

» Il est impossible, dans l'état actuel de la science, d'expliquer les modifications que les matières sensibles éprouvent sous l'influence des divers rayons simples du spectre. Ces modifications tiennent-elles toutes à des réactions chimiques spéciales, ou doivent-elles être attribuées, au moins en partie, à des changements qui surviennent dans la disposition des molécules et dont la chimie présente aujourd'hui beaucoup d'exemples? La grande variété de couleurs que prend la plaque de M. Becquerel, donnerait peut-être une certaine probabilité à cette dernière opinion. Il est certain que les composés d'argent éprouvent une décomposition chimique sous l'influence de la lumière solaire; mais l'altération est très-faible quand on l'estime pondéralement, lors même que la matière a éprouvé un changement complet dans sa couleur. Cette circonstance augmente beaucoup les difficultés de cette étude, surtout lorsqu'on cherche à déterminer l'altération chimique que la substance subit sous l'influence des divers rayons simples, parce qu'il est essentiel de la soumettre, pendant très-longtemps, à un même rayon simple, à l'exclusion de tout autre; et cette condition est très-difficile à réaliser pratiquement. M. Becquerel s'occupe depuis longtemps de ce sujet, et nous pouvons espérer que ses recherches persévérantes jetteront quelque lumière sur cette partie si obscure de nos connaissances.

» En résumé, le Mémoire de M. Edm. Becquerel renferme la description d'un nouveau procédé de préparation des plaques daguerriennes, qui permet d'obtenir des images dont les couleurs rappellent celles des objets, et produit un plus grand nombre de couleurs du spectre que les préparations photographiques connues jusqu'ici. Il contient, en outre, un grand nombre d'observations intéressantes sur l'action que les rayons simples du spectre exercent sur les diverses matières sensibles. Nous avons l'honneur de proposer à l'Académie de donner son approbation au travail de M. Edm. Becquerel, et d'ordonner qu'il soit inséré dans le *Recueil des Savants étrangers*. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

ARITHMÉTIQUE. — *Rapport sur une machine arithmétique, présentée à l'Académie des Sciences; par MM. MAUREL et JAYET, de Voiron, département de l'Isère.*

( Commissaires, MM. Cauchy, Largeteau, Seguiet, Binet rapporteur.)

« Les nations modernes doivent aux Arabes la méthode généralement usitée, d'écrire les nombres à l'aide de dix caractères distincts, ou de dix chiffres : l'idée fondamentale de cette méthode, empruntée aux Indiens, ré-

side dans la convention simple d'assigner à chaque chiffre écrit, une valeur dépendante de sa position à l'égard des autres chiffres, et en particulier, à l'égard de celui qui exprime les unités du nombre proposé. La facilité d'écrire rapidement tout nombre entier n'a pas été le seul résultat de cette notation : bientôt on a dû reconnaître que les supputations de l'arithmétique pouvaient être exécutées par des procédés bien préférables aux méthodes pénibles de l'arithmétique des Grecs et des Romains. L'usage des nombres s'étant beaucoup accru dans ces derniers siècles, en raison du progrès des sciences et des relations civiles, souvent l'on s'est appliqué à rendre plus expéditives par des moyens mécaniques, quelques-unes des opérations usuelles, et il en est résulté ce que d'Alembert nomme l'arithmétique instrumentale : elle est toujours fondée sur la notation indienne que nous venons de rappeler. A cette partie de la science pratique des nombres, l'on doit rapporter l'usage des baguettes de Néper, pour faciliter les multiplications et les divisions des nombres entiers : cette conception de l'illustre inventeur des logarithmes est actuellement inusitée, et n'est plus qu'un simple objet de curiosité. L'instrument logarithmique de Mathieu Biler, et les échelles de Gunther, décrites par Lambert, ont été construits dans la vue de diminuer l'ennui du travail des multiplications et des divisions. Ces procédés, fort usités en Angleterre, en Allemagne, et maintenant en France, ne donnent que de faibles approximations, cependant suffisantes dans une multitude d'occasions ; ils ne peuvent répondre à tous les besoins de la science des nombres : celle-ci exige souvent des résultats parfaitement corrects et dont l'approximation doit être écartée.

» Blaise Pascal fit construire, de 1642 à 1645, une véritable machine à calculer, qui devint un sujet d'admiration pour ses contemporains. A cette époque, la mécanique pratique était peu avancée sous le rapport de la précision : se proposer de remplacer, par des mouvements et des combinaisons de pièces matérielles, l'acte des supputations numériques, auquel concourent la mémoire et le jugement, était, certes, une entreprise audacieuse. Voici comment Pascal présente sa machine : « Je m'attends bien que parmi » tant de doctes qui ont pénétré jusque dans les derniers secrets des mathématiques, il pourra s'en trouver qui d'abord estiment mon action téméraire, vu qu'en la jeunesse où je suis (à 22 ans), et avec si peu de forces, » j'ai osé tenter une route nouvelle dans un champ tout hérissé d'épines. . . . » Je veux bien qu'ils m'accusent, et même qu'ils me condamnent, s'ils peuvent justifier que je n'ai pas tenu exactement ce que j'avais promis ; et » je ne leur demande que la faveur d'examiner ce que j'ai fait, et non pas » celle de l'approuver sans le connaître. »

» Pascal ajoute : « J'ai déjà la satisfaction de voir mon petit ouvrage, » non-seulement autorisé de quelques-uns des principaux en cette véritable » science, qui, par une préférence toute particulière, a l'avantage de ne » rien enseigner qu'elle ne démontre; mais encore, honoré de leur estime et » de leur recommandation, etc. » Dans un avis au lecteur, Pascal exprime ce que l'on doit attendre de son invention : « L'instrument supplée au défaut » de l'ignorance ou du peu d'habitude; et, par des mouvements nécessaires, » il fait lui seul, sans même l'intention de celui qui s'en sert, tous les » abrégés possibles à la nature, toutes les fois que les nombres s'y trouvent » disposés. Tu sais de même, cher lecteur, comme en opérant par la » plume, on est à tout moment obligé de retenir ou d'emprunter les nom- » bres nécessaires; et combien d'erreurs se glissent dans ces retentions et » emprunts, à moins d'une très-longue habitude, et en outre d'une atten- » tion profonde et qui fatigue l'esprit en peu de temps. Cette machine dé- » livre celui qui opère par elle, de cette vexation; il suffit qu'il ait le juge- » ment, elle le relève du défaut de mémoire; et sans rien retenir ni em- » prunter, elle fait d'elle-même ce qu'il désire, sans même qu'il y pense, etc. » (*Oeuvres de Pascal*, t. IV, édition de Bossut.)

» Le Conservatoire des Arts et Métiers possède la machine à laquelle Pascal attribue toutes ces qualités, et dont il a fait lui-même usage. Une petite caisse de laiton de 36 centimètres de longueur, 13 centimètres de largeur et 8 centimètres de hauteur renferme tout le mécanisme. Grâce à l'obligeance de notre confrère, M. Pouillet, nous avons pu l'étudier, et reconnaître que rien de ce que Pascal énonce ne pouvait être contesté d'une manière absolue; néanmoins la question de savoir si l'instrument aide réellement le calculateur, abrège son travail en donnant, avec sûreté, les résultats attendus, subsiste tout entière. La lenteur de sa marche est manifeste; et l'imparfaite exécution de ses engrenages à chevilles ne permet guère de compter sur son exactitude. Elle fut cependant le fruit de longues recherches : plus de cinquante essais d'instruments de formes diverses entraînent l'auteur à des dépenses considérables. Plusieurs mécaniciens et géomètres ont tenté de perfectionner cette invention, et, parmi eux on cite Leibnitz, comme s'étant souvent livré à ce genre de recherches. Tous ces efforts du génie mécanique n'ont pourtant abouti, après un siècle, qu'à cette conclusion énoncée par Bossut : « La machine de Pascal est aujourd'hui peu connue et nullement » en usage. » Il en rapporte toutefois la description rédigée par Diderot pour l'Encyclopédie, et cite, en outre, quelques-unes des tentatives faites pour améliorer l'instrument calculateur.

» Nous ne pourrions mentionner ici tous les instruments de ce genre proposés à diverses époques (1). Cependant nous ne nous dispenserons pas de parler d'une célèbre machine à laquelle s'est profondément appliqué M. Ch. Babbage, de Londres, et qui ne se borne pas aux simples opérations de l'arithmétique élémentaire : elle a déjà occasionné des dépenses qui surpassent 400 000 francs. Le savant auteur met beaucoup d'empressement et de libéralité à expliquer sa vaste conception, et il n'a jamais voulu en faire un secret. Dans plusieurs écrits il a publié des détails descriptifs et graphiques de ses procédés; et l'un de vos Commissaires possède une Note fort intéressante de l'auteur, en réponse à des questions qu'il lui avait adressées sur l'objet purement arithmétique de son instrument. Néanmoins nous ne croyons pas que cette machine soit assez complètement connue pour servir de terme de comparaison et de type à des instruments dont l'objet est moins étendu que celui de M. Babbage : l'antériorité de ses droits est d'ailleurs hors de doute.

» Nous devons encore rappeler qu'un instrument à calcul, présenté à l'Académie, le 13 novembre dernier, par M. Balzola, d'Irun, a été renvoyé à l'examen d'une Commission composée de MM. Babinet, Seguiet et Binet. Nous nous sommes assurés que cette machine repose sur un mode d'installation complètement différent de celui de l'instrument dont nous allons maintenant rendre compte à l'Académie.

» La machine de MM. Maurel et Jayet tend au même but que celle de Pascal. Ces jeunes constructeurs assurent qu'ils ignoraient que l'on eût proposé des instruments à calculer lorsqu'ils pensèrent à résoudre ce problème de mécanique. Pendant deux années, ils firent plusieurs projets et divers essais, avant d'être informés que, depuis deux siècles, une machine à calculer avait été construite. Ayant reconnu que leur mécanisme différait, à beaucoup d'égards, de ceux des imitateurs de Pascal, ils redoublèrent d'efforts pour amener à bonne fin leur entreprise. Dix ans de méditations, de travaux manuels, de perfectionnements de l'ensemble ou des détails de leur machine, et de fortes dépenses, ont été nécessaires pour les mettre en possession de l'instrument ingénieux qui exécute rapidement les quatre règles de l'arithmétique décimale. Quand la machine est bien construite, elle donne les résultats avec une entière sécurité, et sans fatigue mentale pour le calculateur. Ce que l'Académie a pu voir pendant quelques

---

(1) On trouve une nomenclature complète de ces instruments dans une curieuse Notice publiée par M. Th. Olivier, à l'occasion d'une machine à calculer de M. Roth.

instants, vos Commissaires l'ont constaté dans un assez grand nombre de conférences, où l'instrument a été soumis à des épreuves réitérées et pleinement satisfaisantes. Le volume de l'instrument n'est pas très-différent de celui de Pascal; sa structure, plus complexe, repose également sur la possibilité de représenter tous les nombres entiers à l'aide de disques circulaires portant chacun les dix chiffres 0, 1, 2, 3, ..., 9: l'un de ces disques présente, à une première ouverture ou fenêtre, le chiffre des unités simples; un second disque, portant aussi les chiffres 0, 1, 2, 3, ..., 9, amène, à une ouverture placée à gauche de la première, le chiffre des dizaines; à la troisième fenêtre se présentent le chiffre des centaines, fourni par un troisième disque, et ainsi des autres. Cet ensemble de petites fenêtres ou d'ouvertures, où se lisent les unités, les dizaines, etc., est nommé première galerie. Dans la machine de Pascal, ce sont des cylindres convexes qui portent les chiffres des unités, des dizaines, etc. La plupart des machines à faire des additions ou soustractions, etc., ont emprunté ce dispositif; mais leurs différences essentielles résident dans la manière de faire mouvoir les disques ou les cylindres, dans la rapidité et la justesse des mouvements, et dans la simplicité des impulsions que le calculateur imprimera aux pièces de l'instrument, pour commander le déplacement de celles qui doivent écrire le résultat d'une opération: aucun ressort moteur n'intervient dans ces mouvements.

» Nous n'entreprendrons pas de faire la description du nouvel instrument; elle serait longue et inintelligible pour toute personne qui n'aurait sous les yeux ni l'instrument, ni la représentation graphique de ses pièces principales, de ses engrenages très-variés et de tous les moyens qui établissent la subordination de ses organes, et, par suite, la précision requise en une telle machine. On trouvera d'ailleurs cette description dans le Mémoire de MM. Maurel et Jayet. Nous nous bornerons à mentionner les procédés rapides que la machine substitue à ce qu'il y a de long et de pénible dans les opérations usuelles de l'arithmétique.

» Lorsque vous avez à ajouter deux nombres entiers, accompagnés d'une mantisse décimale, la règle consiste à écrire les unités de même ordre des deux nombres en correspondance exacte; on procède ensuite au calcul proprement dit, et, si les nombres sont écrits avec sept ou huit figures, il faut faire successivement autant d'additions partielles des chiffres correspondants, comme chacun sait. L'instrument nouveau vous demande d'écrire, à l'aide de petites pièces métalliques qui portent les chiffres 0, 1, 2, ..., 9, le

premier nombre à ajouter; vous le faites paraître sur la galerie ou dans les ouvertures, par un mouvement de manivelle qui parcourt un arc de cercle; vous écrivez ensuite le second nombre sur les mêmes échelles métalliques, et par un nouveau mouvement de la manivelle, prompt et sûr comme le premier, la somme apparaît dans la galerie. Avez-vous un troisième nombre à ajouter, il sera écrit, à son tour, sur les échelles : un troisième mouvement de la manivelle opérera sa réunion aux deux autres nombres. S'il avait fallu soustraire le troisième nombre au lieu de l'ajouter aux autres, on eût imprimé, en sens inverse, le même mouvement à la manivelle. Il y a économie de temps, et surtout d'attention, dans l'emploi de l'instrument si les nombres à ajouter ou à soustraire sont de six, sept ou huit figures; quand il s'agit de faibles nombres, on n'a guère à gagner que la mesure d'attention qu'exigent les retenues dans l'addition, ou les emprunts dans la soustraction, et l'instrument est alors peu utile.

» Nous devons avertir que, dans ce qui va suivre, plusieurs restrictions imposées à l'emploi de la machine proviennent de ce qu'elle est construite dans la vue de n'avoir à calculer que des produits au-dessous de cent millions, ou écrits à l'aide de huit chiffres au plus : on pourrait facilement l'étendre davantage, mais nous devons ne rendre compte ici que des opérations exécutées sous nos yeux ou par nous-mêmes. Le mérite et la célérité de l'instrument de MM. Maurel et Jayet se révèlent, surtout dans la multiplication et dans la division de nombres d'une certaine grandeur. Ainsi, par exemple, les deux nombres 2749 et 3957 multipliés entre eux ont donné, en moins de 20 secondes, le produit 10877793. Pour former ce produit, il a fallu écrire avec les échelles le multiplicande 2749; il a fallu mouvoir quatre manivelles comme on le fait pour l'addition : la première a parcouru sept divisions d'un cadran, et ce mouvement est déterminée par le chiffre 7 des unités du multiplicateur; la deuxième se mouvra de cinq divisions, parce que 5 est le chiffre des dizaines; la troisième manivelle se mouvra de neuf divisions à cause du chiffre 9 des centaines, et enfin la quatrième manivelle sera mue de trois divisions d'un dernier cadran. Le nombre des manivelles à mouvoir est toujours le nombre des chiffres du multiplicateur. L'instrument, ainsi que nous l'avons dit, exige que les deux facteurs n'admettent pas à la fois plus de quatre chiffres, c'est-à-dire que ces nombres soient au-dessous de dix mille; ou bien que l'un étant de cinq chiffres, l'autre n'en ait que trois, ou moins; et en général que le nombre des chiffres des deux facteurs réunis n'excède pas huit, pour que la machine vous donne sur-le-champ le produit qui sera au-dessous de cent millions.

On voit, au reste, quel parti on pourrait tirer de l'instrument pour obtenir des produits de nombres supérieurs : on formerait alors des produits partiels, qui seraient à ajouter l'un à l'autre par les procédés ordinaires, en ayant égard à l'ordre des unités décimales de ces produits partiels; l'instrument fournirait très-brièvement les produits partiels à ajouter. Il dispenserait toujours le calculateur de ce qu'il y a de fatigant lorsqu'il s'agit de multiplier de grands nombres.

» On a formé, à l'aide de l'instrument, le produit  $49 \times 53 \times 73$ , et, en moins de 16 secondes, on a trouvé 189 591.

» Dans la règle la plus compliquée de l'arithmétique, dans la division, la machine de MM. Maurel et Jayet exécute rapidement la soustraction répétée du diviseur; elle opère immédiatement sur tout dividende moindre que cent millions, qui serait à diviser par un entier au-dessus de dix mille, en sorte que le quotient n'ait pas plus de quatre chiffres. Ainsi le diviseur, moindre que le dividende, pourra être de plus de dix millions; le quotient ne comportera alors qu'un seul chiffre et s'obtiendra dans un instant, ainsi que le résidu de la division; si le diviseur est au-dessous de dix millions, le quotient aura ou deux, ou trois, ou quatre chiffres qui seront fournis dans un temps fort court, ainsi que le reste de la division : la machine aura encore épargné au calculateur le travail de mémoire, et l'aura dispensé de toute écriture à la plume. Si le diviseur était un nombre au-dessous de dix mille, et que le dividende eût huit chiffres, la machine ne donnerait pas le quotient complet; elle fournirait d'abord les quatre premières figures à gauche du quotient; par une seconde division, plus simple que la précédente, on obtiendrait le chiffre des unités.

» La rapidité des opérations de la multiplication et de la division s'étend nécessairement au calcul du quatrième terme d'une proportion : quelques secondes donnent le résultat si le produit des moyens est au-dessous de cent millions, et que le diviseur soit dans les limites prescrites.

» Après avoir conçu et exécuté leur instrument sous les conditions que nous venons d'indiquer, les auteurs y ont ajouté un appareil fort utile, et qui permet d'obtenir sur-le-champ, dans une seconde galerie, la somme ou la différence de deux produits : ainsi on a formé la somme

$$7493 \times 2531 + 2548 \times 5952,$$

et l'on a trouvé, en 33 secondes, le nombre

$$34\ 130\ 479$$

pour cette somme, et cette rapidité ne tient en quoi que ce soit à l'exemple particulier; elle vient du principe même de l'instrument. Cette propriété permet de calculer facilement le carré de l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont les côtés sont donnés en nombres entiers.

» De pareilles sommes sont nécessaires quand deux fractions doivent être ajoutées. En effet, on a pour la somme

$$\frac{A}{B} \pm \frac{C}{D} = \frac{AD \pm BC}{BD};$$

le numérateur  $AD \pm BC$  est composé du produit  $AD$ , auquel on doit joindre en plus ou en moins le second produit  $BC$ . Or, dans la machine complète de MM. Maurel et Jayet, ce numérateur se forme simultanément avec le dernier produit  $BC$ , et à l'instant où vous pourriez lire ce produit isolé, son addition au produit précédent est déjà effectuée. Des avantages analogues se présentent pour la formation de la somme d'un plus grand nombre de fractions. Ce nouveau mérite de l'instrument de fournir des sommes de produits a nécessairement ajouté à sa complication : il est rare que la perfection des œuvres matérielles n'entraîne pas un accroissement de travail.

» Nous nous sommes efforcés d'indiquer une partie des usages et des qualités de l'instrument. Dans ce que nous avons dit on a pu reconnaître sa puissance pour exécuter des multiplications et des divisions: par cette dernière opération, il donne sur-le-champ le résidu d'un entier assigné, en sorte qu'il met à même de constater si deux entiers sont congrus ou non, relativement à un module. Il fournit facilement la réduction d'une fraction ordinaire en fraction décimale poussée à un degré d'approximation assez avancé, qui pourrait être porté plus loin si on le voulait.

» La recherche du grand commun diviseur de deux entiers devient fort expéditive, ainsi que la transformation d'un rapport rationnel en fraction continue, qui en est la conséquence. Ces déterminations sont continuellement utiles dans la théorie des nombres entiers.

» L'instrument facilite notablement la substitution d'un nombre entier dans un polynôme rationnel algébrique, et, par suite, il permettrait de reconnaître quand le polynôme passe du positif au négatif. On pourra l'employer à l'extraction des racines carrées ou des racines cubiques, et en tirer un très-bon parti pour simplifier ces opérations.

» Ces propriétés résultent de combinaisons mécaniques bien adaptées à leur objet; elles ont exigé la solution de plusieurs problèmes de transmission

de mouvements de rotation : entre tous, nous signalons le mode ingénieux par lequel s'effectue le report d'une unité provenant de l'accumulation de dix unités d'un certain ordre à l'ordre décimal suivant, dans l'addition et dans la multiplication. Cette difficulté a été rencontrée par tous les constructeurs de machines à calculer depuis Pascal, et le nouveau procédé nous semble des plus habilement conçu.

» Nous avons reconnu que, par des précautions fort bien entendues, la précision des mouvements paraît assurée; mais si cette machine doit devenir, comme on peut l'espérer, l'objet d'une fabrication montée en grand, les auteurs, éclairés par l'expérience, pourront encore améliorer et peut-être simplifier un instrument qui donne déjà des résultats si remarquables. Ici pourrait intervenir un ordre de questions qui concernent les frais d'établissement de l'instrument à calculer : ce point de vue commercial nous paraît devoir rester étranger à l'Académie des Sciences; il excitera certainement les inventeurs à réduire le plus possible la structure de leur mécanisme.

» Tout en reconnaissant et en recommandant les qualités de l'instrument qu'ils viennent d'examiner, vos Commissaires sont fort loin de la pensée que l'arithmétique mécanique va se substituer à l'arithmétique écrite; ils ne méconnaissent pas l'importance capitale du talent de bien calculer, et ils se hâteraient de repousser cette induction exagérée, si leurs éloges du nouvel instrument devaient la suggérer. Nous avons seulement prétendu exprimer qu'il peut aider le géomètre qui rencontre souvent de longs et fastidieux calculs à faire ou à vérifier; qu'il pourra devenir très-utile et même usuel dans les maisons de banque et de commerce, parmi les vérificateurs, les ingénieurs, etc., qui ont sans cesse à multiplier des prix par des quantités, ou qui ont à effectuer des supputations analogues.

*Conclusions.*

» Vos Commissaires ont l'honneur de proposer à l'Académie d'accorder son approbation à l'instrument de MM. Maurel et Jayet, et d'ordonner que la description présentée par les auteurs, et accompagnée de figures, sera insérée dans le *Recueil des Savants étrangers*. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.