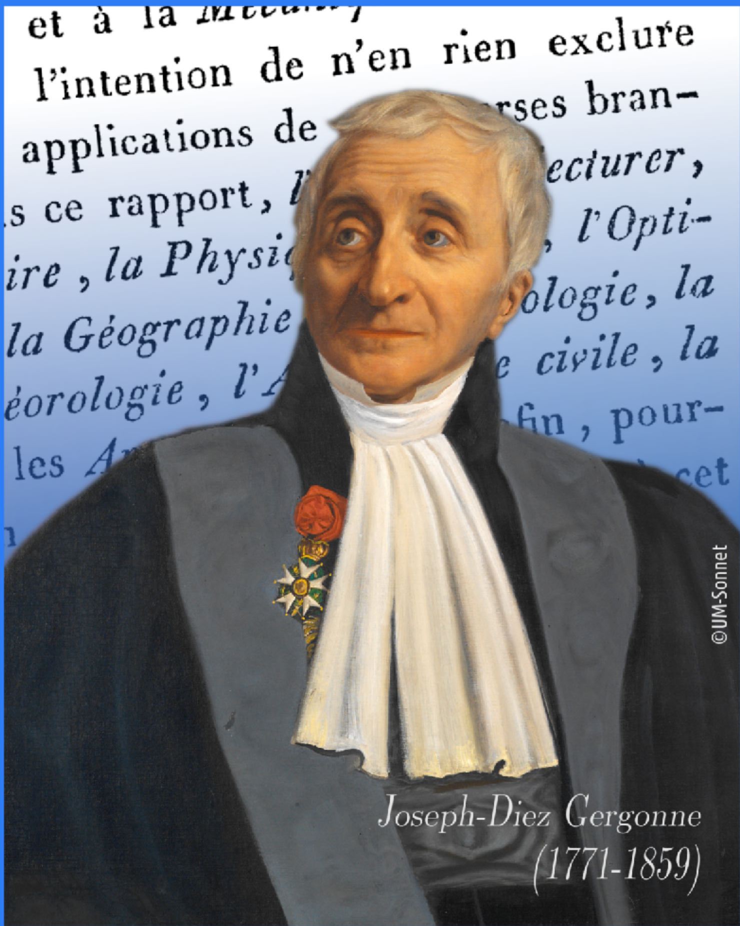
International Study Group on the Relations Between the

History and Pedagogy of Mathematics

Proceedings of the 2016 ICME Satellite Meeting



Joseph-Diez Gergonne (1771-1859)

HPM 2016

Montpellier, July 18-22, 2016

Edited by:
Luis Radford
Fulvia Furinghetti
Thomas Hausberger

International Study Group on the Relations between the

History and Pedagogy of Mathematics

Proceedings of the 2016
ICME Satellite Meeting

July 18-22, 2016
Montpellier, France

Editors:
Luis Radford (Université Laurentienne, Canada)
Fulvia Furinghetti (Università degli Studi di Genova, Italy)
Thomas Hausberger (Université de Montpellier, France)

Organized by: HPM & IREM de Montpellier

Editors: Luis Radford (Université Laurentienne, Canada)
Fulvia Furinghetti (Università degli Studi di Genova, Italy)
Thomas Hausberger (Université de Montpellier, France)

Publisher: IREM de Montpellier

Place: Montpellier, France

Year: 2016

ISBN: 2-909916-51-0

Cite as: Radford, L., Furinghetti, F., & Hausberger, T. (Eds.) (2016). Proceedings of the 2016 ICME Satellite Meeting of the International Study Group on the Relations Between the History and Pedagogy of Mathematics. Montpellier, France: IREM de Montpellier.

Sponsors:

HPM 2016 was organised by HPM and the IREM de Montpellier (Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques), with the financial support of the Université de Montpellier, the CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), the Languedoc Roussillon region, the CFEM (Commission Française pour l'Enseignement des Mathématiques). It was hosted by the Faculté d'Education of the University of Montpellier.

L'ARITHMOMÈTRE DE THOMAS : SA RÉCEPTION DANS LES PAYS MÉDITERRANÉENS (1850-1915), SON INTÉRÊT DANS NOS SALLES DE CLASSE

Pierre AGERON
LMNO & IREM, Université de Caen Normandie, 14032 Caen, France
ageron@unicaen.fr

ABSTRACT

Thomas' Arithmometre was the first industrially produced mechanical calculator. It was developed as soon as 1820, then manufactured and sold from 1850 to 1915. This contribution first examines its reception amongst French teachers of mathematics : although some of them were very enthusiastic about it, using an arithmometer as a pedagogical device was not considered at the time. Some hints are given at why and how a virtual arithmometer could nowadays be used in the classroom. The mathematical content of the different editions of the user instructions booklet is then detailed, including Töpler's purely additive method for extracting a square root, which was specifically invented for arithmometre. The second part of the paper deals with the circulation of Thomas' arithmometre in Mediterranean countries. In particular, an hitherto unidentified Arabic manuscript is presented, that happens to be a freely translated version of the arithmometre's instructions booklet. This document, written in Morocco in 1875, is commented and selected parts of it are translated into French.

RÉSUMÉ

L'arithmomètre de Thomas fut la première machine à calculer produite industriellement. Elle fut mise au point dès 1820, puis fabriquée et commercialisée de 1850 à 1915. Cette contribution examine d'abord sa réception chez les professeurs de mathématiques français : malgré l'enthousiasme de certains d'entre eux, il ne fut jamais envisagé à l'époque d'utiliser l'arithmomètre comme outil pédagogique. Quelques indications sont données sur l'intérêt et les modalités de l'utilisation, de nos jours, d'un arithmomètre virtuel en classe. Le contenu mathématique des différentes éditions de la notice d'utilisation est détaillé, notamment la méthode purement additive de Töpler pour extraire une racine carrée, spécifiquement inventée pour l'arithmomètre. La seconde partie de l'article concerne la circulation de l'arithmomètre de Thomas dans les pays méditerranéeens. On y présente notamment un manuscrit arabe jusqu'ici non identifié, qui s'avère être une traduction libre de la notice d'utilisation de l'arithmomètre. Ce document, écrit au Maroc en 1875, est commenté et des parties choisies en sont traduites en français.

1 L'arithmomètre de Thomas

L'arithmomètre de Thomas fut la première et très longtemps la seule machine à calculer fabriquée industriellement. Elle fut mise au point dès 1820 par un assureur parisien, Charles-Xavier Thomas, dit de Colmar (1785-1870), qui avait été administrateur militaire pendant les campagnes napoléoniennes d'Espagne et du Portugal. Le mécanisme d'entraînement qu'il conçut s'apparentait à celui imaginé jadis par Leibniz, sous forme de cylindres à cannelures inégales. Thomas ne commercialisa son invention qu'à partir de 1850 ; elle remporta alors un vif succès. À sa mort, cette activité fut poursuivie par son fils Louis Thomas de Bojano (1818-1881), puis par son petit-fils, aidés par l'ingénieur Louis Payen. En 1888, ce dernier reprit l'affaire à son compte ; après sa mort en 1901, elle perdura jusqu'en 1915.

1. L’arithmomètre, un objet pédagogique ?

L’arithmomètre, machine dont la fabrication demandait beaucoup de temps et de soin, était très coûteux. Le marché visé était celui des administrations, banques, compagnies d’assurance, bureaux d’étude et établissements industriels, mais aucunement celui des lycées ou des facultés. Certes, quelques professeurs ont eu la chance de l’expérimenter. En 1854, les *Nouvelles annales de mathématiques* de Terquem et Gerono y font une allusion, uniquement en termes de temps gagné[1]. En 1867, Rivière, professeur de physique au lycée de Rouen, fait une démonstration de l’instrument devant l’Académie de cette ville[2]. Vers 1872, Justin Bourget, professeur de mathématiques de la faculté des sciences de Clermont, se déclare « satisfait des services que lui rend journellement l’arithmomètre Thomas »[3]. En 1878, Édouard Lucas, professeur de mathématiques au lycée Charlemagne à Paris, obtient de l’Association française pour l’avancement des sciences une subvention pour l’achat d’un arithmomètre, et présente au congrès de cette association, où Payen vient de présenter sa machine, une communication « Sur l’emploi de l’arithmomètre Thomas dans l’arithmétique supérieure » – il s’agit de congruences et de nombres premiers[4]. En 1910 enfin, on signale un arithmomètre dans les facultés des sciences de Marseille et Montpellier[5]. Mais pendant tout le temps où il fut fabriqué, aucun professeur ne rapporta avoir utilisé un arithmomètre dans le cadre de son enseignement : le temps n’en était pas venu.

Aujourd’hui, il me semble que l’arithmomètre pourrait être aujourd’hui un outil pédagogique intéressant. C’est une machine séduisante, insolite et ludique, mais qui, contrairement à nos calculettes électroniques, ne fait pas tout : les seules opérations entièrement automatisées sont l’addition et la soustraction, qui se pratiquent au moyen d’une manivelle et d’un inverseur de marche permettant de choisir entre l’une et l’autre. La multiplication, la division, l’extraction de racines s’en trouvent bien sûr facilitées, puisqu’elles ne sont au fond que des additions ou soustractions itérées, mais le principe des algorithmes utilisés sur le papier demeure, préservant ainsi ce qui fait le prix de la numération de position et lui donne tout son sens. Pour multiplier 72909 par 35 par exemple, on porte 72909 sur la platine, on tourne la manivelle 5 fois, on décale la platine d’un cran vers la droite et on tourne encore 3 fois : le résultat apparaît dans les lucarnes du totalisateur[6]. On voit comment l’arithmomètre matérialise les algorithmes de l’arithmétique, de sorte que leur expérience n’est plus seulement intellectuelle, mais en quelque sorte kinésthésique, vécue dans les mouvements du bras, qui produisent tant la rotation de la manivelle que la translation de la platine. Le caractère local des calculs, c’est-à-dire le fait qu’ils n’impliquent qu’une tranche définie de chiffres, devient évident lorsqu’une partie de la platine dépasse de la machine, se trouvant

---

[1] Terquem et Gérono (1854).

[2] Académie impériale des sciences, belles-lettres et arts de Rouen (1867), pp. 116-117.

[3] [Thomas de Bojano] (1872 ?), p. 3.

[4] Décaillot (1998), pp. 219-220.

[5] [Payen] (1910), p. 4.

[6] Pour mieux visualiser, nous conseillons les vidéos de Valéry Monnier sur son excellent site arithmometre.org.

visiblement « hors-jeu ». Auprès de lycéens ou d'étudiants, l'arithmomètre devrait aider à redonner sens à la numération de position et à réactiver des algorithmes appris, mais de moins en pratiqués. C'est l'occasion aussi de leur faire découvrir un intéressant algorithme, au strict sens étymologique du mot puisqu'il fut décrit par al-Khuwârizmî, qui n'est plus enseigné en France depuis 1962 : l'extraction chiffre à chiffre de la racine carrée. Cet algorithme simple dont on ne leur a jamais parlé, mis en œuvre sur une étrange machine, devrait attirer leur attention. Il peut être leur être introduit en s'appuyant sur le texte latin du XII^e^ siècle *Dixit Algorizmi*, probablement très proche de l'original arabe perdu du IX^e^ siècle : la fin de ce texte qui concerne la racine carrée, elle-même longtemps perdue, retrouvée à New York il y a une vingtaine d'années, contient un exposé général difficile à suivre auquel on préférera le traitement de l'exemple de l'extraction de la racine de 5625, plus parlant et bien détaillé[7].

La question du matériel ne peut être éludée. Produit à quelques milliers d'exemplaires dont quelques centaines subsistent, pas toujours en bon état, l'arithmomètre de Thomas est aujourd'hui un objet rare recherché par les musées et les collectionneurs. Il faut compter au moins 1500 euros pour en acquérir un. Les modèles les plus anciens ou les plus luxueux atteignent en salle des ventes des prix affolants : on a vendu en 1997 un arithmomètre pour 166 000 livres sterling, un autre en 2013 pour 233 814 euros, en 2015 un troisième pour (seulement !) 46 700 euros. Comme au XIX^e^ siècle, son usage scolaire est donc exclu, sauf à négocier le prêt exceptionnel d'une machine. Deux solutions sont envisageables. L'une d'elles est de lui substituer un arithmomètre plus récent, d'utilisation plus ou moins analogue : le plus courant est l'arithmomètre d'Odhner dont des clones ont été fabriqués jusque dans les années 1970. Le prix d'une telle machine, en bon état de fonctionnement, est de l'ordre d'une cinquantaine d'euros, ce qui la rend accessible même s'il reste difficile d'en acquérir suffisamment pour mettre au travail un groupe d'élèves. Une autre possibilité, que j'ai testée en janvier 2016 avec des professeurs-stagiaires, est d'utiliser l'arithmomètre virtuel mis au point par Stephan Weiss, un Allemand passionné de l'histoire du calcul. Il est disponible sous forme d'une animation Flash à l'adresse réticulaire suivante :

www.mechrech.info/workmod/thomas/ThomasMod.html

Pour l'utiliser en classe, il suffit de disposer d'une connexion wi-fi et d'une tablette ou d'un ordinateur par élève, de sorte que chacun puisse expérimenter. Bien sûr, et on peut le regretter, ce ne sont plus ici les bras qui travaillent, mais les doigts : on *clique* donc sur la manivelle ou sur les différents boutons. Cependant, on *voit* bel et bien la manivelle tourner, on *voit* la platine se déplacer, on *voit* les chiffres tournoyer dans les lucarnes. Et on *entend* aussi tout cela, car les bruits mécaniques caractéristiques émis par l'appareil lors des différentes manipulations sont parfaitement reconstitués. Il faut d'ailleurs prendre garde, comme sur un arithmomètre réel, à ne pas tourner la manivelle trop vite, mais à bien attendre que chaque tour soit terminé, au risque de provoquer des erreurs de retenue. Il est un peu décevant que l'arithmomètre virtuel de Stephan Weiss ne soit qu'un « modèle réduit », dont le totalisateur ne peut afficher que huit chiffres : dans la réalité, les différents modèles construits et

[7] Folkerts (1997), pp. 99-100.

commercialisés par Thomas et ses successeurs affichaient dix, douze, seize ou vingt chiffres – la fabrication de l'espèce à dix chiffres ayant d'ailleurs cessé assez tôt. Cependant, cette limitation ne constitue en aucune façon un obstacle pédagogique. Et après tout, la plupart des calculettes électroniques actuelles ne peuvent elles aussi afficher que huit chiffres.

2. L'*Instruction pour se servir de l'arithmomètre*

Chaque arithmomètre vendu était accompagné d'une brochure d'une trentaine de pages, sans nom d'auteur, faisant office de manuel d'utilisation : l'*Instruction pour se servir de l'arithmomètre*. De 1850 à 1915, au fil des perfectionnements techniques de la machine, elle connut de nombreuses éditions[8]. Mais les efforts d'amélioration ne visaient clairement pas la pédagogie : sur toute cette longue période, malgré les rééditions nombreuses, les explications mathématiques demeurèrent telles qu'elles avaient rédigées en 1850. Les exemples aussi restèrent inchangés ; en voici la liste. Addition : 9 + 6 + 8 = 23 (disparaît dès 1852) ; 307 + 785 = 1092. Soustraction : 757 – 689 = 68. Multiplication : 9 × 6 = 54 ; 35695 × 29072 = 1037725040 . Division : 4300 ÷ 357 = 12 avec reste 16 ; 3264566 ÷ 6242 = 523 sans reste. Extraction de la racine carrée : √897650000 = 29960 avec reste 48400 (de 1850 à 1895).

À trois reprises, des adjonctions ont cependant été apportées à l'*Instruction*.

La première adjonction apparaît dans l'édition de 1868, où on lit « Il a été découvert un autre mode d'extraction de la racine carrée ». Cet « autre mode » est une procédure purement additive, donc mieux adaptée à l'arithmomètre que la méthode traditionnelle. Elle repose sur le fait que le carré d'un entier n est la somme des n premiers nombres impairs. Expliquons-la en considérant le cas, facile à généraliser, d'un nombre A de quatre chiffres. Par soustractions successives, on cherche le plus grand entier b_1 tel que $R = A - (1 + 3 + 5 - ... + (2b_1 - 1))\ 10^2 \geq 0$: c'est le chiffre des dizaines de $\sqrt{A}$. Puis on cherche le plus grand entier b_0 tel que $R - ((20b_1 + 1) + (20b_1 + 3) + (20b_1 + 5) + ... + (20b_1 + 2b_0 - 1) \geq 0$: c'est le chiffre des unités de √A. Ce principe et sa pratique à l'arithmomètre furent exposés en 1865 par Franz Reuleaux (1829-1905), professeur de mécanique à Berlin et ardent partisan de l'arithmomètre[9]; il en attribua l'invention à son collègue physicien et chimiste allemand August Töpler (1836-1912), alors en poste à Riga. Les noms de Reuleaux et Töpler sont absents de l'*Instruction*, mais la filiation est évidente : les exemples choisis y sont, à un détail, près identiques à ceux qu'on trouve dans l'article allemand. Le premier est celui de la racine carrée de 2209 : ce nombre s'écrivant $(1+3+5+7)10^2 + (81+83+85+87+89+91+93)$, elle vaut exactement 47. Le second est celui de la racine carrée de 41621, qui n'est pas entière, mais dont le calcul est poursuivi selon le même principe jusqu'au troisième chiffre après la virgule : puisque $41621 = (1+3)10^4 + 0.10^2 + (401+403+405+407) + 0.10^{-2} + 40801.10^{-4} + (408021+408023)10^{-6} + 103856.10^{-6}$, elle vaut 204,012 à 10^{-3} près par défaut. Une nuance cependant : dans l'article allemand, la seconde racine extraite était celle du nombre décimal 4,1621, qui vaut donc 2,04012.

---

[8] [Thomas de Colmar] (1850, 1852, 1856, 1860, 1865, 1868, 1873, 1878, 1884, 1895, 1902, 1906, 1908).

[9] Reuleaux (1865).

La deuxième adjonction apparaît dans l'édition de 1873. Il s'agit de l'extraction d'une racine cubique, non traitée auparavant. Elle est expliquée sur deux exemples : la racine cubique de 79507, qui vaut exactement 43, et celle de 564375686432, qui vaut 8263 à l'unité près avec un reste de 201438985.

La troisième adjonction apparaît en 1906, et se substitue aux sections antérieures sur les racines carrées et cubiques. Il s'agit d'une méthode d'extraction présentée comme « exclusive », « simple et extra rapide », mais qui n'est plus autonome puisqu'elle requiert la table des carrés et cubes des entiers de 1 à 999. Par ailleurs, l'édition de 1906 incorpore aussi au texte des précédentes des astuces pour diminuer le nombre de tours de manivelle dans certaines additions et multiplications.

2 L'arithmomètre en Méditerranée

Pour faire connaître sa machine, la stratégie de Thomas de Colmar fut, au début des années 1850, d'en offrir un exemplaire à de nombreux souverains ou chefs d'État. Certaines de ces machines prestigieuses, présentées dans de magnifiques boîtes en marqueterie dédicacées, ont subsisté jusqu'à nos jours. Beaucoup d'autres ont disparu, mais leur existence peut être déduite des distinctions étrangères conférées à Thomas entre 1851 et 1854[10]. La majorité des souverains dont on peut ainsi établir qu'ils furent bénéficiaires d'un arithmomètre régnaient sur des États de la rive nord de la Méditerranée : le roi de Grèce, le roi des Deux-Siciles et son frère le comte de Trapani, le pape, le grand-duc de Toscane, la régente du duché de Parme, le roi de Piémont-Sardaigne, le prince président de la République française, la reine d'Espagne, et, en poussant jusqu'à l'Atlantique, le roi du Portugal. En Europe du nord, les seuls cadeaux de ce type dont on a connaissance concernent le tsar de Russie, le duc de Nassau et le roi des Pays-Bas. Le modèle d'arithmomètre offert variait : c'est la version à dix chiffres qui fut offerte au comte de Trapani, à la régente de Parme et au roi du Portugal, quand le roi des Deux-Siciles et le tsar de Russie eurent droit à une machine à seize chiffres.

Après la mort de Thomas de Colmar en 1870, son fils Thomas de Bojano souhaita reprendre cette pratique de cadeaux royaux. En 1872, il offrit un arithmomètre à Don Pedro II, le très éclairé empereur du Brésil, probablement lors de l'étape parisienne du long voyage que celui-ci fit en France : il semble ne pas avoir été emporté par l'empereur[11]. Nous montrerons plus loin qu'un arithmomètre fut très probablement offert au sultan du Maroc vers 1873 : la notice fut alors traduite en arabe.

Nous allons maintenant donner quelques détails sur les circonstances et la réception de l'arithmomètre dans quatre pays méditerranéens : l'Espagne, l'Italie, la Tunisie, le Maroc.

---

[10] Jacomy-Régnier (1855), p. 99 ; Moigno (1854), p. 663.

[11] Il appartenait en 1909 à un M. Gaillard, actuaire, qui le prêta en 1920 pour une exposition de machines à calculer organisé à Paris à l'occasion du centenaire de l'invention de Thomas.

1. L'arithmomètre en Espagne

Après que Thomas eut offert un arithmomètre à la reine Isabelle II, la réaction fut rapide. En 1854, l'Académie des sciences de Madrid reconnut le mérite de l'inventeur, souhaitant cependant que l'instrument restât d'un prix élevé pour ne pas déshabituer la société de la pratique du calcul[12]! La même année, une revue technique destinée aux ingénieurs civils y consacra une étude enthousisaste[13]. Et en 1856 parut à Barcelone une traduction espagnole de l'*Instruction pour se servir de l'arithmomètre*[14], fidèle à l'original . Son auteur était un professeur de langues, un certain Pedro Saver auquel on doit par ailleurs un manuel d'espagnol pour francophones et un manuel de français pour hispanophones.

2. L'arithmomètre en Italie

Lorsque Thomas commença à commercialiser son arithmomètre, l'unité italienne n'était pas encore réalisée : aussi est-ce à une multitude de souverains qu'il en offrit un exemplaire. La machine fut brièvement chroniquée dans les années 1854-1855, mais semble avoir été perdue de vue dans les années troublées de la marche vers l'unité. Ce n'est que bien plus tard que parurent deux textes longs et importants consacrés à l'arithmomètre. Le premier, paru en 1880, est l'œuvre d'Agostino Callero, titulaire de la chaire de machines à vapeur et chemins de fer à l'École d'application des ingénieurs de Turin et président de l'Institut royal technique de Turin. Son long article sur l'invention de Thomas en détaille les principes techniques, mais aussi, ce qui nous intéressera ici davantage, les usages arithmétiques[15]. L'algorithme usuel d'extraction de la racine carrée y est présenté sur l'exemple assez étonnant de la racine de 5035061463,982204. Ce nombre formé de seize chiffres, ce qui est « supérieur au nombre 8 des coulisses de l'arithmomètre », a été « choisi à dessein pour traiter immédiatement un des cas les plus compliqués » ! C'est à l'*Instruction pour se servir de l'arithmomètre*, édition de 1873, que Callero dit emprunter un « autre procédé d'extraction », par soustractions répétées de nombres impairs – celui de Töpler-Reuleaux donc. Il le présente sur un exemple nettement plus simple que le premier : celui de $\sqrt{378225}$, égale exactement à 615. L'article de Callero dut être apprécié, puisqu'il fut aussitôt traduit en français[16]. Le second texte, en 1885, est l'article « machines à calculer » de l'*Enciclopedia delle arti e industria* : très bien documenté, il consacre vingt-deux de ses quatre-vingt quinze pages à l'arithmomètre de Thomas. Son auteur, l'ingénieur Giuseppe Pastore, y décrit minutieusement la mécanique subtile de l'appareil, mais aussi les algorithmes arithmétiques qu'on y met en application[17]. Les deux méthodes précédentes d'extraction de la racine carrée sont à nouveau présentées, mais cette fois toutes les deux sur le même exemple : celui de la racine de 915348,5, demandée avec

---

[12] Moigno (1854), pp. 660-661.

[13] F. C. (1854).

[14] [Thomas de Colmar] (1856).

[15] Cavallero (1880).

[16] Cavallero (1880b).

[17] Pastore (1885).

deux chiffres après la virgule. Le résultat, qui est 956,73, est plus vite obtenu avec la deuxième méthode qu'avec la première. Bien que l'article de Reuleaux apparaisse dans sa bibliographie, Pastore n'indique pas à qui est due cette deuxième méthode. Enfin, l'*Instruction* elle-même ne fut traduite en italien qu'à l'orée du vingtième siècle[18]: sans doute l'existence des deux articles précités avait-elle conduit à penser que la traduction d'un opuscule beaucoup plus limité était inutile.

3. L'arithmomètre en Tunisie

On n'a pas de preuve directe de la présence de l'arithmomètre de Thomas en Tunisie, mais il paraît plus que probable que son inventeur en ait offert un exemplaire au bey de Tunis en 1851. On apprend en effet dans un ouvrage tout à la gloire de Thomas[19]:

> Au mois de décembre 1851, S. A. le bey de Tunis envoya à M. Thomas de Colmar son Nichan en diamants de deuxième classe, qui correspond au grade de commandeur.

Le bey de Tunis était alors Ahmed Bey, qui gouverna de de 1837 à 1855. Formellement vassal du sultan d'Istanbul, il régnait en fait sur un pays pratiquement autonome, qu'il s'était donné pour objectif de moderniser à l'européenne, sur les modèles turc et égyptien. Dès 1840, il avait ainsi créé l'École militaire polytechnique du Bardo, dirigée par un Piémontais. Lors d'une longue visite à Paris, du 5 novembre au 31 décembre 1846, il fut frappé par les multiples applications du génie industriel et convaincu de la nécessité de développer l'industrie en Tunisie. Il est donc parfaitement logique que Thomas ait songé à lui envoyer un arithmomètre, et qu'en guise de remerciements et de félicitations, Ahmed Bey ait décidé son admission dans le *Nîshân al-iftikhâr* [Ordre de la fierté] tunisien, créé dès 1832, mais dont il fut le véritable promoteur et organisateur. Remarquons la précocité de la distinction, qui précède toutes les autres dont fut honoré Thomas. Remarquons aussi que, dans l'état de nos connaissances, le bey de Tunis est le seul dirigeant non européen auquel Thomas ait envoyé un arithmomètre. Il serait cependant étonnant qu'il n'en ait pas réservé un au sultan ottoman Abdülmecit Ier, voire au gouverneur égyptien ʻAbbâs.

4. L'arithmomètre au Maroc

Dans la première moitié du XIXe siècle, le Maroc était un des pays les plus fermés au monde ; son retard scientifique et technique était considérable. Les sultans Mu<u>h</u>ammad IV (de 1859 à 1873) et <u>H</u>asan Ier (de 1873 à 1894) tentèrent, avec un succès mitigé, une politique d'ouverture et de modernisation. Des étudiants marocains furent envoyés en Europe, et des ouvrages savants français, anglais ou italiens furent traduits[20]. C'est dans ce contexte qu'un arithmomètre fut, très probablement, offert au sultan <u>H</u>asan, après son accession au trône en septembre 1873. Nous avons en effet découvert à la bibliothèque privée du roi du Maroc à Rabat, dite bibliothèque <u>H</u>asaniyya, un manuscrit arabe anonyme, daté au colophon du 5 *dhû al-<u>h</u>ijja* 1291 (13 janvier 1875), qui s'est avéré être une traduction libre de l'*Instruction pour*

---

[18] [Thomas de Colmar] (*ca*. 1900).

[19] Jacomy-Régnier (1855), p. 98.

[20] Ageron (2013).

se servir de l'arithmomètre[21]. Ce manuscrit comprend onze pages de texte en écriture maghrébine, à 14 lignes à la page, et une planche dépliante avec un dessin à la main. Sur le dessin, on reconnaît sans peine le modèle d'arithmomètre breveté en 1865 et commercialisé presque sans changement jusqu'en 1890. Sa légende, *arîtmûmîtr ay al-hisab al-miqyas*, associe une translittération du français et un essai d'explication des formants du mot : « le calcul – l'instrument de mesure ». Comme dans les éditions d'époque de l'*Instruction pour se servir de l'arithmomètre*, c'est la version de base avec totalisateur de douze chiffres qui est représentée, mais à la lecture, il apparaît que le traducteur marocain a travaillé sur la version à seize chiffres. Compte tenu des adjonctions successives à l'*Instruction* que nous avons analysées plus haut, il nous est possible de préciser que l'édition qui lui a servi de base est celle de 1868. À la fin du texte se trouve un sceau au nom de Ahmad bin ʻAbdallâh. Un érudit marocain, qui avait naguère examiné ce manuscrit sans pouvoir l'identifier[22], a supposé que c'était celui de Ahmad bin ʻAbdallâh al-Suwayrî (v. 1811-1902), l'inamovible grand maître de l'artillerie et ingénieur en chef des sultans Muhammad IV (de 1859 à 1873) et Hasan Ier (de 1873 à 1894) : nous avons pu le confirmer en retrouvant le même sceau sur une lettre de la main d'al-Suwayrî. Ce dernier jouissait au Maroc d'une réputation de bon mathématicien, avait rédigé en 1861 le premier traité marocain sur le calcul logarithmique[23], puis avait appris le français : il est très plausible que ce soit à lui que le sultan ait confié le soin d'examiner l'étrange machine qu'on venait de lui offrir, et qu'il en ait lui-même traduit la notice.

Le traducteur marocain a recomposé et réorganisé le texte de l'*Instruction*, lui donnant un plan plus simple, et a éliminé ce qui, selon lui, n'avait « pas d'utilité ». Son texte commence par les formules religieuses de rigueur, avec la citation d'une parole attribuée au Prophète de l'islam qui se serait dit « envoyé aux Noirs et aux Rouges », c'est-à-dire à l'humanité entière : manière sans doute de justifier la traduction d'un ouvrage étranger « de la langue française à la noble langue arabe ». L'introduction historique à la gloire de Thomas a disparu, et le nom même de l'inventeur est absent du texte arabe, ce qui correspond à l'habitude des traducteurs de l'époque. L'introduction reprend le principe de la liste des « Noms et usage des pièces qui servent aux opérations », constituant la légende de la figure. Mais le traducteur l'a fusionnée avec ce qui, dans l'*Instruction*, était groupé à part sous le titre « Principe de la machine », et avec les conseils de bonne marche qui clôturaient l'opuscule.

Viennent ensuite cinq sections sur les opérations fondamentales : addition, soustraction, multiplication, division et extraction des racines carrées des entiers. Dans les quatre premières, les procédures ne sont décrites qu'abstraitement, de manière générale. Les nombreux « exemples » fournis n'ont pas pour but des les illustrer pas à pas, comme ceux de l'*Instruction*, mais ont plutôt le statut d'exercices dont seul le résultat final est donné. Les voici : 954 + 786 = 1740 ; 1740 – 954 = 786 ; 154936 × 8 = 1239488 ; 10604 × 6 = 633624 ; 1306 × 524 = 684344 ; 1024 × 2050 = 2099200 ; 154936 : 8 = 19367 avec un reste nul ;

[21] [al-Suwayrî] (1875)

[22] al-Manûnî (1973), pp. 152-153.

[23] Ageron (2016).

1296 : 38 = 34 avec reste 4 ; 17204 : 34 = 506 avec reste nul. Aucun ne vient de l'opuscule français : ils reflètent les essais du traducteur cherchant à s'approprier l'usage de la machine.

Le cas du chapitre sur l'extraction des racines des nombres est différent. Le traducteur marocain a voulu décrire la procédure en toute généralité, ce que ni l'*Instruction*, ni les auteurs italiens n'avaient tenté ; le résultat est, de manière prévisible, assez confus. Conscient sans doute de cela, il donne ensuite un exemple, de son cru, celui de la racine carrée de 69696, cette fois calculée pas à pas. Il évoque ensuite un autre exemple, celui de 897650000, précise que c'est celui qui est dans l'original et exprime l'opinion qu'il s'agit d'un choix « bizarre » de la part de l'auteur français, puisque ce nombre a neuf chiffres tandis que l'arithmomètre, avec ses huit coulisses, ne permet a priori que d'inscrire que des nombres de huit chiffres au plus. Il remarque cependant, et s'attribue un peu naïvement le mérite de cette observation, qu'en déplaçant la platine mobile, il est possible d'inscrire le nombre en deux fois. Il ne semble pas avoir conscience que le nombre aurait pu aussi être inscrit directement au moyen des petits boutons jouxtant les lucarnes, sans utiliser coulisses et manivelle. Du point de vue didactique pourtant, sa critique n'est pas injustifiée ; curieusement, elle prend exactement le contrepied de la démarche de l'Italien Giuseppe Pastore, qui, on l'a vu, dira, dans le même contexte, avec le même matériel, avoir voulu « à dessein » donner l'exemple le plus compliqué possible : un nombre à seize chiffres ! L'auteur marocain propose ensuite deux autres exemples d'extractions de racines, ne donnant que le résultat : la racine de 2209, égale à 47 sans reste, et la racine de 41621, qui est 204 avec un reste de 5. Comme on le vérifiera, ces exemples sont directement tirés du texte français. Pourtant, ils sont sortis de leur contexte : l'*Instruction* les proposait pour illustrer la méthode par soustraction de nombres impairs – ils venaient d'ailleurs initialement, nous l'avons dit, de l'article allemand de Reuleaux. Or le traducteur marocain ne dit mot de cette méthode, manifestement désireux de rester dans la stricte et maigre tradition arithmétique enseignée au Maroc. Tout se passe donc comme s'il avait voulu s'assurer que ces deux exemples pouvaient être traités avec la méthode traditionnelle, rendant toute innovation inutile. Bien plus : les nombres décimaux étant oubliés depuis des siècles dans les pays d'Islam où ils avaient pourtant vu naissance, il ne donne de la racine de 41621 que la partie entière 204, et précise qu'il y a un reste de 5, là où l'*Instruction* calculait trois chiffres après la virgule : 204,012. Il fait de même pour un dernier exemple soumis au lecteur : la racine de 9339200 est égale à 3054 et son reste est 64. Dans ce monde de nombres entiers, les « virgules d'ivoire » fournies par le constructeur pour séparer partie entière et partie fractionnaire n'auraient-elle aucune utilité ? L'auteur marocain leur trouve non sans astuce une autre raison d'être : elles matérialisent la séparation des chiffres d'un nombre par tranches de deux, étape préalable à l'extraction de sa racine carrée.

Le manuscrit se termine par ce qu'on pourrait appeler une *fatwâ*, c'est-à-dire un avis juridique argumenté émis par un spécialiste à la demande, en général, d'une autorité qui lui soumet un problème particulier. Dans ce cas, elle ne repose pas sur une accumulation de citations d'auteurs anciens, mais sur l'examen attentif et objectif de la machine soumise. L'avis émis est positif : celui qui a la capacité de changer ses habitudes, qu'il n'hésite pas à utiliser l'arithmomètre pour toutes sortes d'opérations. Cependant, la suppression de ce qui lui a paru « sans utilité » dans le texte français en restreint implicitement l'utilisation au corpus de connaissances arithmétiques traditionnellement enseigné au Maroc. Nous ignorons quel fut l'écho de ce texte, mais doutons que le moindre arithmomètre ait jamais été vendu au Maroc.

Nous proposons maintenant une traduction et une translittération de larges extraits du manuscrit.

> Louange à Dieu seul (*al-hamd li-Llâh wahdahu*). Que la prière et le salut de Dieu soient sur notre Seigneur Muhammad, sa famille et ses compagnons (*wa-sallâ Allâh wa-sallam ʻalâ sayyidinâ Muhammad wa-âlihi wa-suhbihi*).
>
> Louange à Dieu qui a établi la clef des sciences mathématiques (*al-hamd li-Llâh alladhî jaʻala miftâh al-ʻulûm al-riyadiyyât*) : la science du calcul, indispensable au vieux comme au jeune (*ʻilm al-hisâb alladhî lâ ghanâʼ li-shaykh ʻanhu wa-lâ shâbb*) pour fonder sur elle toutes les transactions et en tirer profit (*li-btinâʼ jamîʻ al-muʻâmalât ʻalayhi wa-l-iktisâb*). Que la prière de Dieu soit sur notre Seigneur et Maître Muhammad (*wa-sallâ Allâh ʻalâ sayyidinâ wa-mawlânâ Muhammad*), qui a été envoyé pour les noirs et les rouges parmi les non-Arabes et les Arabes[24] (*al-mabʻûth li-l-aswad wa-l-ahmar min ʻajam wa-ʻarab*), sur sa famille, sur ses compagnons et sur ceux qui les ont suivis sur le droit chemin, gens doués de sagacité (*wa-ʻalâ âlihi wa-suhbihi wa-tâbiʻîhim al-muhtadîn ûlî al-albâb*).
>
> Après quoi (*wa-baʻd*) : ceci est la traduction d'une épître sur une machine à calculer (*fa-hâdhihi tarjamat risala ʻalâ âla hisabiyya*) de la langue française à la noble langue arabe (*min al-lugha al-faransawiyya ilâ al-lugha al-sharîfa al-ʻarabiyya*). Je l'ai traduite sur le fond (*tarjamtuhâ bi-l-maʻnâ*), et j'ai procédé à quelques adaptations (*wa-tasarraftu fîhâ baʻd al-tasarruf*) : j'ai écarté ce qui ne présentait pas d'utilité (*bi an hashshaytu mâ lâ tâʼil tahtahu*), j'ai ajouté des exemples supplémentaires dans l'explication (*wa-zidtu amthila ziyâdatan fî al-îdâh*), j'ai attiré l'attention sur le manquement que constitue leur omission dans l'original (*wa-nabuhtu ʻalâ nakth aghfalahâ fî al-asl*) et je me suis cantonné à ce qui est purement prise en main et maîtrise (*wa-iqtasartu ʻalâ mujarrad al-tahsîl wa-l-ijâda*). Je l'ai organisée en une introduction et cinq chapitres (*wa-ratabtuhâ ʻalâ muqaddima wa-khamsat fusûl*) : l'introduction est sur les dessins de la machine (*al-muqaddima fî rusûm al-âla*) et les chapitres sur les cinq fondements de l'arithmétique (*wa-l-fusul fî usûl al-hisâb al-khamsa*) – l'addition, la soustraction, la multiplication, la division et les racines des nombres entiers (*al-jamʻ wa-l-tarh wa-l-darb wa-l-qisma wa-judhur al-aʻdâd al-sahîha*).
>
> **Introduction** (*al-muqaddima*) **sur l'explication des dessins de la machine** (*fî sharh rusûm al-âla*)
>
> La première chose est marquée par une lettre *nûn* grecque, comme ceci : N[25] (*wa-l-awwal muʻallam bi-harf nûn yunânî hakadhâ* N). C'est une poignée ou une manivelle de cuivre (*wa-huwa miqbad aw yad min nuhâs*), terminée par une bague d'ivoire (*fî raʼsihâ halqa min al-ʻâj*) que tu saisis pour la faire tourner (*tamsuk bihâ li-l-idâra*) au début des opérations de calcul (*ʻinda al-shurûʻ fî aʻmâl al-hisâb*) pour mettre ses rouages en mouvement (*li-tahrîk nawâʻirihâ*). Mais on la fait toujours tourner de la gauche vers la droite, pas autrement (*wa-innamâ tudâr abadan min al-shimâl li-l-yamîn lâ ghayr*). Et quand son mouvement devient difficile (*wa-matâ taʻassarat harakatuhâ*), tu abandonnes afin d'examiner l'affaire (*tatruk hatta tundhar fî amrihâ*) en regardant à l'intérieur de la machine (*bi-l-nadhr li-dâkhil al-âla*) pour qu'il ne s'y trouve pas une avarie (*li-lâ yaqaʻ fîhâ fasâd*).
>
> La seconde est dessinée avec une lettre *alif* grecque A (*al-thânî marsûm bi-harf alif yunânî* A). Ce sont des boutons de cuivre (*wa-huwa azrâr min al-nuhâs*) qui sillonnent les rainures ouvertes dans la ligne A (*li-akhidd fî al-shuqûq al-maftûha fî satr alif*) : il y coulissent vers le haut et le bas (*tazluq fîhi li-l-aʻlâ wa-l-asfal*) pour identifier le nombre demandé (*li-tashkhîs al-ʻadad al-matlûb*).

[24] L'auteur reprend ici un *hâdith* de la tradition musulmane, c'est-à-dire une parole attribuée au Prophète : *J'ai été envoyé aux Rouges et aux Noirs*. Les Rouges désignant traditionnellement les non-Arabes (*al-ʻajam*) et les Noirs les Arabes, ce *hadîth* exprime l'universalité de la mission muhammadienne. En choisissant de citer ce *hadîth*, l'auteur annonce et justifie d'avance sa traduction d'un ouvrage étranger.

[25] L'auteur ignore manifestement que l'alphabet grec diffère de l'alphabet latin.

La troisième (*al-thâlitha*) : un *sîn* grec C (*sîn yunânî* C) est la marque de la ligne de seize trous (*'alam 'alâ satr al-thuqûb al-sitta 'ashr*) où apparaissent les « figures de poussière »[26] au début de l'opération (*allatî tadhhar minhâ ashkâl al-ghubârî 'inda al-shurû' fî al-'amal*), dans le dessus de la platine mobile (*fawq al-lawh al-mutaharrik*), tout contre les boutons de remise des chiffres à zéro qui font face aux trous (*wa-'alâ al-azrâr allatî bi-izâ' al-thuqûb li radd al-ghubârî sifran*).

La quatrième (*al-râbi'a*) : un *dâl* grec D (*dâl yunânî* D) est la marque de la ligne de neuf trous (*'alam 'alâ satr al-thuqûb al-tis'a*) qui est sous la ligne C de la platine supérieure (*allatî taht satr sîn min al-lawh al-a'lâ*) dans lesquels apparaissent les résultats de la division et des racines (*yadhar minhâ khawârij al-qisma wa-l-judhûr*). C'est aussi de cette ligne qu'on apprend les positions du résultat de la multiplication, de la division et des racines lorsqu'on fait glisser la platine mobile vers la gauche pour que chaque rang soit vis-à-vis de ce qui lui correspond (*wa-min al-satr aydan tu'lam marâtib khârij al-darb wa-l-qisma wa-l-judhûr 'inda izlâq al-lawh al-mutaharrik jihat al-yumnâ li-muqâbala kull rutba li-nadhîratihâ*).

La cinquième (*al-khâmis*) : un *mîm* grec M (*mîm yunânî* M) est la marque de la platine supérieure mobile, nommée *iblâtîn mûbîl*, c'est-à-dire platine mobile (*'alam 'alâ al-lawh al-a'lâ al-mutaharrik al-musammâ iblâtîn mûbîl ay lawh mutaharrik*). Son mouvement se fait un peu vers le haut (*wa-harakatuhu li-l-a'lâ qalîlan*) en manipulant les boules de droite et de gauche remettant à zéro les lignes D et S après le début de l'opération (*wa-tahrîk al-kuratayn al-yumnâ wa-l-yusrâ li-radd ashkâl satray dâl wa-sîn asfâran qabl al-shuru' fî al-'amal*), ceci est indispensable (*wa-lâ budd min dhâlik*), et elle se déplace vers la droite lors des opérations de multiplication, de division et de racines (*wa-yuharrak li-l-yumnâ 'inda a'mâl al-darb wa-l-qisma wa-l-judhûr*).

La sixième (*al-sâdis*) : un *wâw* grec O (*wâw yunânî* O). Une boule de bois à droite de la plaquette mobile (*kura min al-'ûd 'alâ yamîn al-lawh al-mutaharrik*) que l'on actionne pour ramener à zéro les figures de la ligne C (*tuharrak li-radd ashkâl satr sîn asfaran*).

La septième (*al-sâbi'*) : un *pâ'* grec P (*pâ' yunâniyya* P) avec la nuance de sonorité entre le F et le B (*bi-l-ishmâm bayn al-fâ' wa-l-bâ'*)[27]. Une boule à gauche de la plaquette mobile (*kura 'alâ yasâr al-lawh al-mutaharrik*), faisant pendant à celle de droite (*wa-yamîn al-nâdhir*), pour ramener de la même façon à zéro les figures de la ligne D (*li-radd ashkâl satr dâl asfâran ka-dhâlik*). Avec ces deux excroissances, on soulève la platine mobile lorsqu'on veut la mettre en mouvement (*wa-bihâtayn al-'uqdatayn yurtafa' al-lawh al-mutaharrik 'inda irâdat harakatihâ*).

La huitième (*al-thâmin*) : un *bâ'* grec B (*bâ' yunâniyya* B). C'est une boule d'ivoire dans l'ouverture sur la gauche de la ligne D (*wa-hiya kura min 'âj fî fatha 'alâ yasâr satr dâl*). On la fait coulisser vers le haut au début pour opérer la multiplication et l'addition (*tuzallaq li-l-a'lâ 'ind al-shurû' fî 'amalihi al-darb wa-l-jam')* et vers le bas pour opérer une division et une soustraction (*wa-li-l-asfal fî 'amalihi al-qisma wa-l-tarh*).

[...]

Section sur la prise des racines des nombres (*fasl fî akhdh judhûr al-a'dâd*)

[...]

Par exemple, si on demande la racine carrée de ce nombre : 6˙96˙96˙ (*mithâluhu idhâ tuliba jidhr hâdhâ al-'adad wa-huwa* 6˙96˙96˙), inscris-le sur la ligne A, mets la boule sur la ligne de l'addition et tourne la manivelle (*fa-tushakhkhisuhu fî satr alif wa-ij'al kurat bâ' fî satr al-jam' wa-adir al-yad*) : il est alors transporté à la ligne C (*fa-yuntaqal li-satr sîn*). Ensuite, fixe dans les petits trous qui sont en face de la ligne C (*thumma athbit fî al-thuqab al-raqîqa allatî izâ'a satr sîn*) les boutons d'ivoire indiquant les positions de la racine (*azrâr al-'âj ta'lîman li-marâtib al-jidhr*) : tu en trouveras trois, au-dessus des trois six (*fa-tajiduhâ thalâtha fawq al-sittât al-thalâtha*). Ensuite, efface le nombre de la ligne A (*thumma umhu al-'adad min satr alif*). Ramène la boule B vers la ligne de la soustraction (*wa-radd kurat bâ' li-satr al-tarh*). Tire la platine M vers la droite (*wa-ukhruj al-lawh mîm yamînan*) jusqu'à ce que le dernier 6 soit vis-à-vis de la première rainure de la ligne A (*hatta takûn al-sitta al-akhîra muqâbila li-l-futha al-*

[26] Appellation traditionnelle des chiffres arabes maghrébins, remontant au temps des algorithmes à effacement et des tablettes de sable.

[27] Le son [p] n'existe pas en arabe, d'où la tentative de description phonologique du traducteur. La lettre *pâ'* a cependant été ajoutée à l'alphabet arabe pour écrire le turc ottoman ou le persan.

ûlâ li-saṯr alif). Recherche sa racine : c'est 2 (*wa-ibḥath 'alâ jidhrihâ fa-yakûn 2*). Pointe sur elle le bouton dans l'ouverture (*'allim 'alayhâ al-zirr fî al-futḥa*). Tourne la manivelle deux fois (*wa-adir al-yad marratayn*) : tu vois le 6 dans la ligne C qui est revenu à 2 (*tarâ al-sitta fî saṯr sîn 'âdat 2*). Double la racine 2 en 4 (*ḏa''if al-jidhr 2 bi-arb'a*), marque-la avec le bouton dans la deuxième rainure (*'allim 'alayhâ al-zirr fî al-futḥa al-thâniya*). Rentre la platine jusqu'à ce que le bouton d'ivoire corresponde à la première rainure (*wa-adkhil al-lawḥ ḥattâ yuqâbil al-zirr al-'âjî al-futḥa al-ûlâ*) : 29 est alors au-dessus de 4, le double [de 2] (*fa-yakûn 29 'alâ ra's 4 al-ḏi'f*). Divise [29] par celui-ci (*aqsim 'alayhâ*) : le quotient correspondant est 6 (*yakûn al-khârij al-muwâfiq* 6) et c'est la racine partielle 2 (*wa-huwa al-jidhr al-juz'iyy 2*). Marque le 6 dans l'ouverture A (*'allim 'alâ al-sitta fî al-futḥa alif*) et tourne la manivelle six fois (*wa-adir al-yad sitt marrât*). Alors le nombre dans la ligne C devient comme ceci : 2096 (*fa-yaṣîr al-'adad fî saṯr sîn hakadhâ* 2096)[28]. Ensuite, double la racine 6 et fais descendre le chiffre des unités du double, 2, dans la deuxième ouverture (*thumma ḏa''if al-jidhr 6 wa-inzil âḥâd al-ḏi'f 2 fî al-futḥa al-thâniya*). Ajoute ses dizaines, 1, au premier double 4, ce qui fait 5 comme double dans l'ouverture 3 (*wa-uḏif 'asharâtahu 1 li-l-di'f al-ûlâ 4 takûn 5 ḏi'fan fî al-futḥa 3*). L'image du double vient dans la ligne A, comme ceci : 520 (*wa-ta'tî ṣûrat al-ḏi'f fî saṯr alif hakadhâ 520*). Ensuite fais rentrer la plaquette M (*thumma idkhal al-lawh mîm*). Il vient alors le six laissé par le nombre devant l'ouverture A (*fa-ta'tî al-sitta al-bâqiyya min al-'adad amâm al-futha alif*). Cinq, le double, est vis-à-vis du nombre 20 (*wa-l-khamsa al-ḏi'f muqâbalatan li-'adad 20*). Divise alors [20] par lui : le quotient de la division est 4 (*fa-aqsim 'alayhâ yakûn khârij al-qisma 4*). Pointe sur lui dans la première ouverture (*'allim 'alayhi fî al-futḥa al-ûla*) et tourne la poignée de 4 tours (*wa adir al-miqbad 4 dawrât*) : la racine vient dans la ligne D et c'est 264 (*fa-ya'tî al-jidhr fî saṯr dâl hâdhâ 264*). Chacune de ses positions est vis-à-vis d'un des boutons d'ivoire dans la ligne S et son double est dans la ligne A comme ceci : 528 (*kull martaba minhu muqâbala li-zirr min al-azrâr al-'âjiyya fî saṯr sîn wa-yakûn ḏi'fuhu fî saṯr alif hakadhâ 528*). Et il n'y a pas de reste parce que le nombre est de racine rationnelle (*wa-lam tabqa baqiya li-kûn al-'adad munṯaq al-jidhr*).

Un autre exemple est comparable à celui-ci (*wa 'alâ hâdha al-mithâl yuqâs ghayruhu*) : si on avait demandé la racine de ce nombre 897650000 (*fa-law ṯuliba jidhr hâdhâ al-'adad wa-huwa 897650000*) et suivi pour ce nombre la procédure précédente (*wa-tutubbi'a fihî al-'amal al-mutaqqadim*), sa racine aurait été comme ceci : 29960 (*la-kâna jidhruhu hakadhâ 29960*).

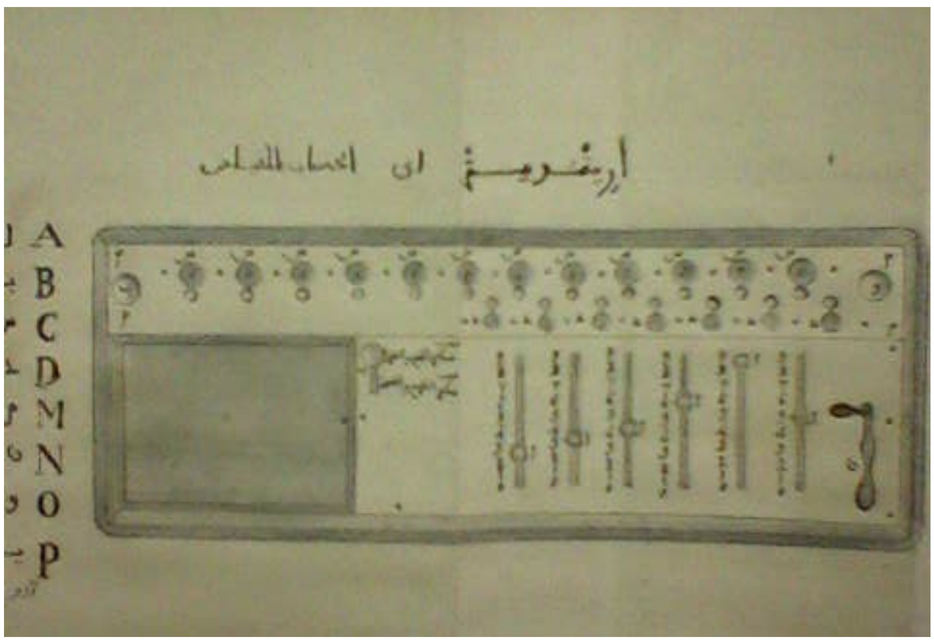
Remarque (*tanbîh*). Quand le nombre dont on demande la racine a plus de huit positions (*matâ kânat marâtib al-'adad al-maṯlûb jidhruhu akthar min thamâniya*), ce qui est le nombre des rainures de la ligne A (*allatî hiya 'iddat futḥât saṯr alif*), alors, certes, il n'est pas possible d'y inscrire le nombre (*fa-innahu lâ yumkin tashkhîṣ al-'adad fîhi*). La procédure dans un tel cas *(wa-l-'amal fî mithl dhâlik*) est que tu fasses dépasser ou que tu tires la platine M vers la droite (*an tufîqa aw (?) tukhrij al-lawḥ mîm li-yamînan*) jusqu'à ce que la ligne C sorte d'un nombre de trous égal à celui des positions excédentaires du nombre dont on demande la racine par rapport aux huit rainures (*ḥattâ yakhruj min thuqabihi saṯr sîn minhu ka-'adad al-marâtib allatî zâda bihâ al-'adad al-maṯlûb jidhruhu 'alâ al-thamânî futḥât*) : ces positions extérieures aux rainures de la ligne A se joignent [aux autres] pour compléter les positions du nombre dont on demande la racine (*fa-tuḏâf tilka al-marâtib al-khârija li-futḥât saṯr alif takmîlan li-marâtib al-'adad al-maṯlûb jidhruhu*). Ensuite H [*sic*] est inscrit dans la ligne A et transporté dans la ligne C (*thumma yushakhkhaṣ hâ' fî saṯr alif wa-yunqal li-saṯr sîn*), et les positions supplémentaires par rapport à la ligne A, qui n'ont pas été transportées à partir d'elle (*wa-l-marâtib al-zâ'ida 'alâ saṯr alif allatî lam tunqal minhu*), sont inscrites en tournant les boutons qui sont en face jusqu'à ce qu'ils correspondent à ce qui est voulu (*tushakhkhaṣ bi-idârat al-azrâr allatî bi-izâ'ihâ ḥattâ tawâfaq al-maṯlûb*). À ce moment là, le nombre est complètement inscrit dans la ligne C (*bi-ḥîna'idhin yakmul tashkhîs al-'adad fî saṯr sîn*). Ce qui est bizarre, vu la clarté de l'original, c'est : comment se fait-il qu'il n'ait pas donné d'explications sur ce point (*wa-l-'ajab min wâḏiḥ al-aṣl kayf lam yubayyin 'alâ hâdhihi al-nukta*), alors que c'est ce même exemple qu'il a pris pour modèle (*ma' annahu maththala bi-hâdha al-mithâl nafsihi*) ? Le reste dans cet exemple est le suivant : 48400 (*wa-baqiyat hâdha al-mithâl hâdhihi 48400*) ; il est visible dans la ligne C (*turâ fî saṯr sîn*).

Si on avait demandé la racine du nombre 2209, elle aurait été ceci : 47, sans reste (*wa-law ṯuliba jidhr 'adad 2209 la-kâna hâdhâ 47 wa-lâ baqiyya lahu*). Et de même, la racine de ceci : 41621, est égale à 204, et le reste est 5, dans la ligne C (*wa-kadhâ jidhr hâdhâ 41621 yusâwî 204 wa-baqiya 5 fî saṯr sîn*). Et la racine de ce nombre : 9339200, est égale à 3054, visible dans la ligne D, et son reste est celui-ci :

[28] Les six tours de manivelle retranchent 6 fois 4600 à 29696, ce qui donne 2096.

64, dans la ligne C (*wa-jidhr hâdhâ al-ʻadad 9339200 yuʻâdil 3056 yurâ fî satr dâl wa-baqiyatuhu hâdhihi 64 fî satr sîn*).

Ceci est la fin de ce que contient la notice de cette machine sur les fondements des opérations du calcul entier rationnel et irrationnel (*wa-hâdhâ âkhir mâ ihtawat ʻalayhi risâlat hâdhihi al-âla min usûl aʻmâl al-hisâb al-sahîh al-muntaq wa-l-mughlaq*). Quiconque a la faculté et la capacité d'adaptation en science (*wa-man lahu malaka wa-iqtidâr ʻalâ al-tasarruf fî al-ʻilm*), qu'il ne manque pas de l'utiliser dans l'ensemble des opérations du calcul, en matière d'entiers, de fractions, de conversion, de proportionnalité, de réduction et de restauration [des fractions] (*lâ yuʻwizuhu istiʻmalahâ fî majmûʻ aʻmâl al-hisâb sahîhan wa-kasran wa-sarfan wa-tanâsuban wa-hattan wa-jabran*). Que Dieu nous soit favorable, ainsi qu'aux musulmans, en vue de ce qu'il souhaite et ce qui le satisfait (*wafaqnâ Allâh wa-l-muslimîn limâ yuhibbuhu wa-yurdâhu*). Sa traduction en arabe a été achevée le mercredi 5 du mois sacré de *dhû al-hijjâ* de l'année 1291 de l'Hégire du Prophète [= 13 janvier 1875], sur lui soient la prière la meilleure et la salutation la plus pure (*wa-kâna al-firâgh min taʻrîbihâ yawm al-arbiʻâ' khâmis dhî al-hijja al-harâm ʻâm ihdâ wa-tisʻîn wa-ithnay ʻashr mi'a min al-hijra al-nabawiyya ʻalâ sâhibihâ afdal al-salât wa-azkâ al-tahiyya*).



Dessin de l'arithmomètre dans le manuscrit 1738 de la bibliothèque Hasaniyya à Rabat.

5. L'arithmomètre en Syrie ?

Terminons ce tour de Méditerranée du côté est, avec un des tout derniers arithmomètres produits, conservé au Musée des arts et métiers à Paris. C'est une machine à 16 chiffres, fabriquée en 1915 ; elle était la propriété de la « Société ottomane du Chemin de Fer de Damas-Hamah et prolongements » et provient du bureau parisien de cette société, bien française malgré son nom. Ainsi, même s'il n'a vraisemblablement jamais été emmené en Orient, un arithmomètre de Thomas a joué un petit rôle dans la construction d'un réseau ferré dont la partie libanaise a disparu pendant la guerre civile (1975-1990) et dont la partie syrienne ne survivra sans doute pas à celle qui ravage le pays et condamne sa jeunesse depuis 2011.

SOURCES (PAR ORDRE CHRONOLOGIQUE)

Le site www.arithmometre.org, créé et régulièrement enrichi par Valéry Monnier, comporte notamment une vaste bibliothèque numérique où sont téléchargeables beaucoup des sources ci-dessous (manuscrit arabe exclu).

[Thomas de Colmar, C.] (1850, ...,1908). *Instruction pour se servir de l'arithmomètre*. Première édition : 1850, Paris : Chaix. Rééditions : 1852, Paris : Blondeau ; 1856, Paris : Blondeau ; 1860, Paris : Guérin ; 1865, Paris : Guérin ; 1868, Paris : Malteste, 1873, Paris : Malteste ; 1878, Paris : Jousset ; 1884, Paris : Jousset ; 1895, sans nom d'imprimeur ; 1902 (version allégée en 4 pages), Paris : Dupont ; 1906, Amiens : Imprimerie picarde ; 1908, Amiens : Imprimerie picarde.

F. C. (1854). Aritmómetro : máquina para calcular, inventada por Mr Thomas, de Colmar. *Revista de obras públicas*, II-12, 159-160.

Terquem, O. et Gérono, C. (ed.) (1854). Temps employé par un calculateur exercé pour faire diverses opérations arithmétiques. *Nouvelles annales de mathématiques, Journal des candidats aux écoles Polytechnique et Normale*, t. XIII, 257-259.

Moigno, F. N. M. (1854). Académie des sciences, séance du 11 décembre : rapport sur l'arithmomètre de Thomas, etc. *Cosmos, Revue encyclopédique hebdomadaire des progrès des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie*, 3^{e} année, 5-23, 660-663

Jacomy-Régnier (1855). *Histoire des nombres et de la numération mécanique*, Paris : Chaix.

[Thomas de Colmar, C.] (1856). *Instruccion para servirse del aritmómetro, máquina para calcular, inventada por M. Thomas de Colmar, premiado y privilegiado, traducida al español por D. Pedro Saver, profesor y traductor de idiomas.* Barcelona : Ginesta.

Reuleaux, F. (1865). Prof. Toepler's Verfahren der Wurzelausziehung mittelst der Thomas'schen Rechenmaschine. *Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen*, 44, 1865, 112-116.

Académie impériale des sciences, belles-lettres et arts de Rouen (1867). *Précis analytique des travaux de l'Académie pendant l'année 1866-67*, Rouen : Boissel, 116-117.

[Thomas de Bojano, L.] (1872 ?). *Arithmomètre - Machine à calculer inventée par M. Thomas de Colmar*, document publicitaire.

[al-Suwayrî, A.] (1875). *Tarjamat risâla 'alâ âla hisâbiyya,* manuscrit arabe 1738 de la bibliothèque Hasaniyya à Rabat (Maroc).

Cavallero, A. (1880). Aritmometro di Thomas, suo principio, descrizione ed uso. *Annali del Reale Instituto Tecnico Industriale E Professionale di Turino*, 9, 93-125.

Cavallero, A. (1880b). [Traduction française de l'article précédent] Arithmomètre de Thomas. Principe fondamental, description et usage. *Revue universelle des mines, de la métallurgie, des travaux publics, des sciences et des arts appliqués à l'industrie*, VIII, 309-346.

Pastore, G. (1885). Machine da calcolare. In R. Pareto & G. Sacheri (Dir.), *Enciclopedia delle arti e industria*, vol. 5, 482-575, Torino : Unione tipografico-editrice.

[Thomas de Colmar, C.] (*ca*. 1900). *Aritmometro : macchina per calcolare*, Torino.

[Payen, L.] (1910). *Arithmomètre Payen*, document publicitaire.

ÉTUDES, SOURCES PUBLIÉES (PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE)

Ageron, P. (2015). Des ouvrages mathématiques européens dans le Maroc du XIX^{e} siècle. In É. Barbin & J.-L. Maltret (Dir.), *Les mathématiques méditerranéennes d'une rive et de l'autre* (pp. 247-265). Paris : Ellipses.

Ageron, P. (2016). Les savants marocains face aux mathématiques européennes : les chemins du logarithme. In A. Bouzari (Dir.), *Actes du XI^{e} colloque maghrébin sur l'histoire des mathématiques arabes* (pp. 35-59). Alger : École normale supérieure de Kouba.

Décaillot, A.-M. (1998). L'arithméticien Édouard Lucas (1842-1891) : théorie et instrumentation. *Revue d'histoire des mathématiques*, 4, 191-236.

Folkerts, M. (1997). *Die älteste lateinische Schrift über das indische Rechnen nach al-Hwârizmî. Edition, Übersetzung und Kommentar.* München : Bayerische Akademie der Wissenschaften.

al-Manûnî, M. (1973). *Madhâhir yaqadhat al-Maghrib al-hadîth*, Rabat : Matba'at al-umniya (en arabe).

Plantevin, F. et Cargou, C. et M.-P. (2012). *Multipliez ! Instruments de calcul de la multiplication. Catalogue de l'exposition.* Brest : IREM.