nous recommençons à droite, en comptant dix-un, dix-deux, . . . , dix-neuf. Arrêtés de nouveau, nous abaissons à zéro, et nous élevons d'un rang le deuxième pion à droite, pour marquer vingt, et ainsi de suite. On écrit ainsi tous les nombres avec une notation analogue à celle des notes de la musique.

Notre nouvel abaque présente de grands avantages; nous observerons d'abord que, par son orientation, les chiffres de l'abaque sont écrits dans le même sens que ceux du nombre qu'ils représentent, tandis que, dans le boulier, les chiffres sont écrits de bas en haut. Mais reprenons nos dix pions et plaçons-les, par exemple, en montant de trois en trois étages quand nous passons d'une colonne à la suivante, et en continuant à compter du bas du damier lorsque l'on arrive en haut. Nous formons ainsi le nombre 0 369 238 147, qui

n'a rien de particulier en arithmétique, mais, au point de vue du dessin, il est très important. C'est l'indication que donne le fabricant d'étoffes à son contre-maitre pour le montage du métier, lorsqu'il veut obtenir un satin carré sur dix fils de chaîne.

Notre damier peut représenter tous les nombres du système décimal jusqu'à dix milliards ; nous observerons d'ailleurs que, pour les nombres qui dépassent cette limite, on peut ajouter à gauche des colonnes en nombre quelconque. Supposons que l'on ait accolé deux damiers semblables ; on pourra ainsi représenter tous les nombres jusqu'à celui qui s'écrit avec l'unité suivie de vingt zéros ou cent quintillions ; mais si l'on voulait former successivement tous ces nombres sur le tableau, en admettant que chaque mouvement ascensionnel ne durât qu'une seconde, il faudrait un temps supérieur à 300 millions de siècles !

Au lieu d'augmenter notre damier dans le sens horizontal, on comprend bien qu'on peut l'augmenter ou le diminuer dans le sens vertical ; par conséquent, au lieu de compter les nombres par dizaines, par centaines ou groupes de dix dizaines, par mille ou groupes de dix centaines, ..., on aurait pu les compter par douzaines, par grosses ou groupes de douze douzaines, et ainsi de suite. Tout système de numération est donc fondé sur l'emploi d'unités de divers ordres dont chacune contient la précédente un même nombre de fois, ou, en d'autres termes, sur une progression géométrique commençant à un : c'est la raison de cette progression que l'on appelle la *base* du système.

Déjà Aristote avait observé que le nombre quatre pourrait très bien remplacer le nombre dix ; Weigel publia, à ce sujet, en 1687, le plan d'une *Arithmétique tétractique*. Simon Stevin, de Bruges, mort en 1633, avait aussi imaginé le système de numération duodécimale, se rapprochant beaucoup plus de notre manière de compter les mois de l'année, les heures du jour et les degrés de la circonférence ; mais le changement du système actuel produirait trop d'inconvénients relativement aux petits avantages qui résulteraient du choix de la base douze. Le choix presque unanime du nombre dix, comme base de la numération, provient probablement de la conformation de la main. Cependant Auguste Comte a remarqué que la structure de la main, composée de quatre doigts à trois phalanges, ou de douze phalanges, permet de représenter, avec les deux pouces posés sur deux phalanges, tous les nombres jusqu'à treize fois douze ou cent cinquante-six ; alors les phalanges de la main gauche représentent l'unité, et celles de la main droite, la *grosse*. Par suite, on pourrait ainsi compter sur ses phalanges, dans le système duodécimal, plus facilement et plus loin que sur ses doigts, dans le système décimal. Mais de cet ingénieux système, on ne connaît plus guère aujourd'hui que la comparaison faite par Auguste Comte, des quatre doigts et du pouce de la main au peloton des quatre hommes et du caporal (1).

Au lieu d'augmenter notre abaque de deux étages, afin d'expliquer le système duodécimal, on pourrait le remplacer par un rectangle ayant seulement deux étages de hauteur et une largeur quelconque. Nous aurons alors le système de numération binaire, et ainsi on pourrait écrire tous les nombres avec deux chiffres seulement, 0 et 1. Couvrons d'un voile les huit rangées supérieures du damier et formons successivement les nombres dans le système binaire ; voici

(1) Nous venons de reconnaître que la remarque d'Auguste Comte n'a pas une grande valeur. Nous avons retrouvé, en effet, dans un passage obscur de l'ouvrage *Il Liber Abbaci* composé par Léonard Fibonacci de Pise, en 1202, et publié pour la première fois en 1857 par le très illustre et très vénéré prince B. Boncompagni, que l'on comptait admirablement sur ses doigts jusqu'à dix mille, avec les deux mains, dès la plus haute antiquité.

un, deux, trois, quatre, cinq, six, et ainsi de suite (fig. 15); nous avons indiqué au-dessous leur représentation binaire.

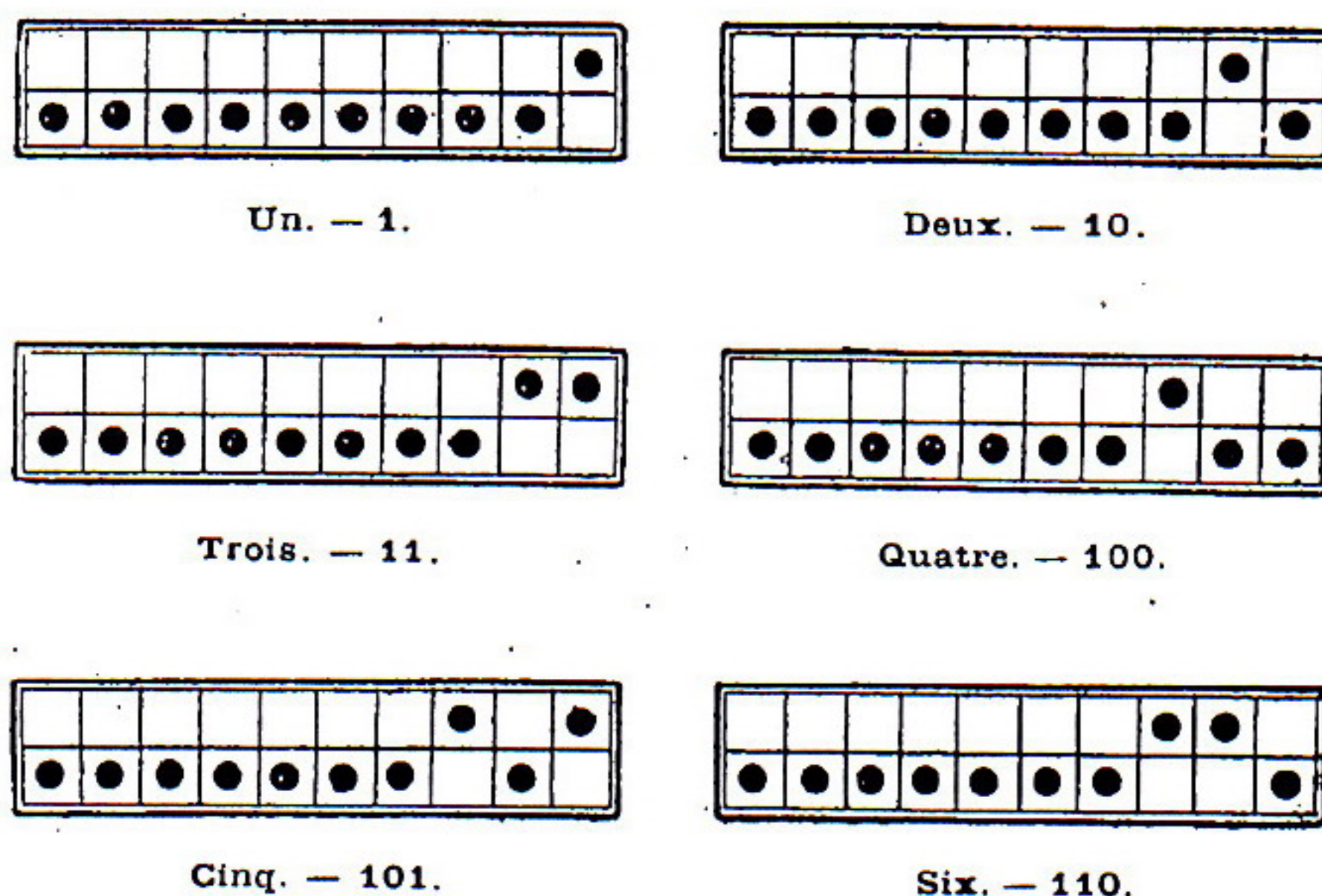


Fig. 15. — L'abaque binaire.

Ce système donne l'explication d'un symbole chinois portant le nom de *Je-Kim*, ou Livre des mutations, attribué à Fo-Hi, premier empereur et législa-

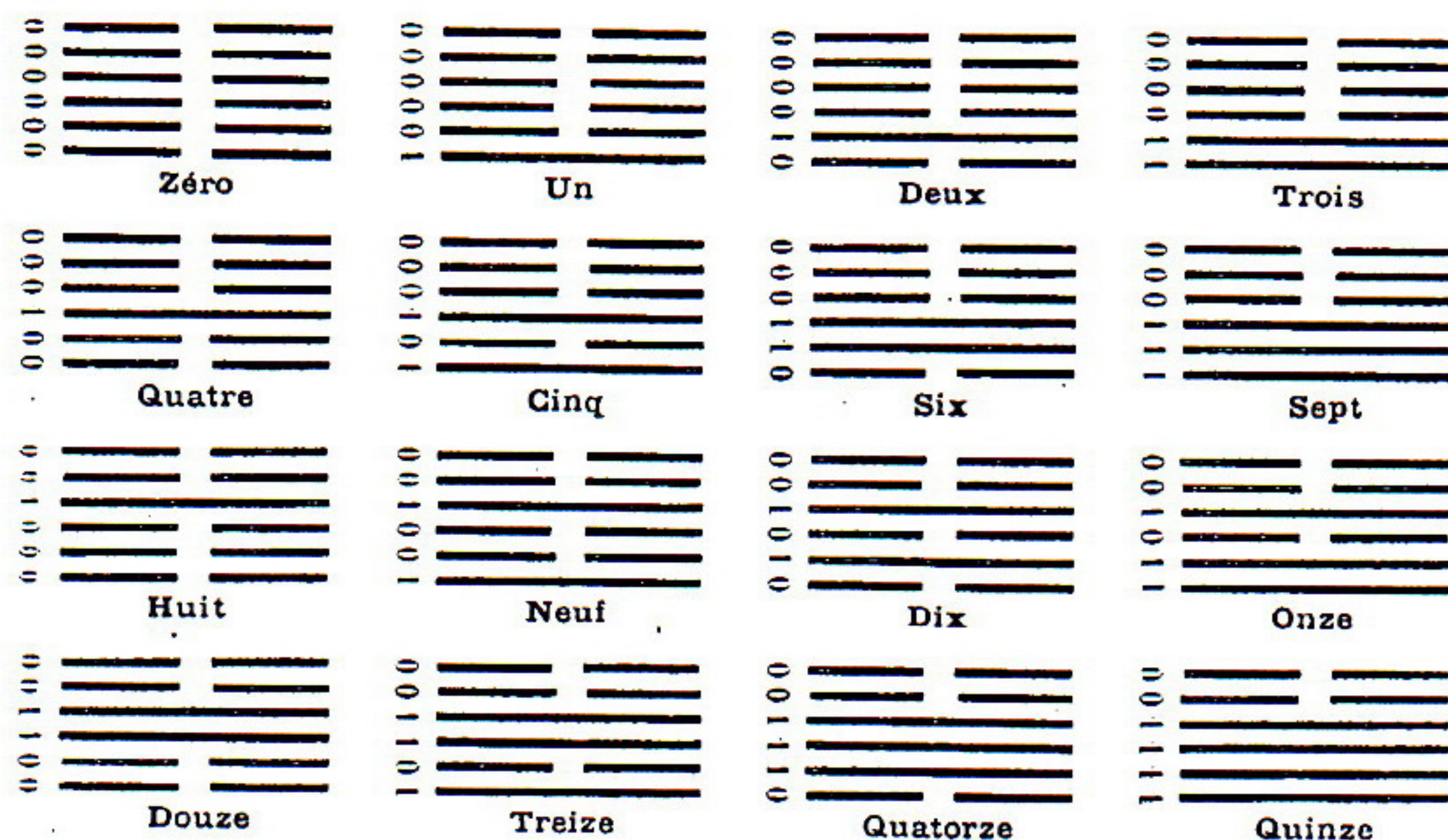


Fig. 16. — Les seize premiers caractères du Je-Kim.

teur de la Chine, qui vivait vers l'an 3000 avant notre ère, dix siècles avant Abraham. On lui attribue l'invention de la pêche, de la chasse, de la musique, de l'écriture, du calendrier, de l'usage du fer, etc.; on lui attribue encore l'institution du mariage, mais nous ne savons pas s'il avait prévu le divorce. Quant

au symbole (fig. 16), il est composé de 64 petites figures formées chacune de six lignes horizontales superposées, les unes entières, les autres brisées par le milieu. Il avait fait le désespoir des lettrés chinois et des savants européens, qui n'avaient pu parvenir à l'expliquer d'une manière satisfaisante, lorsque l'illustre Leibniz, comparant les différents caractères du Je-Kim à la suite des nombres écrits dans le système binaire, reconnut que cette arithmétique pouvait servir à interpréter l'énigme, et que le Je-Kim n'était autre chose que la suite des nombres écrits dans ce système, les traits pleins et brisés représentant respectivement les unités et les zéros. Nous ajouterons cependant que l'on peut considérer les caractères du Je-Kim comme les diverses configurations de l'abaque binaire, et que notre explication nous semble plus plausible, à cause de l'orientation des caractères, que celle de Leibniz. Quoi qu'il en soit, Leibniz voyait encore dans cette énigme, qu'il avait si heureusement déchiffrée, une image de la création tirée du néant par la volonté de Dieu, de même que, disait-il, tous les nombres sont engendrés dans le système binaire par le zéro et l'unité. Cette idée lui plut tellement, qu'il engagea le père Bouvet, missionnaire en Chine, à la développer devant l'empereur régnant pour le convertir au christianisme. Nous ne prétendons aucunement justifier cette application de la science aux mystères théologiques; nous la citons comme un document curieux et important de l'histoire de l'arithmétique et nous ajouterons que l'idée de Leibniz était une idée pythagoricienne échappée à l'imagination active de ce grand génie et sur laquelle il n'eût sans doute pas insisté plus qu'elle ne le méritait.

Reprenons notre abaque binaire, et supposons maintenant que le premier pion à droite pèse 1 gramme, le deuxième 2 grammes, le troisième 4, le quatrième 8, et ainsi de suite, en doublant, jusqu'au douzième, pesant 512 grammes; nous voyons ainsi qu'avec ces dix poids on pourra peser tous les nombres entiers de grammes jusqu'au nombre 1023, somme de tous les précédents. Nous n'insisterons pas davantage sur cette application du système binaire, ni sur le petit jeu de société que nous avons appelé l'*Éventail mystérieux*, dont on trouvera le détail dans le premier volume de nos *Récréations mathématiques* (1). Mais nous ajouterons que la manœuvre de l'abaque binaire revient, au fond, à celle du *Baguenaudier*. C'est un appareil de jeu (fig. 17) composé d'une suite d'an-

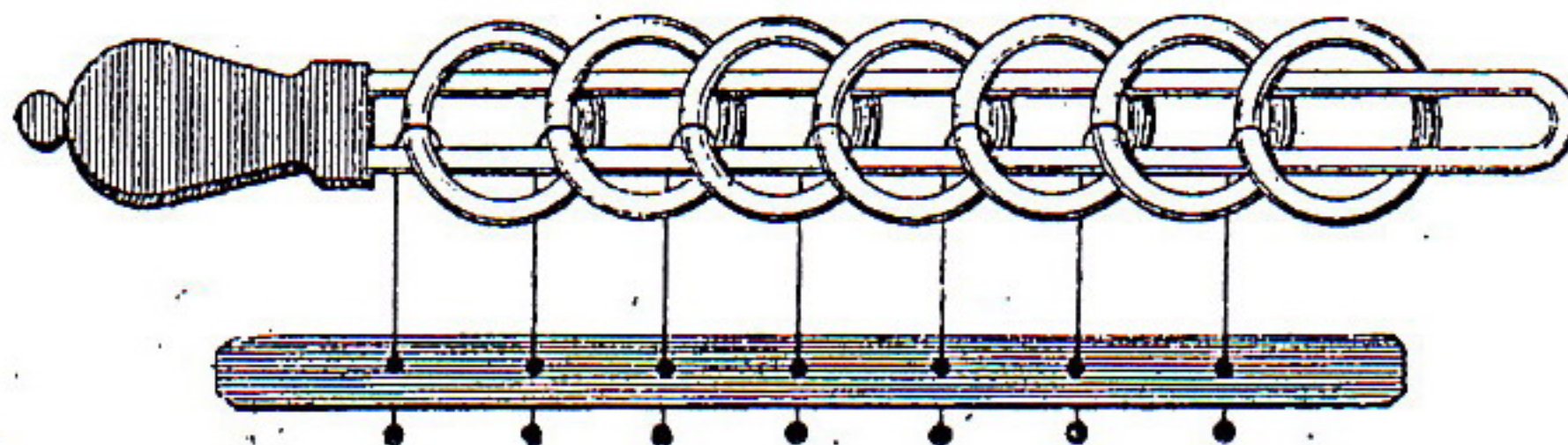


Fig. 17. — Le baguenaudier.

neaux enfilés sur une navette; on voit tous les jours, à Paris, sur la place Clichy, un aveugle original qui joue, non de la clarinette, mais du baguenaudier avec une dextérité surprenante. La théorie de ce jeu avait été étudiée par plusieurs éminents mathématiciens, et notamment par Cardan, au xvi^e siècle, et par Wallis, au xvii^e; mais c'est à un clerc de notaire lyonnais, devenu depuis conseiller à la

(1) Paris, chez Gauthier-Villars, 2 vol. in-8°.

cour d'appel de Lyon, M. Louis Gros, que l'on doit cette remarque excessivement ingénieuse.

Un de nos amis, le professeur N. Claus (de Siam), mandarin du collège Li-Sou-Stian, a publié, à la fin de l'année dernière, un jeu inédit qu'il a appelé la *Tour d'Hanoi* (1), véritable casse-tête annamite (fig. 48) qu'il n'a pas rapporté.

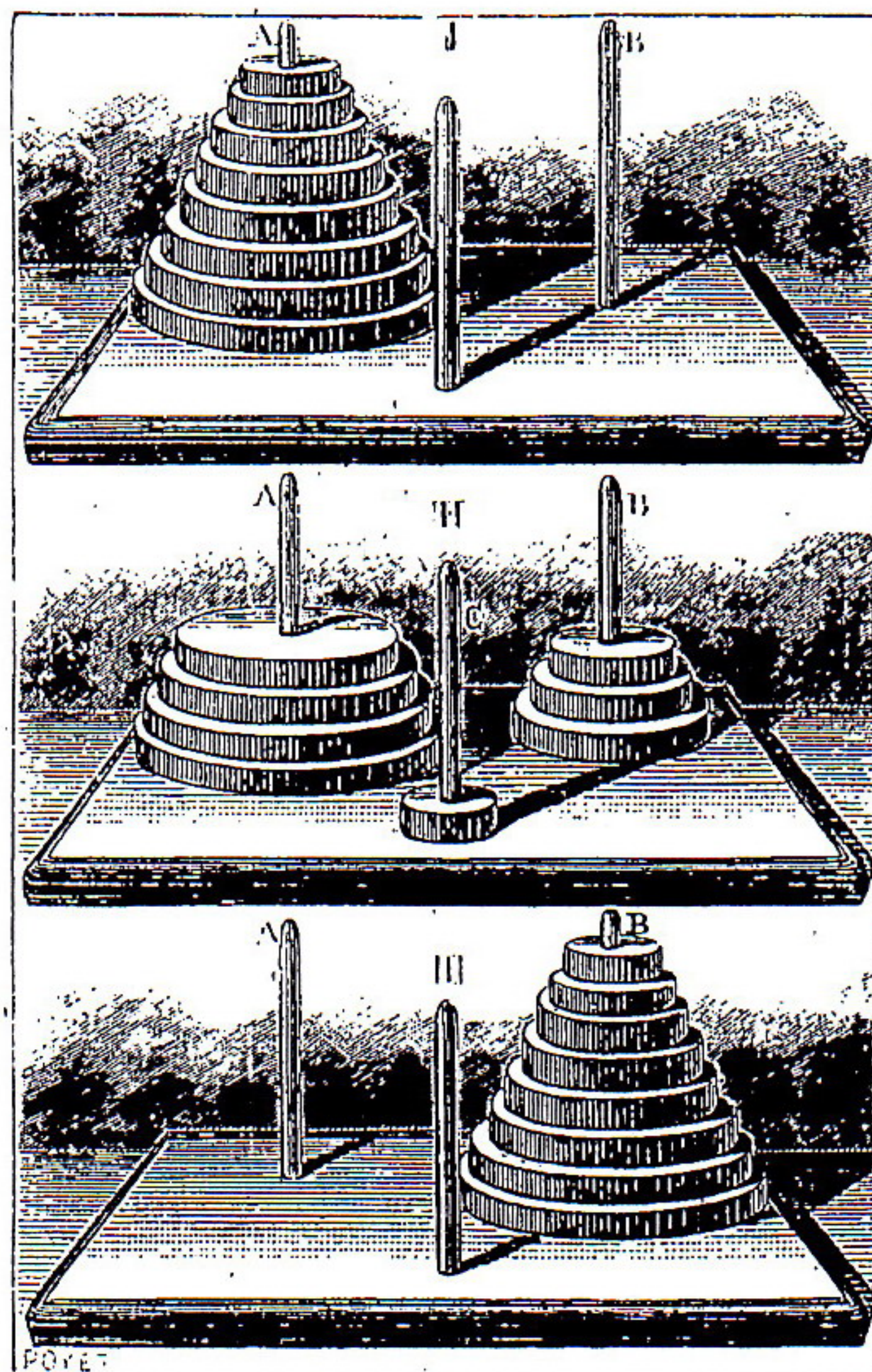


Fig. 48. — La tour d'Hanoi.

du Tonkin, quoi qu'en dise le prospectus. Cette tour se compose d'étages superposés et décroissants, en nombre variable, représentés par huit pions en bois percés à leur centre, et enfilés dans l'un des trois clous fixés sur une tablette. Le jeu consiste à déplacer la tour en enfilant les pions sur un des deux autres clous et en ne déplaçant qu'un seul étage à la fois, mais avec défense expresse de poser un étage sur un autre plus petit. Le jeu est toujours possible et demande deux fois plus de temps chaque fois que l'on ajoute un étage à la tour. En effet, si l'on sait résoudre le problème pour huit étages, par exemple, en transportant la tour du premier clou au second, on saura le résoudre pour neuf étages. On transporte d'abord les huit étages supérieurs sur le troisième clou; puis le neuvième étage sur le deuxième clou, et

(1) Paris, chez Grasson et Dupuy, constructeurs.

enfin sur celui-ci les huit premiers étages: Donc, en augmentant la tour d'un étage, le nombre des coups devient le double, plus un. Ainsi :

Pour une tour de deux étages, il faut 3 coups, au minimum.

—	trois	—	7	—
—	quatre	—	15	—
—	cinq	—	31	—
—	six	—	63	—
—	sept	—	127	—
—	huit	—	255	—

A un coup par seconde, il faut plus de quatre minutes pour déplacer la tour de huit étages. Pour exécuter le transport de la tour d'Hanoï à soixante-quatre étages, conformément aux règles du jeu, il faudrait faire un nombre de déplacements égal à

18 446 744 073 709 551 615;

ce qui exigerait plus de *cinq milliards de siècles* !

Le nombre prodigieux que nous venons d'écrire se retrouve encore dans la théorie du baguenaudier de soixante-quatre anneaux. Ce nombre était connu des Indiens; l'écrivain arabe Asaphad rapporte, en effet, que Sessa, fils de Dabher, imagina le jeu des échecs, où le roi, quoique la pièce la plus importante, ne peut faire un pas sans le secours de ses sujets, les pions, dans le but de rappeler au monarque indien Scheran les principes de justice et d'équité avec lesquels il devait gouverner. Scheran, enchanté d'une leçon donnée d'une manière si ingénieuse, promit à l'inventeur de lui donner tout ce qu'il voudrait pour sa récompense. Celui-ci répondit: « Que votre Majesté daigne me donner un grain de blé pour la première case de l'échiquier, deux pour la seconde, quatre pour la troisième, et ainsi de suite en doublant jusqu'à la soixante-quatrième case. » Il aurait fallu huit fois la superficie de la terre, supposée entièrementensemencée, pour avoir en une année de quoi satisfaire au désir du modeste brâmine. Le nombre des grains de blé est égal au nombre des déplacements de la tour d'Hanoï à soixante-quatre étages.

Le mandarin N. Claus (de Siam) nous raconte qu'il a vu, dans ses voyages pour la publication des écrits de l'illustre Fer-Fer-Tam-Tam, dans le grand temple de Bénarès, au-dessous du dôme qui marque le centre du monde, trois aiguilles de diamant, plantées dans une dalle d'airain, hautes d'une coudée et grosses comme le corps d'une abeille. Sur une de ces aiguilles Dieu enfila, au commencement des siècles, soixante-quatre disques d'or pur, le plus large reposant sur l'airain, et les autres, de plus en plus étroits, superposés jusqu'au sommet. C'est la tour sacrée de Brahma. Nuit et jour, les prêtres se succèdent sur les marches de l'autel, occupés à transporter la tour de la première aiguille de diamant sur la troisième, sans s'écarter des règles fixes que nous venons d'indiquer, et qui ont été imposées par Brahma. Quand tout sera fini, la tour et les brahmes tomberont, et ce sera la fin des mondes !

Nous avons tenu à développer la théorie de ce jeu curieux et original; nous ferons cette remarque importante qu'il représente encore la formation des nombres dans le système binaire. On simplifie la manœuvre du jeu à l'aide de cette remarque intéressante qui a été faite pour la première fois par le neveu de l'inventeur, M. Raoul Olive, élève du lycée Charlemagne: le disque le plus petit tourne toujours dans le même sens de deux en deux coups; ceci permet de réussir toujours sans tâtonnements. Mais on peut compliquer le jeu en

plaçant d'abord les huit étages dans un ordre quelconque. En augmentant le nombre des tiges et en modifiant légèrement les règles du jeu, on obtiendrait facilement des représentations de tous les systèmes de numération. En nous servant des mêmes principes; nous avons pu trouver de nouveaux systèmes de serrures indécrochetables pour la fermeture des coffres-forts.

L'industrie étrangère s'est emparée depuis peu du jeu de notre ami et de sa légende; mais nous pouvons affirmer que le tout a été imaginé, il y a quelque temps déjà, au n° 56 de la rue Monge, à Paris, dans la maison bâtie sur l'emplacement de celle où mourut Pascal, le 19 août 1662.

LES MACHINES DE PASCAL ET DU D^r ROTH.

La possibilité d'exécuter des calculs par le moyen de mouvements mécaniques a été entrevue pour la première fois par le génie de Pascal, en 1642; il avait alors dix-neuf ans. Il écrivait au chancelier Pierre Séguier en lui faisant hommage de sa machine arithmétique: « Si le public reçoit quelque utilité de l'invention que j'ai trouvée pour faire toutes sortes de règles d'arithmétique, par une manière aussi nouvelle que commode, il en aura plus d'obligation à Votre Grandeur qu'à mes petits efforts, puisque je ne saurais me vanter de l'avoir conçue, et qu'elle doit absolument sa naissance à l'honneur de vos commandements. Les longueurs et les difficultés des moyens ordinaires dont on se sert m'ayant fait penser à quelque secours plus prompt et plus facile pour me soulager dans les grands calculs où j'ai été occupé depuis quelques années en plusieurs affaires qui dépendent des emplois dont il vous a plu honorer mon père pour le service de Sa Majesté en la haute Normandie, j'employai à cette recherche toute la connaissance que mon inclination et le travail de mes premières études m'ont fait acquérir dans les mathématiques; et, après une profonde méditation, je reconnus que ce secours n'était pas impossible à trouver. »

Cette machine fut le fruit de longues recherches; plus de cinquante instruments de formes diverses entraînèrent l'auteur à des dépenses considérables: cependant sa conception, audacieuse à cette époque où la mécanique pratique était peu avancée, mériterait seule d'illustrer ce grand esprit, bien plus que la machine elle-même, qui, malgré les efforts des plus grands géomètres, de Leibniz et de d'Alembert, n'a jamais pu réaliser qu'un compteur faisant des additions et des soustractions, ou, pour parler plus exactement, que l'appareil reproducteur d'une bonne machine, comme nous allons le montrer tout à l'heure.

Le Conservatoire des arts et métiers possède plusieurs exemplaires de cette machine; Diderot en a donné la description dans un article de l'*Encyclopédie*, qui est reproduit dans les nouvelles éditions des œuvres de Pascal. En 1673, Leibniz soumit à la Société royale de Londres le plan d'une machine automate qui devait servir à exécuter les quatre règles de l'arithmétique. Quelque temps après, il le présenta à l'Académie des sciences de Paris. Cette machine n'a jamais pu être exécutée, malgré les dépenses considérables faites par l'auteur, qui y consacra une somme de plus de 100 000 francs de notre monnaie actuelle. Quant à la machine de Pascal, elle a été successivement modifiée et simplifiée par Lépine en 1723, et par Hillerin de Boistissendeau en 1730. Mais dans toutes ces machines les frottements étaient si considérables qu'on ne pouvait les faire fonctionner. C'est à M. le docteur Roth que l'on doit la première solution

rigoureuse du problème des machines à calculer; c'est l'une des trois solutions dont nous parlerons, la solution *dynamique*. M. Roth a apporté dans son instrument une autre modification qui peut être comparée à celle que les horlogers ont introduite dans les montres lorsqu'ils ont transformé la montre ancienne, si épaisse et si lourde, en montre à cylindre si plate et si commode. Ainsi, en voyant la machine de Pascal et celle du Dr Roth, il est impossible de ne pas faire cette réflexion.

Toute machine arithmétique se compose de quatre organes essentiels qui correspondent aux quatre règles du calcul; ce sont le générateur, le reproducteur, le renverseur et l'effaceur. Dans l'appareil de Roth comme dans celui de Pascal, l'organe *générateur* est à l'état rudimentaire; c'est un simple crayon, une tige métallique que l'on tient à la main.

L'organe *reproducteur* se compose de roues ou de cylindres à 10 ou 20 dents ou cannelures, et montés sur des axes parallèles; la première roue à droite représente les unités, la seconde les dizaines, la troisième les centaines, et ainsi de suite. Chacune d'elles porte une ou deux fois les chiffres de 0 à 9 et se trouve placée derrière une tablette métallique garnie d'une lucarne à travers laquelle on n'aperçoit qu'un seul chiffre. Par un mécanisme spécial plus ou moins compliqué, une roue quelconque avance d'une division ou d'une dent, lorsque l'on fait avancer la roue à sa droite de dix divisions à partir de 0; en d'autres termes, c'est le mécanisme des *retenues* ou des *reports*, du genre de celui que l'on trouve dans tous les compteurs pour l'eau, pour le gaz, et que l'on voit aussi depuis quelque temps sur le bord des billards pour compter les points du carambolage.

Au-dessus du pourtour de chaque roue, la tablette porte une échancrure qui permet d'apercevoir les dents; par suite, avec le crayon, on peut faire avancer une roue quelconque d'autant de divisions que l'on veut, en se servant du numérotage placé sur le bord de l'échancrure. On peut donc ajouter, autant de nombres que l'on veut, en les inscrivant successivement sur la machine. La multiplication se fait, par suite, comme l'addition; mais l'opération est longue, la reproduction fastidieuse, précisément à cause de l'insuffisance du premier organe.

Ainsi que nous venons de le dire, l'additionneur du Dr Roth est fondé sur le même principe que celui de Pascal; mais les roues ne se conduisent pas de la même manière dans les deux machines. Supposons huit roues placées à la suite les unes des autres; inscrivons le chiffre 9 de chacune des premières roues sous la lucarne correspondante, et le chiffre 0 de la dernière roue, à gauche, sous sa lucarne. Si je fais tourner la première roue d'un cran, j'ajouterai une unité aux 9 unités et j'aurai une dizaine qui devra passer 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 09 999 999 qui avait été primitivement inscrit, 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 plusieurs manières différentes; on peut supposer que les huit roues marchent ensemble comme huit roues dentées formant engrenage, ou que chaque roue ne marche qu'après que 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 précisément comme nous l'avons dit pour le premier cas, et son fonctionnement est difficile, sinon impossible, à cause des frottements, tandis que le mécanisme imaginé par M. Roth se trouve être dans le second cas indiqué ci-dessus.

Aussi M. le Dr Roth, pour faire sentir la différence qui existe entre son mécanisme et celui de Pascal, se sert d'une expression pittoresque et exacte, en disant : « La machine de Pascal fait un *feu de bataillon*, et la mienne un *feu de file*. De plus, mon mécanisme est tel qu'il ne peut se déranger ; les ressorts ne peuvent être faussés, une roue ne peut faire *volant*, ce qui arrive souvent dans la machine de Pascal. » Le *compteur* de M. Roth, que l'on trouve dans les galeries du Conservatoire, est construit sur les mêmes principes que son additionneur : il a été adopté par la marine. Dans la séance générale du 6 septembre 1843, la Société d'encouragement pour l'industrie nationale a décerné à M. Roth la médaille d'argent pour ses instruments à calcul.

Le troisième organe, le *renverseur*, a pour but de transformer l'addition en soustraction, et la multiplication en division. Dans la machine de Pascal, chacun des cylindres chiffrés du compteur porte deux graduations en sens opposés, sur deux cercles parallèles, de telle sorte que la somme des chiffres correspondants des deux graduations soit toujours égale à 9 ; ainsi l'addition de 4 unités d'un ordre quelconque sur l'une des graduations donne une soustraction de 4 unités sur l'autre. Dans la machine de Roth, les deux graduations sont placées sur deux cercles concentriques et sont écrites avec des encres de couleurs différentes, rouge et noire. Deux lucarnes correspondent à chaque roue, l'une pour l'addition, l'autre pour la soustraction.

Le quatrième organe, l'*effaceur*, qui joue le rôle de l'éponge sur le tableau, a pour but de ramener tous les chiffres à zéro ; dans l'appareil de Roth, il suffit de tirer un bouton ; on manœuvre ainsi une tige qui agit sur des excentriques adaptées à chaque roue ; aussitôt on voit apparaître le chiffre 9 dans toutes les lucarnes de la graduation additive ; puis, avec le crayon, on ajoute *un*, et les 9 se trouvent remplacés par des 0. Nous montrerons tout à l'heure la disposition ingénieuse imaginée par Thomas (de Colmar).

Ainsi, en résumé, la machine de Pascal et toutes celles qui en dérivent contiennent trois des quatre organes essentiels ; mais le premier manque.

Les appareils que j'ai l'honneur de vous montrer appartiennent au Conservatoire des arts et métiers, et nous devons remercier son directeur, M. le colonel Laussedat, de la bienveillance avec laquelle il a bien voulu encourager nos premiers efforts. En allant au Conservatoire, pour la préparation de cette conférence, j'ai souvent traversé le square de la tour Saint-Jacques et, plus d'une fois, je me suis surpris arrêté devant la statue de Pascal. Sous cette voûte splendide, pleine d'ombre et de mystère, qui fut le témoin de ses immortelles expériences sur le baromètre et sur la pesanteur de l'air, l'artiste l'a représenté dans une attitude austère et méditative. Rien ne saurait troubler le calme de sa pensée profonde ; ni les cris des enfants qui jouent dans le jardin, ni le bruit de l'activité humaine qui passe dans la rue. Rien, pas même tous ces enfants de son esprit, ces brouettes, ces haquets, ces omnibus, qui courent, se pressent et se dispersent par centaines, dansant une ronde folle autour de son piédestal. Mesdames, messieurs, quand vous irez à Paris, lors de votre retour, tout autour de la tour Saint-Jacques, arrêtez-vous un instant pour contempler cette radieuse image ; c'est l'une des gloires les plus pures, l'un des plus grands génies de la France !

L'ARITHMOMÈTRE DE THOMAS (DE COLMAR).

C'est à un autre Français que l'on doit le premier modèle d'une machine pratique permettant d'exécuter rapidement les quatre opérations fondamentales de l'arithmétique. L'*arithmomètre* a été inventé en 1820 par Thomas (de Colmar), directeur de la compagnie d'assurances *le Soleil*, et perfectionné par son fils M. Thomas de Bojano et par ses petits-fils. Nous n'entrerons pas dans tous les détails de cette machine dont le lecteur trouvera la description avec de belles et nombreuses figures dans un lumineux et intéressant rapport de M. le colonel Sebert, inséré dans le *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale* (1878); mais nous pouvons dire que chacun des nombreux mécanismes auxiliaires de cette machine est un chef-d'œuvre inouï de patience et d'efforts; nous devons ajouter cependant qu'elle ne donne pas une solution rigoureuse, mathématique, du problème des machines à calculer, à cause du trop grand nombre de ressorts.

L'appareil générateur se compose ici d'une plaque métallique horizontale avec des rainures parallèles le long desquelles sont inscrits des chiffres de 0 à 9; à chaque rainure correspond un bouton avec index que l'on peut faire glisser à la main le long de la rainure; par suite, on peut inscrire, comme sur le nouvel abaque universel, le nombre que l'on veut. Chaque bouton est relié par une lame pendante à un pignon à dix dents, situé au-dessous de la tablette. À côté de chacun des pignons se trouve placé un cylindre d'axe horizontal dont la longueur est égale à celle de la rainure placée au-dessus; chacun des cylindres porte en saillie, sur la moitié du pourtour, 9 nervures de longueur successivement croissante depuis le $\frac{1}{10}$ de la longueur jusqu'aux $\frac{9}{10}$, et le mouvement de chaque cylindre est commandé par un arbre de couche horizontal mù par une manivelle. À chaque tour de manivelle, les cylindres font un tour; mais les pignons n'avancent respectivement chacun que du nombre de dents marqué par l'index correspondant. Des pignons montés sur le même axe que celui de l'index transmettent le mouvement aux roues chiffrées de l'appareil reproducteur placé sous une plaque métallique qui fait le prolongement de la première.

Ainsi donc chaque tour de manivelle produit successivement les termes d'une progression arithmétique; supposons que l'on veuille multiplier 37 456 par 982; on amène à zéro les chiffres des lucarnes de l'appareil reproducteur, au moyen de l'effaceur que nous décrivons plus loin. On écrit sur la tablette le nombre 37 456; on tourne 2 fois la manivelle, et l'on peut lire sur les lucarnes le produit de 37 456 par 2; pour avoir le produit par 82, il faudrait tourner 82 fois; mais ici se présente encore une disposition ingénieuse; on fait glisser d'un cran vers la droite tout l'appareil reproducteur, et l'on tourne 8 fois; on a ainsi multiplié par 82. En faisant encore glisser d'un cran, et tournant 9 fois, on a multiplié par 982. On a donc pour ainsi dire matérialisé l'opération de la multiplication, telle qu'on la pratique habituellement.

Nous passons maintenant à l'organe renverseur de l'arithmomètre; nous n'avons pas eu le temps de faire construire l'appareil de démonstration qui devait nous servir pour expliquer comment on peut passer de l'addition à la soustraction et, par suite, de la multiplication à la division; nous y remédions par la comparaison suivante. Considérons une voiture réduite à sa plus

simple expression, c'est-à-dire formée d'un essieu réunissant deux roues jumelles; la voiture s'avance sur une route toujours dans le même sens; je suis assis au milieu, sur l'essieu, et je tiens un parapluie ouvert à la main. Mon parapluie, étant bien au milieu, ne bouge pas; mais si je l'incline vers la droite, les rais de la roue le font tourner au-dessus de ma tête, de droite à gauche en passant par devant; au contraire, si j'incline vers la gauche, le parapluie tourne dans le sens contraire, et cependant la voiture chemine toujours dans la même direction. Dans l'arithmomètre, les roues de notre voiture sont remplacées par deux pignons jumeaux, et le parapluie devient la roue chiffrée du reproducteur. Il suffit d'appuyer sur un petit levier pour faire engrener le pignon qu'on veut avec la roue chiffrée, de telle sorte que chaque tour de manivelle, — la manivelle tourne toujours dans le même sens, — produise successivement dans les lucarnes des nombres toujours croissants ou toujours décroissants en progression arithmétique dont la raison est marquée sur l'abaque de la tablette.

Enfin l'organe effaceur nous montre tout le parti que l'on peut tirer d'une dent cassée; au-dessous de chaque roue chiffrée se trouve, faisant corps avec elle, une autre roue dentée plus petite, dans laquelle on a supprimé la dent qui correspond au 0 de la lucarne; un bouton molleté fait avancer une crémaillère qui fait tourner la roue jusqu'au moment où le 0 paraît dans la lucarne. L'opération se fait aussi rapidement qu'une pichenette; c'est cent fois plus rapide que la manœuvre de l'éponge au tableau. Ce détail est tout simplement admirable, et il y en a beaucoup d'autres de ce genre dans l'arithmomètre.

Quant au fonctionnement de la machine, il est aussi d'une admirable simplicité; mes deux enfants savaient s'en servir couramment à sept ans. C'est donc un instrument parfait et qui remplit le but que les inventeurs s'étaient proposé; il suffit d'une demi-minute pour obtenir le produit de deux nombres de dix chiffres; actuellement il est employé par les magasins du Louvre, la Compagnie des petites voitures, la Caisse des dépôts et consignations, les directions du ministère de la guerre, de la marine, les compagnies d'assurances, de chemins de fer, le Creusot, l'Observatoire, le Bureau central météorologique, l'École polytechnique, l'École des ponts et chaussées, etc. Il s'en vend en moyenne 100 par an, 60 vont à l'étranger et 40 seulement restent en France.

LES RÈGLES ET LES CERCLES À CALCULS.

Avant de continuer la description des autres machines à calculer, nous en donnerons un essai de classification. Les machines à calculer se divisent en deux grandes classes : 1^o celles qui donnent des résultats exacts, et pour lesquelles il est aussi important de connaître les derniers chiffres que ceux de l'ordre le plus élevé; ce sont les *Machines d'arithmétique pure*; 2^o celles qui donnent des résultats approchés, suffisants pour les besoins de la pratique, et que nous pouvons appeler *Machines d'arithmétique appliquée*. Nous ne nous occuperons pas, pour l'instant, de ces dernières, car nous avons l'intention de faire prochainement une autre conférence sur ces appareils si utiles et si ingénieux. Nous nous contenterons de citer la *Règle à calculs*, que tout contremaître anglais, belge, italien, allemand a toujours dans la poche et qu'il sait manier avec une grande dextérité, tandis que sa théorie et sa pratique ont disparu de notre enseignement officiel. Et cependant, dans tous les cabinets de physique de nos lycées on en possède un modèle de démonstration, qui coûta fort cher,

et qui fut confectionné par les ateliers nationaux en 1848. Cet outil merveilleux, dû à Edmond Gunther, en 1624 (1), amélioré par Milburne, en 1650, et par S. Partridge en 1637, par Ch. Leadbetter en 1750 (*sliding rule*) et dernièrement par M. Péraux, de Nancy, n'est à proprement parler que la table de logarithmes mise en bâtons. Il a été perfectionné de diverses manières par M. le colonel Mannheim, professeur de géométrie à l'École polytechnique, lorsqu'il était élève à l'École d'application d'artillerie et du génie, à Metz, en 1851. On lui doit encore une fort ingénieuse règle à calculs, à échelles repliées, rendue ainsi plus portative par la diminution de longueur et fabriquée par M. Tavernier-Gravet, à Paris. Des instructions pour l'emploi de cette règle ont été publiées en Allemagne, en Angleterre, en Italie. C'est Quintino Sella qui a fait l'instruction italienne; celle-ci a été traduite en français par M. l'ingénieur Montefiore, actuellement sénateur à Bruxelles. Depuis, M. Mannheim a exposé en 1867, à l'Exposition universelle de Paris, une autre règle plus simplifiée qui lui a valu une mention honorable; mais il n'existe que deux exemplaires de cette règle de forme cylindrique, l'un chez le fabricant, l'autre au Conservatoire, à côté des machines de Pascal.

Voici un autre appareil fort ingénieux encore, en forme de montre, que je sors de la poche de mon gilet. C'est une règle à calculs logarithmiques repliée en cercle; elle a été imaginée par M. A. Boucher (2); elle est d'un emploi très facile; nous y reviendrons peut-être dans une prochaine conférence (fig. 19).

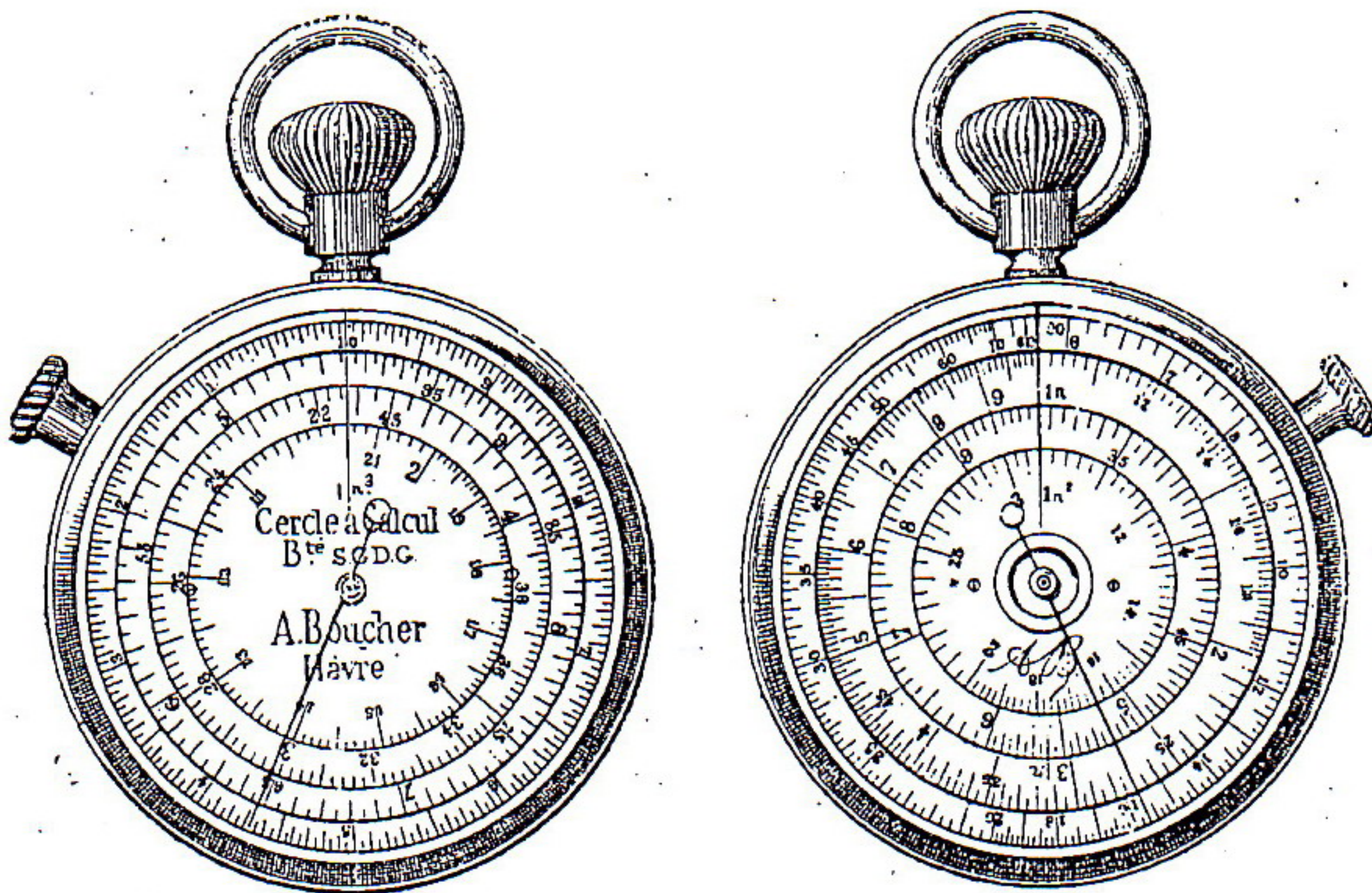


Fig. 19. — Le cercle à calculs.

Nous dirons cependant que dès l'année 1696, Biler donna à la règle de Gunther une forme semi-circulaire et l'appela *Instrumentum mathematicum*.

(1) Nous n'avons pu nous procurer l'ouvrage suivant : *Description d'une machine arithmétique jusqu'ici inconnue, et donnée au public par Louis Lanoge*, à Lyon, 1661; in-8.

(2) Voir la notice sur le *Cercle à calculs*, précédée d'une instruction sur l'emploi des planimètres polaires. — Paris, chez Morin, constructeur.

universale, et que dans l'année 1798, Gattey avait adopté la forme circulaire.

Nous citerons, mais plus rapidement, à notre grand regret, l'abaque de Clairaut et de M. Piccard, de Lausanne, perfectionné par M. Chénevier, architecte à Verdun; les abaques de M. Lalanne, sénateur; les spirales à calculs logarithmiques de M. Cousinéry, et les tableaux graphiques de M. Gariel, notre sympathique secrétaire général, pour le calcul des lentilles; et enfin tous ces admirables instruments : les curvimètres qui servent à mesurer la longueur d'une courbe tracée sur le papier, les planimètres qui déterminent la superficie renfermée dans un contour de forme quelconque, les intégrateurs d'Amsler, de Stamm, de Marcel Deprez et enfin ces beaux tableaux graphiques pour les calculs de la résistance des matériaux, par M. Genaille, que voici près de moi, et qui a bien voulu m'aider avec M. Hurblin, jeune élève du collège de Blois, pour la préparation de cette conférence. M. le colonel Laussedat, avec son intelligente initiative, a fait reproduire ces tableaux avec un très grand soin et leur a donné une place d'honneur dans la galerie si intéressante qui vient d'être ouverte au public et renferme tout ce qui se rapporte à l'art des constructions du génie civil.

LES MACHINES DE DABBAGE, DE SCHEUTZ ET DE TCHEBICHEF.

Ainsi, laissant de côté les machines à calculs approchés, nous avons vu que l'arithmomètre Thomas permet d'obtenir, à chaque tour de manivelle, les termes successifs d'une progression arithmétique croissante ou décroissante. Il y a près d'un demi-siècle déjà, un Anglais, Charles Babbage, avait entrepris la construction d'une machine qui devait être un *calculateur universel*, donnant les termes successifs des progressions arithmétiques des divers ordres. L'annonce de cette machine produisit une grande émotion dans le monde savant; l'inventeur y consacra toute la fin de sa vie, toute sa fortune et aussi les encouragements pécuniaires considérables du gouvernement anglais; il mourut avant d'avoir pu en achever la construction.

Tout dernièrement, M. le général de Menabrea, ambassadeur d'Italie, appelait de nouveau l'attention de notre Académie des sciences sur la machine de Babbage, qui appartient au fils de l'auteur, général dans l'armée anglaise; il évoquait, à propos de cette machine, un curieux souvenir personnel. Au début de sa longue et glorieuse carrière scientifique, il avait connu Babbage, qui lui avait expliqué son système. Il en fit alors l'objet d'un article dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, en 1842. Une traduction de cet article parut peu de temps après, en anglais, dans les *Scientific Memoirs*, sans le nom du traducteur. Il était bien évident, cependant, que ce traducteur n'était pas le premier venu, car il avait joint à son travail des notes du plus haut intérêt et qui développaient le sujet d'une manière tout à fait remarquable. Or, on sut plus tard que ce mystérieux traducteur n'était rien moins qu'une très noble et très belle dame anglaise, dont le nom sera transmis à la postérité sur les ailes de l'un des plus grands poètes de notre siècle; c'était lady Ada Lovelace, la fille unique de lord Byron.

Et le général de Menabrea ajoute fort galamment : « Puissent ces souvenirs, que j'exhume sur la fin de ma carrière, provoquer l'accomplissement d'une œuvre qui serait précieuse pour la science et un triomphe pour l'art mécanique, en même temps qu'un hommage rendu à la mémoire d'un homme de génie, de même qu'à celle de la noble dame qui, par son exemple, a démontré que

la plus belle moitié du genre humain peut avoir, pour les hautes sciences, des aptitudes égales à celles de l'autre moitié qui, modestement, veut bien s'appeler le sexe fort! »

On doit à Georges Scheutz, éditeur d'un journal technologique à Stockholm, et à son fils Édouard Scheutz, la réalisation du rêve de Babbage. Soutenus par les encouragements de l'Académie des sciences de Stockholm et du roi de Suède, ils ont construit une machine merveilleuse qui a été admise à l'Exposition universelle de Paris, en 1853, et admirée par Babbage lui-même. Cette machine a été achetée par un riche négociant des États-Unis, M. Rathbone, et offerte par lui à l'observatoire Dudley, d'Albany. Un autre exemplaire a été construit pour le gouvernement anglais et sert à faciliter les calculs du *Nautical Almanach*.

Elle a la forme d'un petit piano, et le fonctionnement n'en est pas plus compliqué que celui d'un orgue de Barbarie. Elle permet d'obtenir à chaque tour de manivelle les termes successifs des progressions arithmétiques non seulement du premier ordre, mais aussi du deuxième, du troisième et même du quatrième. Bien plus, les résultats sont imprimés en creux sur des lames de plomb, et l'on en fait des clichés en relief que l'on peut immédiatement livrer à l'imprimeur pour le tirage. C'est ainsi que l'on a pu éditer des tables de logarithmes, de sinus et de logarithmes-sinus ne contenant aucune erreur arithmétique ou typographique. La machine calcule et stéréotype à l'heure 120 lignes prêtes à être mises sous presse. Des essais comparatifs ont prouvé que la machine produit deux pages et demie de chiffres dans le temps qu'il faut à un bon compositeur pour assembler les caractères d'une seule page. — Nous voici donc bien loin des tables stéréotypées de Callet, éditées par Firmin Didot vers la fin du XVIII^e siècle!

Vous pourriez croire qu'après tant d'efforts, après tant de difficultés vaincues, l'esprit de l'arithméticien se reposerait pour contempler son œuvre!

Mais il n'en est rien. Un savant russe, le plus illustre arithméticien de notre temps, M. Tchebichef, qui m'honore de son amitié et de ses conseils, — vous me pardonnerez de vous le dire, mais j'en suis fier — s'est aperçu que, dans tous ces appareils si ingénieux, on n'avait oublié qu'une seule chose, le principe le plus important et le plus nécessaire pour le fonctionnement d'une bonne machine. Dans une machine parfaite, le mouvement doit être continu, uniforme, et vous observerez que, dans l'arithmomètre Thomas, par exemple, les mouvements sont saccadés, discontinus : pendant un tour de manivelle, chaque pignon tourne inégalement, s'arrête pendant que d'autres sont encore en mouvement. Frappé de cet inconvénient, qui peut nuire parfois à l'exactitude des résultats, M. Tchebichef s'est alors proposé d'obtenir une machine à mouvements plus continus, plus uniformes; il nous a présenté, au congrès de Clermont-Ferrand, le lendemain d'un pèlerinage à la maison de Pascal, une machine à additionner, qui ressemblait de loin à la cage d'un écureuil. C'était l'appareil reproducteur d'une machine beaucoup plus parfaite que ses devancières, qu'il vous a montrée au congrès de la Rochelle. Vous en trouverez l'explication, trop écourtée malheureusement, dans la *Revue scientifique* du 23 septembre 1882 (1).

(1) M. Tchebichef vient de nous confier l'unique exemplaire de sa machine pour quelques mois, et nous autoriser à en faire prendre des dessins qui resteront exposés dans les Galeries du Conservatoire. La partie principale de sa machine est l'*additionneur*, qui donne la seconde solution rigoureuse du problème par le côté cinématique.

LES BATONS DE NÉPER.

Les machines que nous venons de vous montrer se composent d'organes qui dépendent tous les uns des autres, de telle sorte que le déplacement de l'un d'eux amène forcément le déplacement de tous les autres; en d'autres termes, nous dirons que ce sont des machines du genre mécanique. Nous allons vous exposer maintenant quelques autres appareils différents par le principe, et qui appartiennent au genre géométrique.

Nous commencerons par le nouveau calendrier perpétuel que nous avons appelé le *Vélocé classe-dates*. Vous trouverez à la fin du volume du congrès de

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

Fig. 20. — La table de Pythagore en bâtons.

Rouen un tableau numérique qui permet de calculer rapidement l'une des cinq quantités : siècle, année du siècle, mois, quantième, jour de la semaine, lorsque l'on connaît les quatre autres. Les cinq tableaux ont été reproduits sur des toiles enroulées sur cinq doubles cylindres parallèles, derrière des lucarnes. Par suite, il est facile d'amener devant chacune d'elles les nombres dont on a

besoin pour obtenir instantanément une date quelconque avec le jour correspondant. Vous retrouverez cet appareil dans les galeries du Conservatoire; vous y verrez prochainement d'autres appareils de notre invention pour le calcul plus difficile du jour de Pâques, des fêtes mobiles, des éclipses.

Jean Néper, baron de Markinston, en Écosse, l'inventeur des logarithmes, a indiqué en 1617, dans sa *Rhabdologie*, une ingénieuse méthode de calcul pour la multiplication et pour la division. Le tableau chiffré que vous avez devant vous (fig. 20) représente la table de Pythagore découpée en dix bâtons ou planchettes; la planchette à gauche est fixe : toutes les autres sont mobiles et peuvent être permutées de toutes les façons. Chacun des carrés de la table est divisé en deux triangles par une diagonale; dans le triangle du bas se trouve le chiffre des unités de chacun des produits, dans celui du haut et à gauche se trouve le chiffre des dizaines; supposons que l'on ait placé à côté de la barre fixe les tablettes portant en haut les numéros 7, 5, 8, on obtient presque immédiatement les produits de 758 par tous les nombres de 1 à 9; ainsi, par exemple, devant le 6 de la colonne fixe, on trouve horizontalement

$$6 \mid \begin{array}{c} 4 \\ 2 \end{array} \mid \begin{array}{c} 3 \\ 0 \end{array} \mid \begin{array}{c} 4 \\ 8 \end{array} \mid$$

et en faisant l'addition parallèlement à la diagonale des triangles, on a

4348

qui est le produit de 758 par 6. De même pour les autres; donc les réglettes de Néper permettent de trouver rapidement, sans qu'il soit nécessaire de savoir sa table de Pythagore, mais par une simple addition de deux chiffres, tous les produits partiels par un nombre de dix chiffres et plus. Ainsi la multiplication se trouve ramenée à l'addition; la division, sans tâtonnements, à la soustraction, et ces opérations sont d'autant plus facilitées qu'il s'agit de nombres plus grands.

L'invention de Néper provient peut-être d'une remarque sur l'une des manières de faire la multiplication chez les Indiens et les Arabes. Voici, par

	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>2</u>	
	1 5	2 0	1 0	<u>5</u>
	0 9	1 2	0 6	<u>3</u>
	1 2	1 6	0 8	<u>4</u>
11	18	22	16	12
18	22	16	12	18

Fig. 21. — Multiplication arabe.

exemple, la copie de la multiplication de 534 par 342 tirée du *Traité d'Arithmétique* d'Aboûl Haçan Ali ben Hohammed, le Koraïchite, plus connu sous le nom d'Alkalçadi, auteur arabe qui mourut vers 1480. Nous avons tenu compte de la différence d'orientation de l'écriture arabe avec la nôtre (fig. 21).

C'est en 1617 que Néper publia à Édimbourg sa célèbre *Rhabdologia sive numerationis per virgulas libri*. Cet ouvrage contient encore un *Multiplicationis et divisionis promptuarium*, et un *Methodus calculi per scacchiam*; on y trouve la description de ses bâtons et un procédé de calcul au moyen de l'échiquier. Gaspard Schott fut le premier qui eut l'idée de coller les bâtons de Néper sur plusieurs cylindres mobiles autour de leur axe, et les enferma dans une boîte. On trouve la description de ce procédé dans l'ouvrage qui a pour titre : *Organum mathematicum a P. Gasparo Schotto, e societate Jesu* (Herbipoli, 1668). — Peu après, en 1673, Grillet soumet au jugement du public parisien un nouvel appareil semblable au précédent; on en trouve la description dans l'ouvrage : *Curiosités mathématiques du sieur Grillet, orlogeur du roi*. Chez l'auteur, au Cloître Saint-Jean-de-Latran. — Il en existe deux modèles au Conservatoire.

En 1678, Petit exécuta un cylindre arithmétique connu sous le nom de *Tambour de Petit*, autour duquel il plaça des lames de cartons portant la table de Pythagore; les lames glissaient sur le cylindre parallèlement à l'axe, au moyen d'un bouton que chacune d'elles portait. C'est toujours le procédé rhabdologique qui est devenu le procédé géométrique. Puis, Jacques Leupold donne au tambour de Petit la forme d'un prisme décagonal au lieu de la forme cylindrique; on trouve la description de cet appareil dans l'ouvrage de l'inventeur : *Theatrum arithmetico-geometricum* (Leipsick, 1727).

En 1728, Michael Poetius transforme le procédé de Néper, au moyen d'un instrument composé de cercles concentriques mobiles et qu'il appelle *Mensula Pythagorica*; en 1731, de Méan propose un autre système que l'on trouve décrit dans le tome V des *Machines de l'Académie des Sciences de Paris*. En 1738, Roussain présente à la même Académie une manière de faire les multiplications et les divisions arithmétiques par de petits bâtons analogues à ceux de Néper. On a trouvé que M. Roussain rendait cette méthode plus commode et plus simple, en affermissant ces bâtons dans un cadre, et distinguant certaines bandes de chiffres par des couleurs; ce qui prévient les erreurs que pourrait produire le dérangement des bâtons, et a paru fort bien imaginé (*Histoire de l'Académie des Sciences*, pour 1738). L'addition diagonale, dans les bâtons de Néper, est remplacée par une addition verticale. Cet appareil est au Conservatoire.

En 1789, Prah! soumet au jugement du public un instrument qu'il appelle *Arithmetica portatilis* et qui n'est autre chose que la *Mensula Pythagorica* de Poetius; mais les cercles mobiles sont beaucoup plus grands et portent les nombres de 1 à 100. J.-P. Gruson, dans une brochure publiée à Magdebourg en 1792, et rééditée en 1795, sous le titre : *Machine à calculer*, décrit encore une transformation de la *Mensula* de Poetius. En 1798, Jordans publie à Stuttgart une *Description de plusieurs machines à calcul*. C'est encore une modification des bâtons de Néper.

En 1828, M. Lagrous présente à la Société d'encouragement (*Bulletin*, 27^e année) une machine à additionner composée de plusieurs cercles concentriques, et M. Briet prend le 8 décembre 1829 un brevet pour un additionneur qui a quelque analogie avec la machine précédente. En 1839, M. Bardach, de Vienne (Autriche) met 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, moins la transmission mécanique des dizaines, et dont l'autre, qui sert à la multiplication et à la division, n'est encore qu'une modification du *Promptuarium* de Néper. Le 27 mai 1841, M. J.-S. Henry prend un brevet pour un *Prompt Calculateur*; la même année, M. le Dr Roth imagine *Le Prompt Multiplicateur*.

et Diviseur. C'est une tablette munie de 9 fentes horizontales et, au bas, d'un abaque; au moyen de boutons, on écrit sur l'abaque le nombre que l'on veut, et les produits de ce nombre par les neuf premiers chiffres apparaissent immédiatement le long des fentes horizontales. M. le Dr Roth nous a donné un exemplaire de cet appareil que nous remettrons au Conservatoire après l'avoir étudié plus en détail. Mais, malgré tous ces perfectionnements, l'invention de Néper n'était pas tombée dans le domaine de la pratique. De plus, même dans l'appareil du Dr Roth, il restait toujours une petite addition à faire pour trouver chacun des produits partiels.

LES APPAREILS DE GENAILLE.

Un ingénieur aux chemins de fer de l'État, à Tours, M. Henri Genaille; obscur hier, illustre demain, a eu l'idée excessivement remarquable et ingénieuse de remplacer ces additions par des dessins très simples qui permettent de lire instantanément tous ces produits partiels. La manœuvre de ces réglettes est aussi facile que celle qui consiste à suivre un chemin à travers un labyrinthe, aux moyens de mains indicatrices dessinées sur des poteaux placés aux carrefours; c'est dire que l'on apprend à se servir de ces réglettes en une minute au plus. Nous les avons perfectionnées en ajoutant les quatre faces, comme pour celles de Néper, et nous présenterons prochainement au public un appareil, qui, sous une forme modeste et dont le prix ne dépasse pas deux francs, supprime d'un seul coup les opérations de la multiplication et de la division; en les remplaçant par une addition ou une soustraction. Supposez que vous possédiez deux boîtes des réglettes de Genaille; chacune d'elles à une épaisseur de 1 centimètre, une largeur de 12 et une longueur de 18 centimètres. Vous avez dans ces deux boîtes les produits partiels de tous les nombres jusqu'à vingt chiffres; or, si l'on voulait cataloguer tous ces résultats dans des volumes de 1000 pages à 100 lignes à la page, il faudrait pour contenir ces volumes une centaine de millions de bibliothèques comme la Bibliothèque nationale, en supposant qu'elle renferme 10 millions de volumes! C'est là toute l'économie de ce système.

Mais, direz-vous, on n'obtient que les produits par un seul chiffre; si l'on pouvait avoir tout de suite les produits par les nombres de 2, 3, 4 chiffres. Nous avons prévu le cas, et je vais vous montrer une autre disposition, un peu plus grande, des réglettes, mais avec d'autres dessins. Avec celles-ci, mais par des mouvements de glissement parallèles à la réglette fixe, on peut obtenir tous les produits de dix chiffres par dix chiffres. Ainsi donc le principe est trouvé; mais le fonctionnement est encore assez pénible, assez délicat; cependant nous espérons bien vous montrer avant peu une machine à calculer, donnant les produits de deux nombres de dix chiffres; cette machine sera vraiment populaire, car le prix n'en dépassera pas vingt francs.

Mais là ne s'arrêtent pas les admirables inventions de Genaille; je vous ai parlé plus haut de ses tableaux graphiques pour le calcul de la résistance des matériaux. Notre ingénieur n'est jamais embarrassé; et pour tous les calculs spéciaux, de toute nature, il vous imaginera, d'une manière tellement rapide qu'il m'est souvent difficile de le suivre, des tableaux graphiques pour la solution des calculs proposés. En un mot, il a le génie des calculs pratiques.

Déjà, depuis quelques années, j'avais signalé à nos deux premières sections les résultats obtenus et j'avais pu obtenir en faveur de M. Genaille quelques

encouragements pécuniaires. Avec les faibles ressources dont il a pu disposer, il vient de réaliser un nouvel appareil encore bien incomplet; mais ici encore le principe est trouvé; c'est la *Machine électrique à calculer*. Nous nous bornerons pour l'instant à faire fonctionner devant vous le principal organe de l'appareil; qui est l'organe reproducteur. Quant à l'organe générateur; c'est le simple crayon de Pascal, pour ainsi dire; ce sera un doigté comme pour le piano. Et supposons, par exemple, qu'un banquier de Marseille envoie une dépêche télégraphique à un agent de change de Paris, pour acheter diverses actions ou obligations, en nombre et en nature quelconques, l'appareil électrique donnera le total instantanément, au départ aussi bien qu'à l'arrivée de la dépêche.

Ma conférence n'avait d'autre but que de signaler à tous les membres du Congrès, et aussi pour l'instant à l'aimable société blésoise, les progrès accomplis dans l'arithmétique appliquée depuis Pascal jusqu'à Genaille; vous y avez rencontré beaucoup de noms français; mais il faut vous dire que, dans tous les autres pays, il se publie de nombreux travaux d'arithmétique sur l'initiative des gouvernements, tandis qu'en France rien de pareil n'existe. En Allemagne, en Angleterre, il se publie actuellement une douzaine de volumes in-folio de tables arithmétiques; pour ce qui concerne la théorie, je compte faire une conférence prochaine là-dessus, et plus particulièrement sur la publication des œuvres de Fermat, n'ayant d'ailleurs d'autre but que de chercher à imprimer une impulsion nouvelle, dans notre pays, pour l'arithmétique et ses applications.

Un dernier mot, mesdames et messieurs. Je viens de dérouler rapidement devant vous les progrès du calcul, de cette science qui est la base fondamentale de toutes les autres. Une voix plus autorisée que la mienne vous montrait, il y a deux jours, dans cette enceinte, les prodigieux travaux accomplis dans les sciences les plus complexes, dans la physiologie et dans l'étude des mystères de la vie. Tous, vous avez applaudi à la série interminable des découvertes de Pasteur. N'est-ce pas le cas de rappeler, pour finir, cette mémorable parole de Bossuet, dans son *Traité de la connaissance de Dieu et de soi-même*: « Après six mille ans d'observations, l'esprit humain n'est pas épuisé; il cherche et il trouve encore, afin qu'il connaisse qu'il peut trouver jusques à l'infini, et que la seule paresse peut donner des bornes à ses connaissances et à ses inventions? »

Donc, continuons de travailler, d'observer, penser, concevoir, *par la science, pour la patrie* (1). Et toi, bonne mère Patrie, tu as le droit d'être fière, malgré tes revers, puisque tu as donné le jour à tant de savants illustres, depuis Descartes, l'un de tes aînés, qui créa la méthode expérimentale, jusqu'à Pasteur, ton Benjamin, qui la cultive encore avec cette merveilleuse et inconcevable fécondité!

NOTE ADDITIONNELLE. — Sur la recommandation toute spéciale de M. le colonel Mannheim, M. le Dr Roth vient de nous confier, pour le temps qui nous conviendra et pour faire retour au Conservatoire, toutes les machines à calculer de son invention, complètes ou incomplètes, pour lesquelles il a dépensé des sommes considérables, ainsi que les dessins et les manuscrits qu'il a conservés. Nous venons déjà d'offrir au Conservatoire, de la part de l'auteur, aujourd'hui aveugle et octogénaire, de cet inventeur dont le génie n'est surpassé

(1) Devise de l'Association française pour l'avancement des sciences.

que par la modestie, une admirable machine, que l'on peut vraiment appeler *La Belle au Bois Dormant*. Elle dormait dans la poussière depuis un demi-siècle, et nous devons remercier M. Mannheim de l'avoir sauvée de l'oubli. Nous étudions en ce moment d'autres modèles du même auteur concernant les *Machines arithmétiques à mouvements continus*. Nous donnerons ultérieurement et aussi complètement que possible l'histoire et la théorie des procédés du calcul et des machines à calculer, en profitant pour cette étude des facilités qui nous ont été fournies par M. le colonel Laussedat.
