



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



Digitized by Google

LSoc 1621-25

Bd. Feb, 1884.





23,126

NOTICES ET EXTRAITS
DES
MANUSCRITS
DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
ET AUTRES BIBLIOTHÈQUES.

NOTICES ET EXTRAITS
DES
MANUSCRITS
DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
ET AUTRES BIBLIOTHÈQUES,
PUBLIÉS PAR L'INSTITUT NATIONAL DE FRANCE.

FAISANT SUITE

AUX NOTICES ET EXTRAITS LUS AU COMITÉ ÉTABLI DANS L'ACADÉMIE
DES INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES.

TOME VINGT-SIXIÈME.



C.
PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCC LXXVII.

LSoc 1621.25

JAN 11 1884

Subscription fund.

DEUXIÈME PARTIE.

LA CHIROBALISTE
D'HÉRON D'ALEXANDRIE,

PAR

VICTOR PROU.

NOTICES ET EXTRAITS
DES
MANUSCRITS
DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
ET AUTRES BIBLIOTHÈQUES.

LA CHIROBALISTE D'HÉRON D'ALEXANDRIE,

PAR

M. VICTOR PROU,

INGÉNIEUR CIVIL..

PREMIÈRE PARTIE.

INTRODUCTION HISTORIQUE.

I.

1. Il est bien difficile d'interpréter exactement, au point de vue philosophique, les œuvres d'art d'une civilisation éteinte, sans les rattacher à l'histoire de leur pays d'origine. Comment, par exemple, expliquer avec toute la clarté convenable Sophocle ou Aristophane, en dehors des idées politiques et religieuses du monde contemporain? Comment mettre en plein relief toute la beauté de leurs créations dramatiques, s'il est presque impossible de ressusciter la scène, la déclamation, l'accompagnement musical, dont savait l'animer, sous un ciel éclatant, l'harmonieux génie de la Grèce? Réduit au moule pro-

sodique, le vers jadis ailé de Pindare n'est plus lui-même aujourd'hui qu'une forme morte et parfois inintelligible.

2. Indispensable en littérature, l'exégèse s'impose, avec plus de rigueur encore, aux études ayant pour objet les produits de l'industrie antique. Ce n'est plus aux mœurs générales du temps qu'il appartient d'en définir la sphère d'utilité ou la fonction; ce sont les besoins de la consommation courante, les connaissances techniques, avec les procédés plus ou moins avancés de la fabrication usuelle, qui doivent en préciser, pour chaque époque, les diverses conditions pratiques. Mais comment affronter de pareils problèmes, si les matériaux manquent ou s'ils ne se trouvent pas en état de servir?

3. Lorsque j'abordai, en 1861, de concert avec feu M. Vincent, la recherche de la Chirobaliste, je ne connaissais, des quelques documents relatifs à l'artillerie des anciens, que les *Βελοποιϊκά* (*Traité des armes de jet* ou *Bélopée*) d'Héron d'Alexandrie, dans les *Mathematici veteres*, de Thévenot^{1a}. J'en avais lu une traduction française, encore inédite, de M. Vincent, à l'occasion des figures du texte original que j'avais été chargé de reproduire dans cette traduction. Les machines de jet gréco-romaines reconstruites par M. de Reffye, aujourd'hui colonel d'artillerie, étaient alors à l'étude. Les textes de la *Poliorcétique des Grecs*², de M. C. Wescher, sommeillaient encore dans les manuscrits de dix bibliothèques. J'ignorais d'ailleurs l'existence des nombreux travaux modernes publiés sur la question. C'est dans un isolement presque complet que j'ai retrouvé l'arme d'Héron, telle que je la fis connaître en 1862³.

4. Depuis, le terrain a pris plus de consistance. La solution personnelle de M. Vincent, publiée en 1866, a montré de quel ordre d'idées on devait s'abstenir⁴. Le musée d'artillerie et celui de Saint-Germain-en-Laye se sont enrichis des nombreux modèles exécutés par M. de Reffye. S'il n'a pas retrouvé, dans les *Βελοποιϊκά* mêmes, le principe de la baliste (*παλίντρονον ὄργανον*), le judicieux officier n'en a pas moins deviné, avec une rare sagacité, le mécanisme véritable.

^{1a} Voir les notes en renvois numérotés à la fin de l'ouvrage.

La convergence extérieure des battants, également entrevue dans la *chirobaliste* par M. Vincent, est le caractère distinctif de l'engin *palintone*. J'en donnerai plus loin la démonstration, dégagée pour la première fois du texte des *Βελοποιϊκά*.

5. D'un autre côté, le texte grec de la *Χειροβαλλίστρα*, réédité par M. C. Wescher, d'après six manuscrits de Paris, de Vienne et du Vatican, m'a fait connaître quelques leçons inédites, reprendre et perfectionner ma solution primitive. Sans en modifier le principe, j'en ai restitué tous les détails, jusqu'au décor symbolique de l'arme, avec une précision mathématique. Dix autres manuscrits, de Paris et de Vienne, négligés par le savant éditeur de la *Poliorcétique*, m'ont livré également de précieuses variantes, attestant que les copies issues de la recension officielle byzantine, effectuée au x^e siècle sous les auspices de Constantin Porphyrogénète, ne sont pas inférieures, en authenticité, aux manuscrits de même source que celui de Mynas, c'est-à-dire provenant sans doute du commerce. Outre des leçons absentes de ces derniers, les figures annexées à ces copies offrent une précision relativement supérieure. A la vérité, les manuscrits dits *secondaires* ne sont que du xvi^e siècle. Mais ne peut-on admettre qu'ils fussent destinés, dès cette époque, à remplacer de vieux parchemins vermoulus auxquels la philologie, déjà si éclairée, assignait une valeur considérable? La provenance de tant de précieuses reliques était sans doute alors suffisamment connue, et la garantie fondée sur l'antiquité des unes put s'y trouver compensée par la sagacité d'une critique plus pénétrante, mise au service de la reproduction des autres.

6. Avec les leçons des nombreux manuscrits délaissées par M. C. Wescher, j'ai rétabli en leur juste relief celles de Baldi, *éditeur princeps* de la *Χειροβαλλίστρα*, en compagnie de qui le traducteur *princeps* du même opuscule s'est vu complètement mis de côté par le savant paléographe. Mon nouveau commentaire, cinq ou six fois plus étendu que celui de M. C. Wescher, s'exerce sur seize manuscrits et sur cinq éditions. Chaque manuscrit, chaque édition, y recouvre en latin la plénitude de ses droits.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

7. Enfin les essais d'interprétation de Baldi, de Juste-Lipse, de Saumaise, de Perrault, de De Folard, de Maizeroy, de Silberschlag, de Meister, de Schneider, de Dureau de la Malle, de Dufour, de Kōchly et Rüstow, sur les principes techniques de l'artillerie gréco-romaine, m'ont souvent signalé le danger de céder, en pareille matière, à l'imagination, en dehors des faits rigoureusement démontrés. Par la forme, comme dans le fond, témoin la chirobaliste, la mécanique des anciens était une science exacte. Ils ne l'ont jamais entendue autrement. Les auteurs ci-dessus m'ont néanmoins signalé bon nombre de renseignements historiques ayant trait à l'artillerie primitive. J'ai repris, dans l'édition de M. Wescher, le texte des *Βελοποιϊκά*; dans les *Mathematici veteres*, l'étude du livre IV de Philon de Byzance sur le même objet⁵. Ces deux sources m'ont permis d'étudier à fond l'état de l'artillerie au temps de la chirobaliste, ainsi que les progrès remarquables issus des travaux contemporains. En un mot, je me suis appliqué à mettre en évidence le courant d'idées neuves et hardies où s'élabora, au II^e siècle avant l'ère chrétienne, l'engin si remarquable de la *χειροβαλλίστρα*.

Avant d'aborder le compte rendu de ces nouvelles recherches, il convient d'exposer brièvement la série des efforts tentés aux diverses époques, en vue de restituer l'arme d'Héron d'Alexandrie.

II.

8. En l'année 1616, l'abbé Baldi, célèbre philologue italien, publia à Augsbourg, avec figures, traduction et commentaire en latin, la première édition (petit in-4^o) des *Βελοποιϊκά*, curieux *Traité des armes de jet* antiques, attribué par tous les manuscrits aujourd'hui connus à Héron, disciple de Ctésibius. A la suite, Baldi annexa, sans traduction ni figures, un second opuscule grec qu'il intitula :

Τοῦ αὐτοῦ Ἡρώνος Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία.

C'est-à-dire :

Du même Héron, structure et dimensions de la Chirobaliste.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

9. Les manuscrits édités par Baldi étaient sans doute ceux du Vatican. Les leçons de ces derniers, données par M. Wescher, en fournissent plus d'une preuve. Il est certain d'ailleurs que Baldi avait consulté plusieurs manuscrits. Son texte porte à la marge d'importantes variantes. D'un autre côté, le savant abbé de Guastalla avait fait à Rome, dès l'année 1586, plusieurs voyages, et l'on sait qu'il y séjourna plus tard, pour se livrer à l'étude des langues orientales⁶. Or, témoin les seize manuscrits aujourd'hui connus, les mots « Τοῦ αὐτοῦ » sont une interpolation du savant éditeur. Baldi pensa que la *Χειροβαλλίστρα* était du même Héron, disciple de Ctésibius, que les *Βελοποιϊκά*, dont le titre complet est « Ἡρωνος Κτησιβίου Βελοποιϊκά; » tandis que les manuscrits consultés par lui donnaient à la Chirobaliste le simple titre :

Ἡρωνος Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία.

Baldi n'était donc pas suffisamment autorisé à attribuer la Chirobaliste à Héron d'Alexandrie. Loin de là, les douze manuscrits aujourd'hui connus de la recension officielle byzantine, à laquelle se rattachent ceux du Vatican, donnent la *Χειροβαλλίστρα* avant les *Βελοποιϊκά*. Cette circonstance créerait plutôt une opposition qu'un rapprochement entre les deux Héron, auteurs des opuscules respectifs. Au surplus, le manuscrit 120 (*olim* 113) de Vienne porte, sans nom d'auteur, le titre laconique « *Χειροβαλλίστρας (sic) κατασκευή.* » Enfin le manuscrit 140 (*olim* 110) de Vienne, qui appartient à la série dite de Mynas et non à la recension byzantine, a pour titre : « *Ἡρωνος Ἀλεξανδρέως Χειροβαλλίστρας κτλ.* » Or ce manuscrit, étranger à la série officielle, n'est que du xvi^e siècle.

10. L'interpolation de Baldi préjugeait donc une question grave. Rien ne l'autorisait à confondre avec Héron d'Alexandrie l'auteur homonyme de la *Χειροβαλλίστρα*. D'un autre côté, cet auteur, quel qu'il fût, était-il l'inventeur même de la Chirobaliste?

Nous aurons à examiner cette intéressante question.

11. De toute l'antiquité grecque et, selon toute apparence, antérieurement à l'ère chrétienne, le titre de l'opuscule édité par Baldi est le seul endroit où il soit fait mention de la *Χειροβαλλίστρα*. On n'en retrouve la trace qu'au x^e siècle, dans un ouvrage de Constantin Porphyrogénète⁷, sous la forme *χειροβολίστρα*, à propos d'expéditions militaires contemporaines de Dioclétien et de Constantin I^{er} (284-337). L'auteur donne ce nom à un engin d'artillerie volante, actionné par la torsion de câbles de nerfs ou de chanvre. Il l'appelle également du nom plus général *βολίστρα*, *baliste*⁸.

12. Dans un autre ouvrage⁹, l'écrivain byzantin mentionne également la *τοξοβολίστρα*, *arcubalista*, *arbalète*, complètement distincte de la *χειροβολίστρα*. Il est aussi question de la *τοξοβολίστρα* dans Théophane¹⁰ (ix^e siècle), et dans la *Tactique* de l'empereur Léon¹¹ (x^e siècle). Comme la *βολίστρα* ou *χειροβολίστρα*, la *τοξοβολίστρα* semble appartenir à l'artillerie volante du Bas-Empire.

III.

13. Chez les Latins, Végèce (fin du iv^e siècle) est le seul auteur qui ait mentionné la *manubaliste*. On sait qu'il vécut à Constantinople¹². En deux endroits de son traité de l'*Art militaire*, il désigne sous le nom de *manubaliste* une arme de jet évidemment portative, puisqu'il la classe, sur le champ de bataille et dans l'attaque des places, au même rang que l'arc, l'arbalète, la fronde et le fustibale. Toutefois, en employant les expressions *manubalistas* VEL *arcubalistas*, *manubalistarii* VEL *arcubalistarii*¹³, Végèce montre que la *manubaliste* était très-distincte de l'arbalète, qu'il considère d'ailleurs comme beaucoup mieux connue¹⁴. En même temps, la *manubaliste* citée *avant* l'arbalète semble indiquer qu'elle lui était préférée. Peut-être l'*arcubalista* la suppléait-elle au pis aller. Toutes deux servaient à lancer des flèches, *sagittas*.

14. Parlant de la *baliste*, Végèce dit qu'elle lançait des flèches aiguës, *spicula*¹⁵. De même la *manubaliste*, identique au *scorpion* des

âges précédents, lançait un trait aigu et de petite dimension, *parvis subtilibusque spiculis mortem inferunt*, dit encore Végèce. Or la légèreté de ces projectiles permettait d'en approvisionner un plus grand nombre dans le carquois du soldat. A ce point de vue, au moins, la manubaliste était déjà supérieure à l'arc, dont elle dépassait probablement la portée.

15. Enfin, dans le même groupe que les *manubalistes*, Végèce mentionne les *carrobalistes* ou *balistes sur roues*, attelées de deux chevaux ou mulets¹⁶. Mais il s'agit ici, comme il prend soin de l'indiquer, des balistes communes, actionnées par la torsion de fibres élastiques¹⁷, et destinées à faire campagne; d'accord en cela avec le témoignage, rapporté plus haut, de Constantin Porphyrogénète. D'ailleurs, dans la pensée de Végèce, nulle confusion possible entre la *baliste*, l'*onagre*, l'*arbalète* et le *scorpion* ou *manubaliste*¹⁸.

16. A la vérité, Ammien Marcellin, contemporain de Végèce, mentionne et décrit à plusieurs reprises¹⁹, sous le nom de *scorpion*, une machine propre à lancer des pierres, mais différant complètement du scorpion primitif. « Au reste, ajoute l'historien, c'est depuis peu qu'on l'appelle aussi *onagre*. » Dans Végèce, l'*onagre* remplit la même fonction. De là, avec le témoignage d'Ammien, une contradiction apparente. Mais, outre que l'autorité de ce dernier, malgré sa réputation d'écrivain consciencieux et de témoin oculaire, en maint endroit, des détails consignés dans son livre, semble avoir moins de poids, au point de vue technologique, que celle du tacticien de profession traitant spécialement, comme le fait Végèce, de l'organisation des armées antiques; on peut admettre encore que le nom de *scorpion*, à une certaine époque, passa de l'arme appelée désormais *manubaliste* à un autre engin, exclusivement consacré au jet des pierres, et qui reçut plus tard, vers la fin du II^e siècle, le nom nouveau d'*onagre*.

17. Ainsi, l'affirmation de Végèce faisant remonter au *scorpion* des anciens l'idée mère de la *manubaliste*, non-seulement n'est point ébranlée par le témoignage d'Ammien Marcellin; mais nous la verrons bientôt fortifiée, au contraire, par des considérations techniques et phi-

logiques, qui ne laissent aucun doute sur l'authenticité de cette origine.

IV.

18. Sur le *scorpion*, type primitif de la *chirobaliste*, les données historiques abondent dans l'antiquité grecque et latine.

Pendant le siège de Syracuse (212 av. J. C.), Archimède fit percer à hauteur d'homme, dans le mur du rempart, des meurtrières larges de quatre doigts (0^m,08 environ), à travers lesquelles des archers, munis de *σκορπίδια*, décimaient l'ennemi²⁰. Évidemment, ces *scorpions* de petit calibre étaient des armes portatives.

19. Plutarque, confirmant Polybe, les appelle *σκορπίοι βραχύτονοι*, *scorpions trapus*. Ils remplissaient, suivant lui, les conditions requises pour frapper fort, mais pour ainsi dire à bout portant²¹.

20. Au rapport de Tite-Live, le matériel de guerre conquis par Scipion Émilien dans le sac de Carthagène (210 av. J. C.) comprenait, outre les *balistes* et les *catapultes*, un nombre considérable de *scorpions*, *grands et petits* (*majorum minorumque*)²².

21. Antiochus IV, fortifiant Bethsura (vers 164 av. J. C.), y installe des batteries (*βελοςιάσεις*) d'engins à lancer du feu et des pierres, ainsi que des *scorpions pour lancer des flèches*, *σκορπίδια εἰς τὸ βάλλεσθαι βέλη*, et enfin des frondes²³.

22. Héron d'Alexandrie (vers 120 av. J. C.), dans ses *Βελοποιικά*, atteste que des machines lançant exclusivement des flèches sont parfois appelées *scorpions*, à cause de certaines analogies de forme²⁴.

23. Suivant Nonius, Sisenna (vers 77 av. J. C.) attribue au *scorpion plus de portée qu'à la catapulte*²⁵.

24. D'après César, le *scorpion* lance exclusivement des traits. C'est une machine d'une grande puissance. Hirtius en parle à peu près comme César²⁶.

25. Vitruve, contemporain d'Auguste, décrit le *scorpion* comme un engin à projectile aigu²⁷. Ailleurs il le compare et l'assimile aux *ἀνισόκυκλοι* : « Organa autem unius operæ prudenti tactu perficiunt

« quod propositum est, uti *scorpionis* seu *anisocyclorum* versationes²⁸. »
 Bien que le terme *anisocyclorum* soit une conjecture de Giocundo²⁹, un des premiers éditeurs de Vitruve, le passage ci-dessus semble se rapporter à l'*organe moteur* du *scorpion*. D'une part, un seul homme suffit à la manœuvre de l'engin; d'autre part, la précision du tir en est le caractère distinctif. C'est donc une arme de petit calibre et supérieure, par ses effets balistiques, au *scorpion* commun, auquel l'auteur le compare, néanmoins sans le confondre avec lui.

Nous discuterons à fond l'intéressant témoignage de Vitruve.

26. Sénèque (i^{er} siècle) atteste que le *scorpion*, ainsi que la *baliste*, lance ses traits avec une sorte de *cliquetis sonore* (*cum sonitu*)³⁰.

27. Tertullien (iii^e siècle) définit le *scorpion* : « Un engin de guerre lançant des dards à *reculons* (*retractu*)³¹. »

28. Viennent ensuite, dans l'ordre chronologique, les témoignages déjà cités de Végèce, d'Ammien Marcellin et de Constantin Porphyrogénète. Ils font connaître l'époque où l'ancien engin appelé *scorpion* prit le nom définitif de *manubaliste* ou χειροβολίστρα, celui de *scorpion* ayant été transféré à un engin qui bientôt s'appela *onagre*. Après ces auteurs, toute trace du *scorpion* ou *manubaliste* disparaît de l'histoire.

29. On sait que l'analogie figurative guidait surtout les anciens dans le choix de la nomenclature technique. En dehors de leurs engins de guerre, on en pourrait citer une infinité d'exemples. Pour s'en tenir aux données résumées plus haut, et qui montrent déjà le *scorpion* et l'*onagre* baptisés d'après des analogies de forme, on observe que l'*arbaleète* (*arcubalista*, τοξοβολίστρα) a pour signe distinctif un *arc*; que la *carrobalista* tire son nom de l'*affût roulant* qui portait la machine, etc. De même, il paraît logique de supposer, *a priori*, que la *manubaliste* (χειροβαλλίστρα ou χειροβολίστρα) avait pour marque caractéristique un système de *mains* concourant, soit à l'*effet balistique* ou simplement à l'*ornementation*.

On trouvera plus loin le résultat de mes recherches à ce point de vue symbolique³².

V.

30. En résumé, d'après les traits généraux que semble lui assigner l'histoire, la *chirobaliste* ou *manubaliste* fut d'abord appelée *scorpion*, et conserva ce nom durant quatre ou cinq siècles.

Une modification dans l'ornementation de l'arme, sinon dans son fonctionnement, motiva probablement le *changement de nom*.

A toutes les époques, l'engin lance *exclusivement des dards*.

La *manubaliste* portait plus loin que la *catapulte*.

Sa détente, accompagnée d'un *cliquetis sonore*, se faisait par une sorte de *ruade*, ou mouvement à reculons de l'organe balistique.

On distinguait, dans les *manubalistes*, le *petit* et le *gros calibre*. Ce dernier, monté *sur roues* comme *pièce de campagne*, ou bien dressé à demeure sur le rempart d'une place assiégée ou sur le front d'attaque des assiégeants, lançait *des traits de forte dimension*. Le *petit calibre*, engin *portatif*, était de même rang que l'*arc*, la *fronde* et les autres *armes de main*. Son corps avait au plus quatre doigts carrés de section.

L'engin lançait de *petits dards*, à *pointe subtile*. On le préférait à l'*arbalète*.

31. La *manubaliste* se bandait par la pression du ventre de l'archer sur la *croisse* de l'arme butée contre terre ou contre le parapet du rempart³³. Sa puissance avait pour limite la force même du tireur.

Son organe balistique consista d'abord dans le système commun à tous les engins primitifs, c'est-à-dire en un *double faisceau de nerfs* ou *fibres tordues*, principe qui paraît avoir persisté, jusqu'à la fin, dans les *scorpions de gros calibre*.

Enfin l'emploi des *ressorts métalliques*, création de Ctésibius au II^e siècle avant l'ère chrétienne, semble avoir bientôt prévalu pour le *petit calibre*, sous la forme de *cadres élastiques d'acier*, dont le traité de la *Χειροβαλλίστρα* décrit la structure complète, sous le nom de *καμβέστρα*, et avec lesquels les *anisocycli* ou *oscilla* de Vitruve présentent une analogie dont il sera plus loin rendu compte.

VI.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

32. Tels étaient les matériaux offerts à Baldi par l'histoire. Le savant philologue en aurait pu tirer quelque conjecture plausible, sinon une hypothèse définitive, sur la nature et le mode d'action de la *χειροβαλλίστρα*. Au lieu de songer à comparer entre eux ces divers témoignages, et de chercher à grouper, par voie de synthèse, les éléments épars de cette création antique, Baldi s'en tint à une opinion singulière, que lui avait suggérée, vingt-sept années auparavant, un passage d'Eutocius, mathématicien grec du VI^e siècle, relatif aux *Καμαρικά* d'Héron d'Alexandrie.

33. Dans son ouvrage sur Archimède, Eutocius cite en effet le commentaire qu'Isidore de Milet, son maître, avait composé sur les *Καμαρικά*³⁴. Cette mention d'un écrit d'Héron, aujourd'hui perdu, a trait, dans Eutocius, aux méthodes de *tracé continu des sections coniques*, et en particulier de la *parabole*. Le rapport intime qui existe entre les *sections coniques* et la *stéréotomie* autorise à penser que les *Καμαρικά* (l'étymologie en fait foi) n'étaient autre chose qu'un *Traité du tracé des voûtes*. J'en ai, le premier, avancé la remarque à une époque où j'ignorais absolument à quel propos Eutocius cite les *Καμαρικά*³⁵.

34. D'un autre côté, dans le texte édité par Baldi sous le titre de *Χειροβαλλίστρα*, il était question de certains organes mystérieux, appelés *καμβέστρια*, *καμάριον*, *κλιμάκιον*, et qui sont tout simplement les *ressorts* de la machine, le *bâti* en forme d'*arcade* qui les renferme et le *cadre* servant de base à ce bâti. Trompé par l'apparence étymologique, le savant abbé de Guastalla avait conclu, dès l'année 1589³⁶, que c'étaient autant de machines spéciales, et parmi elles le *καμάριον*, ayant peut-être fait partie d'un traité d'Héron connu sous le titre de *Καμαρικά*. Son édition des *Βελοποιικά* (Augsbourg, 1616) maintient formellement la même conjecture³⁷.

35. Du reste, sur la difficulté d'interpréter la *Χειροβαλλίστρα*, Baldi formule l'opinion suivante : « Eam ita brevem, inutilam dimi-

1.1
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

« nutamque, ut *omnis spes felicioribus ingeniis quicquam circa eas proficiendi*
 « *prorsus adimatur*³⁸. »

36. Un peu plus loin (*op. cit.* p. 71) : « *Figuris autem probatissimis*
 « *sermonis obscuritatem brevitatemque temperasse æquum est credere,*
 « *quod vel ejus verbis elicitur*³⁹. *Verum enimvero quæ modo manu-*
 « *scriptis in codicibus (neque enim typis causa circumferuntur) extant*
 « *diagrammata, adeo pessima sunt et barbæ, ut ita dicam, delineata, ut*
 « *potius officiant quam opem ullam etiam accuratissime legentibus afferant.*
 « *Quo vitio omnes fere laborant Græcorum libri de Machinis, qui ex*
 « *veteribus exemplaribus exscripti ad hanc nostram ætatem pervenere.*
 « *Porro hujuscemodi camaricarum cambestiarumque qualis forma pre-*
 « *cise fuerit, quisve usus, ex ipso quod extat vestigio conjectari non*
 « *est facile. Quamobrem dolendum nobis valde est ea periisse quæ*
 « *Isidorus confecerat commentaria.* »

37. Enfin, Baldi résume ainsi son appréciation sur la *Χειροβαλλίστρα*. « Quant au reste des courtes annotations (*commentariola*) intitulées *Χειροβαλλίστρας κατασκευή και συμμετρία*, *Structure et dimensions de la chirobaliste*, et à celles relatives aux *cambestia* et aux *camarica*, ce sont plutôt, selon moi, des *ébauches (σχεδιάσματα)* que des *Traitéés véritables (justa volumina)*⁴⁰. »

VII.

38. Un triple problème, enveloppé des plus épaisses ténèbres, et jugé insoluble par un des princes de la science, était donc signalé à l'attention des philologues. Durant plus de deux siècles, l'opinion de Baldi sur la *Χειροβαλλίστρα* règne sans conteste. Seul, Juste-Lipse, dans ses *Dialogues sur la Poliorcétique*, publiés neuf ans après la *Χειροβαλλίστρα*, s'abstient même de citer l'engin attribué par Baldi à Héron d'Alexandrie⁴¹.

39. Saumaise (1657) admet la pluralité des *χειροβαλλίστραι* et il les assimile, en dépit de Végèce, aux *arbalètes*⁴².

40. Lambecius (1675) considère la *chirobaliste*, les *campestria (sic)*

et le *camarion*, comme autant de machines distinctes, faisant l'objet de traités séparés⁴³. On lui doit toutefois la mention première des importantes variantes du manuscrit cx (*nunc* 140) de Vienne, par rapport au texte de Baldi, notamment la longueur *δακτύλους* $\overline{\text{IC}}$ (10 $\frac{1}{2}$ doigts) que ce manuscrit assigne aux *καμβέστρια*, au lieu des *δακτύλους εἴκοσι* (20 doigts) de Baldi et de la plupart des autres manuscrits.

41. Ducange⁴⁴, le Varron français, imprime en 1688 :

- Καμάριον, *machinæ bellicæ species*.
- Καμβέστριον, *machinæ bellicæ genus*.
- Χειροβολίστρα, *machinæ bellicæ seu balistæ species*.
- Χειροβαλλίστρα, *falarica*.

42. Or, suivant Tite-Live⁴⁵, la *falarique* était un javelot garni d'étope enduite de poix, qu'on allumait avant de le lancer.

43. Nessel (1690), dans la sixième partie de son *Catalogue de la Bibliothèque de Vienne*, complétant celui de Lambecius, mentionne plusieurs manuscrits contenant la *Χειροβαλλίστρα*, avec deux autres fragments relatifs aux *campestria* (*sic*) et au *camarium*⁴⁶.

44. Une réédition de la *Χειροβαλλίστρα* paraît, en 1693, dans le recueil des *Mathematici veteres* de Thévenot⁴⁷. Le texte grec, accompagné de figures et d'une traduction latine, est celui du manuscrit de Paris 2435 (*olim* 2175), de même source que ceux du Vatican. A l'exemple de Baldi, Thévenot ajoute en marge quelques variantes fournies par d'autres manuscrits. Toutefois, à l'instar de tous les manuscrits connus, l'édition de 1693 place la *Χειροβαλλίστρα* avant les *Βελοποιϊκά*, et évite avec soin l'interpolation [Τοῦ αὐτοῦ] Ἡρωνος qui avait induit Baldi à donner la *Χειροβαλλίστρα* en appendice aux *Βελοποιϊκά*.

45. Les figures données par Thévenot sont assez claires, bien que parfois les lettres de renvoi au texte y manquent, ou ne se trouvent pas toujours exactement placées. La traduction latine, honnêtement correcte, prouve qu'il n'est pas nécessaire de comprendre un texte pour le transporter en une autre langue. A l'exemple de Lambecius et de Nessel, le traducteur rend *καμβέστρια* par *campestria*, et *καμάριον* par

camarium. De même, il traduit κανόνες par *canones*, κλιμάκιον par *climacium*, διαπήγιον par *diapegium*, etc. Quant à la pureté relative du grec de Thévenot, on en trouvera plus loin l'appréciation, dans l'examen comparatif des manuscrits et des éditions.

46. Avec Baldi et les commentateurs à la suite, Thévenot semble admettre que la χειροβαλλίστρα est un nom générique, servant de titre commun à plusieurs machines distinctes. On en trouve la preuve dans son *Introduction*⁴⁸, où il reproduit l'opinion de Baldi au sujet de l'authenticité de l'opuscule attribué à Héron d'Alexandrie.

En 1693 la question principale subsistait donc tout entière.

VIII.

47. Trois quarts de siècle s'écoulent dans le *statu quo* consacré par l'autorité de Baldi. En 1768 seulement, un savant professeur allemand, Meister, énonce pour la première fois⁴⁹ une conjecture plausible sur le mécanisme de la χειροβαλλίστρα. Mieux que personne, il avait pu se rendre compte des difficultés d'une pareille recherche, car on lui doit la reconstruction, assez exacte d'ailleurs, de la *catapulte polybole*, de Denys d'Alexandrie, décrite par Philon de Byzance, en son livre IV, Βελοποιικῶν, édité par Thévenot dans les *Mathematici veteres*⁵⁰.

48. Voici l'opinion de Meister sur les textes dont fait partie la Χειροβαλλίστρα :

« Literarum ad icones referendarum perpetua occurrit confusio; pars quoque excidit aut sedem mutavit. Icones ipsæ pleræque nullius pretii, nonnullæ oppido ridiculæ et fortuito adjectæ. Literæ demonstrativæ illis adscribendæ in textu ita confusæ et toties repetitæ, ut necias quæ eidem, quæ diversis iconibus respondeant. Accedunt ad hæc reliqua quæ literatos interpretes a machinarum descriptionibus vel deterrere vel in illis explicandis frustra fatigare solent; eo quod architecti magis ingenium quam grammatici eruditionem requirunt⁵¹. »

49. Sur la *χειροβαλλίστρα*, le savant interprète énonce la conjecture suivante :

« *Æneis laminis deinceps ferreæ successisse videntur. Saltim in difficillima illa, corruptissima et Cimмериis tenebris involuta cheiroballistræ descriptione, quam Heroni debemus, siderotonum aliquod organum, chalcotono non absimile, latere videtur. Occurrunt enim in illo ferreæ laminæ quatuor, ut in hoc æneæ, et vocantur καμβέστρια, non a campo quidem, quod interpreti placuit⁵², quasi tota ballistra campestris dicta fuerit, fortasse ut a montanis aut navalibus distingueretur, sed a curvatura sua. Arcus ferreos in veterum balistis vel catapultis non invenio⁵³. »*

50. La machine *chalcotone* (*χαλκότονον ὄργανον*) dont parle ici Meister, est décrite en détail par Philon de Byzance dans les *Mathematici veteres*⁵⁴. C'est le premier spécimen, et on le doit à Ctésibius, de la substitution de ressorts métalliques, en bronze tout d'abord⁵⁵, aux faisceaux des fibres tordues des catapultes. Malgré la clarté du texte de Philon⁵⁶, Meister ne paraît pas avoir saisi le dispositif exact des ressorts *chalcotones*, dans l'explication donnée plus haut. Ailleurs il les compare aux lames reployées ou enroulées, d'acier trempé, qui font jouer le pêne d'une serrure⁵⁷.

51. L'idée d'un système de ressorts métalliques, de forme *cambrée*, agissant *par détente* sur le projectile, soit directement, soit par l'intermédiaire d'organes dont le savant professeur ne dit rien, a donc été pour la première fois formulée, au sujet de la *χειροβαλλίστρα*, par Meister. Mais, ainsi que je l'avais remarqué en 1862, « Meister ne conclut rien sur la manière dont fonctionne le système; et, en admettant qu'il en ait entrevu la force motrice, il n'en a signalé ni le point d'appui, ni le levier⁵⁸. »

52. Il y a plus, Meister semble partager l'opinion de Baldi sur la pluralité des engins de la *χειροβαλλίστρα*. A propos des machines dont le nom dérive de la manière de les armer, il fait la déclaration suivante : « Ita cheiroballistras habemus, quarum nervus nuda manu ducebatur; gastraphetas, qui corporis et ventris imprimis nisu catago-

LA
CHEIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

« gidis ope tendebantur⁵⁹. » A l'appui de cette remarque, Meister décrit plusieurs *gastraphètes*. Or ceux-ci admettaient le petit et le gros calibre, et le *gastraphète* portatif ou *arbalète* fut le seul engin qui s'armât à *bras franc*. La *chirobaliste* ne fut d'abord qu'un petit *gastraphète* à ressorts métalliques, s'armant par la pression du corps sur la crosse de l'engin buté contre terre. Plus tard on la monta sur un affût roulant ou fixe, comme on le voit sur les bas-reliefs de la colonne Trajane. La distinction posée par Meister entre les deux systèmes, *manubaliste* et *gastraphète*, au point de vue de la *mise au bandé*, n'est donc pas fondée. Ils ne diffèrent que par la nature du mécanisme moteur : la *chirobaliste* n'est qu'un *gastraphète* transformé.

53. Le pluriel *cheirollistras* semble impliquer, dans la pensée de Meister, l'idée de plusieurs machines groupées sous un nom commun, en regard du pluriel *gastraphetas*, engins dont on connaît plusieurs types distincts, entre autres les deux *gastraphètes* construits par Zopyre de Tarente, l'un à Milet et l'autre à Cumès, en Italie; ce dernier sous le nom de *γαστραφέτης ὀρινοβάτης*, soit qu'il fût affecté au service de *montagne*, ou qu'il tirât *sous un angle fixe et très-incliné*, à l'instar des mortiers modernes, dont on sait que le jet est *montant*. La description de ces deux engins, dont les dimensions étaient d'ailleurs considérables, est due à Biton, dans ses *Κατασκευαί πολεμικῶν ὀργάνων καὶ καταπαλτικῶν*⁶⁰.

Les *gastraphètes* de Zopyre de Tarente n'étaient que de grosses *arbalètes*, et ils s'armaient au moyen de mouffles actionnées par un treuil. C'est improprement qu'ils sont appelés *gastraphètes*, nom qui pourtant en révèle la haute antiquité.

54. D'un autre côté, Meister paraît croire que le nom de *cheirollistra* dérive de la manière dont s'armait l'engin, *nuda manu*. Récemment M. Vincent l'a attribué à ce que l'arme était *portative*⁶¹. Mais l'*arc*, l'*arbalète*, l'étaient également, et la *manubaliste* s'armait par la *pression du ventre*, ainsi que je l'ai expliqué plus haut. C'est ailleurs qu'il faut chercher les raisons du nom tout spécial donné à cette machine.

55. Plus loin, Meister reprend la question au *pluriel*, avec une

affectation plus marquée : « Scorpiones inde quoque dictos fuisse quod
 « arcus machinæ quodam modo referret illius bestię chelas, Perralti
 « conjectura esse videtur. Non enim memini in veterum scriptis extare.
 « Vegetii *scorpionem* arcu instructum fuisse inde non sequitur, quod
 « *manuballistam* vocaret novella ætas, nam et Græcis *manuballistæ* fue-
 « runt, arcubus non instructæ, et Vegetius ipse *scorpiones* separare vi-
 « detur a sui ævi *arcubalistis*, quas describere ideo superfluum putabat,
 « quod præsens usus eas agnosceret⁶². »

56. L'affectation de Meister est d'autant plus frappante, qu'il cite au *singulier* la mention faite au *pluriel* par Végèce *des scorpions appelés depuis manubalistes*⁶³, et aussi des *arcubalistes*⁶⁴; tandis que, pour les *manubalistes* grecques, dont il a dit, à propos des *καμβέστρια*, qu'elles sont dépourvues d'arc, Meister observe religieusement le *pluriel*, à l'exemple de Baldi, bien que le titre de la *Χειροβαλλίστρα* d'Héron, sous la forme du *singulier*, exclue toute idée de collectivité d'objets rangés sous un nom commun. En grec, la désinence *τρα* désigne toujours un nom d'outil ou d'instrument de précision : *διώστρια*, *διόπτρια*, *βαλλίστρα*, etc.

57. Ainsi Meister entrevoit la nature du mécanisme de la chirobaliste, sans reconnaître que l'opuscule d'Héron en décrit les divers organes. Ceux-ci lui paraissent autant d'engins distincts, groupés sous le titre de : *Χειροβαλλίστρας κατασκευή και συμμετρία*, comme si le texte portait *Χειροβαλλίστρων κατασκ. κτλ.*

L'apport de Meister à la solution du problème est donc sans valeur décisive.

58. En 1795, Harles, rééditant la *Bibliothèque grecque* de Fabricius, mentionne « deux fragments de *Campestribus* et *Camaricis*, engins
 « publiés déjà par Baldi, dans sa *Bélopée*; mais, ajoute-t-il, ces frag-
 « ments présentent dans le manuscrit cx de nombreuses variantes,
 « ainsi que l'a indiqué Lambecius, VII, p. 418. On les trouve égale-
 « ment dans le manuscrit cxiii de Vienne et dans plusieurs autres⁶⁵. »

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

IX.

59. Tout d'abord, le XIX^e siècle garde le silence sur la *χειροβαλλίστρα*.

En 1840, le général (alors colonel du génie suisse) Dufour, dans son *Mémoire sur l'artillerie des anciens et sur celle du moyen âge*⁶⁶, se borne à dire que le scorpion « ne devait être autre chose qu'une forte « arbalète, et qu'en effet Végèce l'appelle aussi *manubaliste*. »

60. Or, d'après Végèce lui-même, non-seulement le scorpion est très-distinct de l'arbalète, mais encore celle-ci l'est complètement de la *manubaliste*⁶⁷. L'assertion du savant officier renferme donc presque autant d'erreurs que de mots.

61. En 1853, deux écrivains allemands, MM. H. Köchly, helléniste, et W. Rüstow, officier suisse, publient une réédition des traités grecs relatifs à l'art militaire; avec traduction allemande en regard, commentaire technique et philologique, et planches nombreuses à l'appui. Les *Βελοποιικά* d'Héron d'Alexandrie, le *Βελοποιικῶν Λόγος Δ'* de Philon de Byzance, y occupent une partie du premier volume. Quant à la *Χειροβαλλίστρα*, voici l'opinion formulée par les savants éditeurs :

62. « Outre la Bélépée, Héron a laissé encore plusieurs écrits ayant trait à la physique et à la mécanique, entre autres l'exposé de la « *Construction de la baliste à main* (*χειροβαλλίστρα, manuballista*), dont le « sens est demeuré jusqu'ici tellement impénétrable, qu'il nous est impossible « d'en communiquer rien au public⁶⁸. »

63. Et, en effet, les savants éditeurs évitent même d'en reproduire le texte, qu'ils pouvaient réimprimer d'après Baldi ou Thévenot, sans autre responsabilité.

Ainsi, il y a vingt ans, le dernier mot de la critique, à l'endroit de l'énigme d'Héron, c'était

D'imiter de Conrart le silence prudent.

64. Toutefois, l'année 1854 voit éclore, sous une forme à la vérité

rajeunie, une nouvelle édition des conjectures de Baldi, dans les *Recherches sur la vie et les ouvrages d'Héron d'Alexandrie*, de M. Th. H. Martin, doyen de la Faculté des lettres de Rennes⁶⁹. Voici, d'après le savant professeur, la place qui convient à la *Χειροβαλλίστρα*, parmi les œuvres du grand disciple de Ctésibius.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

§ 4. *Χειροβαλλίστρας*⁷⁰ κατασκευή και συμμετρία.

65. « Le morceau publié par Baldi sous le titre *Τοῦ αὐτοῦ Ἡρωνος • Χειροβαλλίστρας κατασκευή και συμμετρία*, sans traduction, et par « Thévenot (p. 115-125 des *Math. vet.*) avec traduction latine, sous le « même titre moins les mots *τοῦ αὐτοῦ*, se compose de trois parties; et le « titre commun pourrait bien ne convenir qu'à la première, qui paraît être « un fragment plutôt qu'un opuscule complet, et qui est peu intelligible. »

66. M. H. Martin désigne par première partie les deux premiers paragraphes de la *Χειροβαλλίστρα*, concernant la coulisse, le tiroir et la batterie. Il a raison de n'y voir qu'un fragment, l'opuscule étant complété par les deux autres parties.

§ 5. *Περὶ καμβεσίωνων*.

67. « Il en est de même des deux autres parties du même morceau. « Dans la seconde partie, il est question de la construction des *καμβεσίωνων*. Il est probable que c'est un fragment d'un opuscule *Περὶ καμβεσίωνων*. »

§ 6. *Καμαρικά*.

68. « Dans la troisième partie du même morceau, il est question de la « construction du *καμάριον*. En effet Eutocius atteste (*In Arch. lib. II De sphaera et cylindro*, p. 19 de Hervag) qu'Héron avait écrit sur les « *καμαρικά*, et que cet opuscule avait été commenté par Isidore de « Milet, maître d'Eutocius. Ainsi l'authenticité de cette dernière partie « est appuyée par un témoignage antique, et c'est une forte raison de croire « à l'authenticité des deux autres parties, confirmée expressément par le

« titre du manuscrit que Baldi avait sous les yeux. *L'ensemble paraît être une compilation de trois fragments appartenant à trois opuscules d'Héron et réunis sous un titre qui n'appartenait qu'au premier fragment.* »

69. « Seulement, il est probable que ces trois fragments ont subi de grandes altérations. Suivant la remarque de Baldi (p. 71, *Heronis Alex. vita*) le texte en est si obscur, qu'il est bien difficile d'entrevoir ce qu'étaient les *καμβέσθρια* et le *καμάριον* et quel en était l'usage⁷¹. »

70. Et plus loin : « Nous croyons, ajoute M. T. H. Martin (de Rennes) que Baldi et Lambecius ont eu raison de considérer ces deux fragments comme tout à fait distincts du fragment fort obscur aussi, sur la *χειροβαλλίσθρα*, auquel pourtant ils sont joints dans l'édition de Baldi, ainsi que dans celle de Thévenot et dans les manuscrits, excepté peut-être le manuscrit 110 de Vienne⁷². Mais Baldi les sépare, dans son énumération des œuvres d'Héron (*Heronis Alex. vita*, p. 71 (72) 72 (73)), sous le titre de *Σχεδιάσματα de cambestriis et camaricis*⁷³, et Lambecius a suivi cet exemple. »

71. Ainsi, sous la plume de M. H. Martin (de Rennes), les méprises de Baldi se perpétuent en s'aggravant. Les conjectures du savant du XVI-XVII^e siècle tournent en faits acquis aux yeux du moderne philologue. Les *καμβέσθρια* et le *καμάριον* paraissaient à Baldi plutôt des ébauches (*σχεδιάσματα*) que des traités véritables (*justa volumina*), et il s'était bien gardé de les isoler du corps de la *Χειροβαλλίσθρα*. M. H. Martin n'hésite pas à les transformer en ouvrages spéciaux et distincts, et à les classer séparément, chacun avec son titre grec et son numéro d'ordre, au catalogue des œuvres d'Héron d'Alexandrie!

X.

72. A son tour, M. Vincent, de l'Académie des inscriptions et belles-lettres, eut le courage d'aborder (1861-1866) le problème de la *χειροβαλλίσθρα*. Dès 1854, il avait communiqué à M. H. Martin (de Rennes) la conjecture de Baldi sur les *καμβέσθρια*. Sans aucun doute, il connaissait les tentatives faites jusqu'alors pour en déchiffrer l'énigme

Déjà, en 1860, j'avais reproduit pour le savant érudit les figures de Thévenot, dans le manuscrit de sa traduction (inédite) des *Βελοποιικά*. A cette occasion, je lui avais soumis quelques observations, qui lui parurent mériter confiance⁷⁴. M. Vincent me proposa de m'associer à sa nouvelle recherche (avril 1861).

73. A cette époque, je n'avais pas la moindre idée des travaux antérieurs concernant la *χειροβαλλίστρα*. J'ignorais également l'existence de données historiques susceptibles de fournir, jusqu'à un certain point, comme on l'a vu plus haut, quelques traits à la physionomie de la chirobaliste, d'en suivre la tradition à travers les âges et d'assigner à l'engin, avec une précision déjà suffisante, son rang dans l'artillerie antique. Je n'eus pour guide, en ce travail difficile, que le texte grec avec l'inconsciente traduction latine de Thévenot.

74. A la vérité, dès le début, M. Vincent m'avertit que ses prédécesseurs étaient unanimes à considérer, dans la *Χειροβαλλίστρα*, autant d'engins distincts qu'elle présente de paragraphes. Lui-même néanmoins paraissait répugner à cette opinion. Ses idées personnelles l'entraînaient déjà à voir, dans l'opuscule d'Héron, une machine *aérotone*, c'est-à-dire un engin *unique*, bien que mû par l'air comprimé.

75. Un examen attentif du texte me convainquit promptement de l'unité du système. Mais, sans hésiter, je rejetai l'hypothèse du moteur *aérotone*. A mes yeux, l'exiguïté des *κωνοειδῆ* (M. Vincent lisait *κωρυκωδῆ*) excluait *a priori* toute conjecture de ce genre. Loin d'y trouver un récipient d'air compressible, analogue à celui de l'engin *aérotone* de Ctésibius⁷⁵, je me prononçai exclusivement pour le moteur *sidérotone*, formé d'un mécanisme à ressorts d'acier. Après huit mois de patientes investigations, le 28 novembre 1861, je présentai à M. Vincent un croquis en perspective de la *Chirobaliste*, qu'il s'empressa d'adopter.

76. Il faut convenir que ma solution n'offrait pas encore, dans tous les détails, le degré de précision que je lui ai donné depuis. Avant tout, de telles œuvres sont filles du temps; et celui-ci, a dit M. Duruy, « ne consacre que les œuvres auxquelles il a mis la main. » En somme,

I. A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

I. A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ma solution était déjà l'engin *sidérotone*, dont j'ai publié en 1862 la description d'après Thévenot⁷⁶, et dont je donne aujourd'hui la monographie complète. Les *κωνοειδῆ*, simples leviers balistiques, de structure spéciale, y étaient conjugués entre eux par la corde archère. Ils appuyaient leurs talons dans les gorges des *καμβέσιρια*, ressorts d'acier symétriques, en forme de cadres compressibles dont la détente, entraînant les *κωνοειδῆ*, engendrait la force vive du jet. Les battants pivotaient autour d'axes verticaux, reliés par des armatures avec les cadres des *καμβέσιρια*. Toutefois, comme dans les catapultes ordinaires, j'avais tourné en dedans de la cage les talons des battants, dont les pointes faisaient saillie latéralement au bâti. Le reste de la machine différait peu de ce que j'en publie aujourd'hui.

77. Le lendemain de cette communication, M. Vincent me montra, pour la première fois, des gravures représentant des engins de guerre antiques, d'après les bas-reliefs de la colonne Trajane. On n'y saisit aucune apparence de *bras*. En conséquence, *il me conseilla de chercher à tourner en dedans les pointes des κωνοειδῆ, sauf à placer les pivots par dehors*⁷⁷. J'adoptai avec empressement l'idée de *dissimuler les battants sous la cage*. Mais je maintins le dispositif de mon croquis, où la *cage abritait également les pivots*.

78. L'idée de faire converger vers l'intérieur du bâti les *bras balistiques* de l'engin a une grande importance, au point de vue de la restitution de certaines armes de jet antiques. Il est sûr qu'elle fut suggérée à M. Vincent par les bas-reliefs de la colonne Trajane, mais seulement le jour où je lui présentai ma solution de la *χειροβαλλίστρια*. Ses traductions (inédites) des *Βελοποιικά* et du livre IV de Philon de Byzance, n'en ont jamais offert aucune trace. Toutefois, vers la même époque, M. de Reffye entrevoyait la convergence des battants de l'engin *παλιντονον* dans un passage de Philon de Byzance⁷⁸; et, à l'appui de sa conjecture, il faisait construire un petit modèle, que l'on peut voir au Musée d'artillerie. M. de Reffye m'a donné l'assurance qu'il n'avait rien communiqué de cette solution à M. Vincent, à l'époque où le savant académicien me suggéra la même idée pour la chirobaliste.

79. On trouvera plus loin, dans les *Principes généraux de l'artillerie gréco-romaine*, la démonstration complète de l'orientation des battants vers l'avant, ou de leur convergence vers l'intérieur du bâti, dans les engins *παλίντονα*. Je l'ai dégagée des *Βελοποιικά* d'Héron d'Alexandrie, où nul, jusqu'ici, ne l'avait entrevue. Cette convergence est le caractère distinctif des *Παλίντονα*, par rapport aux *Ευθύτονα*; et je l'ai appuyée de preuves qui m'ont révélé les principes certains de la construction des armes de jet antiques.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XI.

80. M. Vincent avait adopté, avec la variante conseillée par lui-même, ma solution de la *χειροβαλλίστρα*, dont il présenta à l'Empereur, en mars 1862, la traduction et les dessins. Toutefois il poursuivait ses recherches personnelles; et, le 6 juin suivant, il en confiait les résultats à l'Académie des inscriptions, en un pli cacheté, qui fut ouvert le 13 août⁷⁹. Ce travail a servi de base à la solution nouvelle, publiée en 1866 seulement, par le savant académicien⁸⁰, laquelle consiste en une combinaison mixte des types *névrotone* et *sidérotone*.

81. Quant aux raisons qui l'avaient séduit, dès l'origine, en faveur du principe *aérotone*, voici, d'après M. Vincent, à la suite de l'explication qu'il en a donnée⁸¹, les motifs qui les lui firent abandonner :

82. « En conséquence donc, au moins suivant moi, la machine avait
« pour force motrice un *simple mais puissant rudiment de l'écheveau de*
« *nerfs* des anciennes machines *névrotones*, un *simple filet* pour ainsi dire,
« qui, *par son exigüité*, se trouvait *soustrait aux graves inconvénients*
« *signalés par Philon*⁸², *et d'où résulta l'abandon des anciennes machines.*
« Mais en même temps cet élément *névrotone* se trouvait renforcé par
« l'élément *chalcotone*, c'est-à-dire par des *ressorts métalliques*, qui en
« assuraient et en multipliaient la puissance. »

83. L'examen des planches III et IV de l'opuscule de M. Vincent

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

fixera les praticiens sur la valeur de cette théorie. Pour moi, je m'en tiens au conseil de Pindare :

Ἄνευ δὲ Θεοῦ σεσιγαμένον
οὐ σκαιότερον χρῆμ' ἕκαστον⁸⁵.

84. Au surplus, la combinaison *mixte* de M. Vincent n'est pas nouvelle. « Philon, assure M. G. Dufour (*op. cit.*⁸⁴ p. 27), Philon propose « d'employer, pour ajouter à la force du câble, des ressorts d'airain composés de plusieurs lames. » Et, dans sa planche VI, le savant officier reproduit un type étudié en conséquence. A la vérité, il se garde bien de réduire le *faisceau névrotone* au simple mais puissant rudiment proposé par M. Vincent. Les talons de ses battants pressent contre des ressorts de bronze arc-boutés, et traversent comme à l'ordinaire les faisceaux de fibres tordues; mais une pareille solution est complètement inadmissible. MM. Köchly et Rüstow, dans le dessin annexé à leur traduction de Philon, ont supprimé avec raison tout l'appareil *névrotone*⁸⁵.

85. Le mérite du travail de M. Vincent se limite, en définitive, à l'heureuse adoption de plusieurs variantes des manuscrits de Vienne, signalées déjà par Lambecius, et d'une ou deux dimensions également publiées par Baldi. On lui doit la leçon *κλείσεως*, au lieu de *κλίσεως* donné par tous les manuscrits. Ses autres corrections sont, pour la plupart, des emprunts faits à ma première édition; emprunts que M. Wescher, dans sa *Poliorcétique*⁸⁶, semble considérer comme la propriété de M. Vincent. Dans la statistique des corrections dues aux divers éditeurs, on en trouvera plus loin le relevé.

86. La *Poliorcétique des Grecs*, de M. C. Wescher, fournit la cinquième édition grecque de la *Χειροβαλλίστρα*. Des seize manuscrits aujourd'hui connus, le savant éditeur n'en a utilisé que six. Des éditions antérieures, il ne cite que celles de Thévenot et de M. Vincent. L'édition *princeps* de Baldi, qui présente 186 leçons exactes, sur les 322 passages des manuscrits sujets à correction ou à variante, n'est pas même rappelée par M. Wescher. Quant au véritable interprète de l'énigme vingt fois séculaire de la *Χειροβαλλίστρα*, le savant paléo-

graphe lui décerne le même honneur qu'à Baldi. Il ne pouvait l'éconduire en meilleure compagnie.

87. Par contre, je suis heureux d'exprimer de nouveau toute ma reconnaissance à M. Miller, de l'Académie des inscriptions et belles-lettres, pour la mention, aussi bienveillante que spontanée, qu'il a jugé opportun de faire de mon édition primitive, dans son compte rendu de la *Poliorcétique des Grecs*, au *Journal des Savants*⁸⁷. Je dois également consigner ici le souvenir de la haute approbation dont l'Empereur daigna honorer, dès avril 1863, mon premier modèle de la chirobaliste. Le déchiffrement de la *Χειροβαλλιστρα* comptera, j'en ai l'espoir, parmi les plus intéressantes trouvailles de ce siècle. Il est donc juste de rappeler ici les témoignages favorables qui l'accueillirent dès l'origine. En revendiquant celui de l'Empereur, je rends simplement à César ce qui est à César.

Enfin je dois à mon savant et vénéré maître, M. Egger, mes plus sincères remerciements pour la bonté toute paternelle avec laquelle il soutint mes efforts, lorsque j'eus à faire valoir mes premiers droits à la restitution de la chirobaliste, et pour les encouragements qu'il n'a cessé de me prodiguer dans la suite.

XII.

88. Les perfectionnements que j'ai apportés à ma solution de 1862 m'ont été suggérés par l'étude du texte de la *Poliorcétique* de M. Wescher, et surtout des manuscrits secondaires de Paris. Des erreurs numériques, commises par Thévenot, m'avaient laissé certains doutes. M. Wescher ne les a pas toutes rectifiées. Son texte conserve encore cinq dimensions fautives⁸⁸. M. Vincent en avait corrigé une d'après Baldi, mais sans justifier la correction et sans citer Baldi, s'appuyant, paraît-il, sur trois des manuscrits secondaires de Paris. Deux autres cotes fausses ont été conservées par M. Vincent, sur la foi des mêmes manuscrits. Je les ai également corrigées, avec commentaire technique et philologique à l'appui.

89. La restitution du texte de la *Χειροβαλλίστρα* m'a fourni l'occasion d'établir une *statistique* exacte des corrections diverses exigées par les *seize* manuscrits connus et par les *cinq* éditions déjà publiées. C'était le seul moyen de m'en former une idée comparative. J'en crois l'application nouvelle. En pareille matière, un éditeur donne souvent, sans bien savoir pourquoi⁸⁹, la préférence à tel ou tel texte, manuscrit ou imprimé, et il lui arrive encore d'attribuer à telle édition des corrections heureuses, dues à une édition précédente. Pour la *Χειροβαλλίστρα*, par exemple, M. Wescher ne dit mot ni de l'édition *princeps* de Baldi, ni de la mienne publiée en 1862; et il fait honneur à M. Vincent de restitutions dues à ses prédécesseurs, mais dont le savant académicien, captivé par les manuscrits seuls, ignorait peut-être l'existence.

90. J'avais à éviter ce regrettable écueil. Empruntant à M. Wescher la forme simple et concise de son commentaire paléographique, j'ai refait complètement l'histoire de chaque mot. Toutes les leçons des manuscrits s'y trouvent reproduites, ainsi que les conjectures plus ou moins plausibles des divers éditeurs. De la sorte, la part de chacun dans la restauration du précieux opuscule est nettement déterminée. C'est ce commentaire qui accompagne ma réédition du texte d'Héron, dans la troisième partie du présent ouvrage.

Ce travail achevé, il était aisé de faire la classification statistique des diverses erreurs ou corrections constatées dans les manuscrits et éditions. J'ai dressé ce compte rendu avec une rigueur mathématique. Le détail en tiendrait ici trop de place. Mais, pour se faire une idée exacte de l'état de conservation du texte, il suffira d'en connaître les résultats généraux.

91. Dans la présente édition, le texte de la *Χειροβαλλίστρα* comprend (sans le titre) 1002 mots.

Savoir :

1° Texte descriptif	834	} 1002 mots.
2° Quantités numériques	64	
3° Notations de renvoi aux figures	104	

Il compte donc :

Une quantité numérale ou cote par seize mots;

Une notation graphique par dix mots.

Le tableau suivant résume la statistique des seize manuscrits connus⁹⁰.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

MANUSCRITS.	IN-DICES.	INCORRECTIONS.								mots des lacunes.	LEÇONS.		INCORRECTIONS.	
		Grammaticales.	Notations graph.	Cotes.	Lacunes.	Interpolations.	Substitutions.	Suppressions.	Totaux.		Éditées.	Inédites.	Éditées.	Inédites.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1° PRINCIPAUX.														
1. Mynas, Paris 607 (suppl.)	M	49	19	7	7	3	4	1	90	7	227	5	86	4
2. Vienne 120, olim 113..	F	44	26	5	10	3	4	1	98	112	188	"	93	"
3. Médicis, Paris 2442...	P	45	31	8	10	2	3	1	100	20	219	"	98	2
4, 5, 6. Vatican, 1164, 219, 220.....	V V ₁ V ₂	49	30	8	9	1	2	1	100	19	221	"	99	1
2° SECONDAIRES.														
7. Vienne 140, olim 110..	F ₁	45	17	8	12	5	3	1	91	27	66	160	36	55
8. Paris, 2435.....	P ₁	52	26	9	7	2	3	1	102	17	5	214	6	96
9. Id. 2436.....	P ₂	48	27	10	9	1	4	1	100	19	4	217	9	91
10. Id. 2437.....	P ₃	54	30	9	9	3	6	1	112	19	5	204	8	104
11. Id. 2438.....	P ₄	55	39	10	11	2	7	1	125	21	8	188	9	116
12. Id. 2439.....	P ₅	51	34	9	13	3	7	1	118	44	8	191	7	111
13. Id. 2445.....	P ₆	44	32	9	8	1	2	1	97	16	5	219	4	93
14. Id. 2521.....	P ₇	44	30	8	8	1	3	2	97	28	7	217	7	90
15. Id. 26 (suppl.)....	P ₈	44	30	9	14	3	4	1	105	24	5	211	9	96
16. Id. 244 (suppl.)...	P ₉	46	36	8	13	3	6	1	118	23	5	204	7	106
MOYENNES.....		42	26	7.3	9.00	2	4	1		24				
ENSEMBLE.....											973	2030	478	965
TOTAL.....										1443	8008		1443	

92. Le nombre total des incorrections rencontrées dans les seize manuscrits est donc de 1443, soit en moyenne 90 incorrections par manuscrit, ou environ *un onzième* de la totalité du texte.

93. Les plus corrects, dans leur ensemble, sont les manuscrits de Mynas et 140 (*olim* 110) de Vienne: Le plus incorrect est le manuscrit 2438 de Paris.

94. Parmi les incorrections figurent les lacunes. Tous les manus-

crits en contiennent d'importantes. Heureusement ces lacunes se combinent par le rapprochement des divers textes. On ne doit regretter, en définitive, que l'absence d'*un seul mot* (Πιτλάριον, au § 2) omis par tous les manuscrits. La virtualité du sens a permis de le restituer d'une manière certaine.

95. Les incorrections des manuscrits se décomposent ainsi qu'il suit :

a. Incorrections grammaticales. En moyenne, 42 par manuscrit. Les plus corrects, à ce point de vue, sont les manuscrits 120 (*olim* 113) de Vienne, 2445, 2521 et 26 (*suppl.*) de Paris. Viennent ensuite les manuscrits de Médicis (Paris, 2442) et 140 (*olim* 110) de Vienne. Le plus fautif est le manuscrit 2438 de Paris.

b. Notations graphiques, ou lettres de renvoi aux figures. En moyenne, 26 notations altérées par manuscrit, soit $\frac{1}{4}$ de la totalité de ces notations. Les manuscrits de Mynas et 140 de Vienne sont les plus exacts sous ce rapport. Vient ensuite 120 de Vienne. Le plus fautif est 2438 de Paris.

c. Cotes ou quantités numériques. La moyenne par manuscrit est de 7. 3 cotes d'exécutions inexactes, sur 64; soit 1 sur 9. Le manuscrit de Mynas est un des plus corrects sous ce rapport. Toutefois il vient après 120 de Vienne, qui, à dire vrai, compte 112 mots de lacunes, tandis que le manuscrit de Mynas n'en compte que 7. Viennent ensuite les manuscrits de Médicis et du Vatican, les manuscrits 140 de Vienne et 2445, 244 (*suppl.*) de Paris.

d. Lacunes. Le nombre moyen des lacunes est de 9 par manuscrit, correspondant à 24 mots absents. Le manuscrit de Mynas ne compte que 7 lacunes et 7 mots absents. Le manuscrit 120 de Vienne est le plus mutilé : 112 mots absents (*un neuvième* du texte total) en 10 lacunes. Le manuscrit le plus complet, après celui de Mynas, est le 2435 de Paris (17 mots absents). Viennent ensuite 2445 et 2521 de Paris. Enfin, le manuscrit 2439 de Paris, le plus mutilé après le 120 de

Vienne, ne compte que 44 mots absents et 13 lacunes. Le manuscrit 26 (*suppl.*) de Paris compte 14 lacunes, nombre *maximum* constaté entre les divers manuscrits.

e. Interpolations. Elles sont très-peu nombreuses. Le maximum est 5, dans le manuscrit 140 de Vienne. Ce sont des mots introduits par les copistes, en vue de donner plus de liaison aux diverses parties du texte. On ne compte en moyenne que 2 interpolations par manuscrit.

f. Substitutions. Résultat de distractions de la part des copistes. Les manuscrits 2438 et 2439 de Paris en comptent 7, nombre maximum. Le minimum 2 se trouve dans les manuscrits du Vatican et dans le 2445 de Paris. La moyenne est de 4 par manuscrit.

g. Suppressions. Il n'y en a qu'une, celle du mot *Πιστάριον*, signalée plus haut. Dès ma première édition (1862), j'ai rétabli par conjecture ce mot, absent de tous les manuscrits (fin du § 2).

96. En résumé, le jugement que je portais, à cette époque⁹¹, sur l'état d'intégrité du texte de la *Χειροβαλλίστρα*, en m'appuyant sur la seule édition de Thévenot, subsiste dans toute sa plénitude :

« La virtualité du sens technique, retrouvé dans toutes les parties,
 « l'ordre alphabétique des lettres descriptives régulièrement observé
 « par l'auteur, enfin la discussion des quantités numériques incertaines,
 « à l'aide des cotes reconnues exactes, ont rendu facile ce travail de
 « restitution littéraire, occasionné par les injures toutes superficielles
 « du temps. . . .

« Le *Traité de la chirobaliste* nous est ainsi parvenu, à travers
 « vingt siècles, sans autres altérations que des négligences imputables
 « aux copistes. Non-seulement sa forme didactique, toujours simple et
 « précise, est demeurée intacte, mais encore il offre le répertoire au-
 « thentique des nombreuses pièces du mécanisme, avec une telle exac-
 « titude, que toutes les dimensions s'y vérifient l'une par l'autre, et

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

« qu'on en peut déduire, par le calcul, des aperçus synthétiques de
« premier ordre, dont on trouvera plus loin des exemples. . . »

97. A côté des *incorrections* ci-dessus énumérées, les manuscrits originaux contiennent évidemment la plupart des mots ou *leçons définitives* du texte. Quelle est la part des manuscrits et des éditeurs, dans cette œuvre de restauration de la *Χειροβαλλίστρα*? Le tableau donné plus haut fournit également une réponse précise à cette question importante.

98. D'abord, les leçons exactes, relevées dans les manuscrits, s'y classent en 973 déjà éditées, et 2030 inédites, ensemble 3003; soit, en moyenne, 187 par manuscrit, dont 61 éditées et 126 inédites. De sorte que, jusqu'à présent, les éditions passaient sous silence 2 leçons sur 3 fournies par les manuscrits.

99. Par les colonnes 12 et 13 on voit cependant que la totalité des leçons des manuscrits principaux (sauf 5 leçons du manuscrit de Mynas) a déjà été publiée. Ce sont les manuscrits dits secondaires, qui fournissent la masse complémentaire. Le plus riche en ce genre est le 2445 de Paris. La moyenne des leçons inédites des manuscrits secondaires est de 125, soit de 9 sur 10 environ.

100. Quant aux 1443 *incorrections*, jusqu'ici les éditeurs n'en avaient signalé que 478, soit 1 sur 3. A l'exception de 7 *incorrections*, négligées dans les manuscrits de Mynas, de Médicis et du Vatican, toutes celles des manuscrits principaux étaient déjà connues. La masse des *incorrections* inédites provient, comme celle des leçons non publiées, de la série secondaire, dont 102 *incorrections* seulement sur 958, ont été signalées par les éditeurs. Nous avons réparé également cet oubli regrettable.

101. Les colonnes 14 et 15 du Tableau statistique donné plus haut montrent que les manuscrits de Paris les moins chargés d'*incorrections* inédites sont les 2521, 2436, 2445, 2435 et 26 (*suppl.*). Les plus altérés sont 2438 et 2439.

102. En résumé, des *leçons* et *incorrections* de la *Χειροβαλλίστρα*, les éditions précédentes n'avaient encore signalé en moyenne qu'une

sur *trois*⁹²; mais cette proportion ne correspond qu'aux manuscrits secondaires, la série principale ayant été complètement éditée avant ce jour, à 5 leçons près sur 855, et à 7 incorrections près sur 376.

LA
CHIRONALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XIII.

103. Après avoir constaté l'état du texte original dans les manuscrits, rendons à chaque éditeur de la *Χειροβαλλίστρα* la part de mérite due à son initiative, dans l'œuvre de la restitution du texte.

Antérieurement au présent travail, on compte cinq éditions de l'opuscule d'Héron, savoir :

- 1° Édition Baldi (Augsbourg, 1616, petit in-4°, *princeps*);
- 2° *Id.* Thévenot (*Math. vet.* Paris, 1693, grand in-fol.);
- 3° *Id.* V. Prou (Paris, 1862, grand in-8°);
- 4° *Id.* A. J. H. Vincent (Paris, 1866, petit in-8°);
- 5° *Id.* C. Wescher (*Poliorcét. des Grecs*, Paris, *Imp. imp.* 1867, in-4°).

104. Baldi indique à peine deux ou trois variantes, à la marge de son texte de la *Χειροβαλλίστρα*, fourni par les manuscrits du Vatican.

105. Thévenot imprime textuellement le manuscrit 2435 de Paris, et donne à la marge 13 variantes de *seconde main*, inscrites à la marge du même manuscrit.

106. Dans ma première édition (1862), je reproduis les variantes de Thévenot, en y ajoutant quelques remarques philologiques, qui portent à 36 le nombre de mes annotations sur le texte.

107. M. Vincent signale 68 variantes, tirées de Thévenot, des manuscrits de Mynas et de Médicis, ainsi que du manuscrit 140 (*olim* 110) de Vienne, dont il reproduit *in extenso* (*op. cit.* p. 24 à 26) les incorrections, enfin de la série secondaire de Paris. Il passe sous silence les leçons de Baldi.

108. M. Wescher annote 111 passages de la *Χειροβαλλίστρα*, d'après les quatre manuscrits dits *principaux*, et d'après Thévenot et

M. Vincent. Il ne mentionne nulle part mon édition de 1862, traduction *princeps* de l'opuscule d'Héron; enfin il attribue à M. Vincent un certain nombre de leçons dues à Baldi ou à mon édition première.

109. Il résulte du commentaire paléographique annexé au présent travail, que le nombre des passages annotés, au point de vue paléographique et philologique, s'élève à 297.

110. Mais quelques-uns de ces passages motivant des observations de nature diverse, l'ensemble des annotations s'élève à 322.

Il y a donc en moyenne, parmi les 1002 mots du texte, un mot sur trois environ annoté, c'est-à-dire présentant des variantes, correctes ou non, dans les manuscrits ou dans les éditions antérieures.

111. Si l'on se reporte au tableau statistique des manuscrits, on voit que l'œuvre des cinq précédents éditeurs comprend :

Variantes	{	Leçons éditées d'après les manuscrits.....	973
		Incorrections éditées d'après les manuscrits....	478
Ensemble.....			1451

Ces 1451 variantes correspondent aux 322 passages signalés ci-dessus comme annotés par les divers éditeurs⁹³.

112. Dans le texte grec de la présente édition, le commentaire paléographique résume, pour chaque mot annoté, l'historique de sa restitution définitive par son véritable éditeur.

Voici, par ordre de date, le nombre des leçons exactes dues aux éditions successives :

Baldi.....	186
Thévenot.....	61
V. Prou (1 ^{re} édition).....	16
Vincent.....	28
C. Wescher.....	21
V. Prou (présente édition).....	10
Ensemble.....	322

113. BALDI (1616). Sur les 322 passages en litige, l'éditeur prin-

ceps de la *Χειροβαλλιστρα* a donc donné le premier 186 leçons exactes, soit 6 sur 10 environ. La part de ses successeurs est beaucoup moindre. Baldi a emprunté son texte à un manuscrit de la recension byzantine; mais, par suite sans doute d'erreurs typographiques, son édition se trouve moins pure qu'aucun des manuscrits de la série vaticane. On y relève 128 incorrections⁹⁴, tandis que les manuscrits de Médicis et du Vatican n'en comptent que 100. Le moins correct des manuscrits secondaires présente 125 incorrections. Baldi compte, en outre, 14 lacunes, ensemble 51 mots absents. Le plus mutilé des manuscrits secondaires, le 2439 de Paris, ne compte que 13 lacunes, soit 44 mots absents.

Les 128 incorrections de Baldi comprennent : 55 fautes grammaticales, 39 incorrections graphiques, 12 cotes inexactes, 14 lacunes (51 mots), 1 interpolation abusive, 6 substitutions abusives et 1 mot supprimé sans motif.

Quoi qu'il en soit, le savant abbé de Guastalla ne méritait point d'être oublié par M. Wescher⁹⁵.

Aux 128 incorrections échappées à Baldi, si l'on ajoute 2 lacunes (§ 4 de son édition) correspondant à 8 passages annotés dans notre commentaire, il se trouve à répartir entre les éditeurs subséquents 136 passages, ainsi que je l'ai établi précédemment.

114. THÉVENOT (1693). Des 136 incorrections échappées à Baldi, les *Math. veteres* de Thévenot redressent près de moitié.

Les 61 corrections dues à Thévenot se répartissent de la manière suivante :

27 fautes grammaticales, 12 incorrections graphiques, 5 quantités numérales, 10 lacunes, 6 mots maintenus avec raison, 1 suppression plausible⁹⁶.

115. V. PROU (1^{re} édit. 1862). Les 16 corrections plausibles de ma première édition se répartissent de la manière suivante : 7 leçons grammaticales, 8 notations graphiques, 1 interpolation plausible⁹⁷.

Il revient donc à ma première édition : 1 correction grammaticale sur 119 mots, 1 correction sur 13 notations graphiques.

116. A. J. H. VINCENT (1866). Les 28 corrections dues à M. Vincent se répartissent de la manière suivante : 9 corrections grammaticales, 14 notations graphiques, 2 quantités numérales, 2 lacunes, 1 mot maintenu avec raison⁹⁸.

Les efforts du savant académicien ont principalement porté, comme on le voit, sur les notations graphiques. Baldi en avait déjà restitué 24. M. Vincent n'en a laissé que 5 incertaines, dont 2 ont été rétablies par M. Wescher et les 3 autres sont définitivement fixées dans la présente édition.

M. Vincent a laissé encore 6 quantités numérales inexactes.

Parmi ses corrections les plus heureuses, on doit citer *κλείσεως* (§ 2, 2) au lieu de *κλίσεως*, donné par tous les manuscrits et éditeurs précédents.

M. Vincent a emprunté à ma première édition, sans indiquer d'autre source que les manuscrits, un certain nombre de corrections résultant de mes seules conjectures. Sur les 16 leçons dont la priorité revient à mon édition de 1862, M. Vincent en a adopté 14, dont 7 corrections grammaticales et 7 notations graphiques⁹⁹. Du reste, il a adopté également des *erreurs involontaires* échappées à mon premier essai¹⁰⁰. Enfin M. Wescher lui attribue de son côté des corrections dues à Baldi¹⁰¹.

117. C. WESCHER (*Poliorcét.* 1867). On doit à M. C. Wescher 21 corrections définitives dans la restitution du texte de la *Χειροβαλλίστρα*, savoir : 13 corrections grammaticales; 2 notations graphiques, 2 quantités numérales; 3 lacunes évitées; 1 suppression plausible¹⁰².

Des 322 passages en litige, M. Wescher n'a donc fixé que 1 leçon sur 15, soit 1 mot sur 48.

Parmi les 104 notations graphiques, il n'en a rectifié que 1 sur 52. Enfin il n'a rétabli que 1 quantité numérale sur 64.

118. V. PROU (2^e édit. *actuelle*). Aux 16 leçons rétablies dans mon édition de 1862, j'ajoute aujourd'hui 9 corrections nouvelles. J'aurai donc restitué en définitive 25 passages de la *Χειροβαλλίστρα*, soit 1 sur 13, ou 1 leçon par 40 mots du texte. Le nombre de mes correc-

tions, inférieur de 3 à celles de M. Vincent, excède de 4 celui des leçons dues à M. Wescher.

Mes corrections actuelles se répartissent de la manière suivante : 3 leçons grammaticales, 3 notations graphiques, 3 quantités numériques¹⁰³.

XIV.

119. En résumé, le texte de Thévenot, qui a servi de base à mon édition première, ne contenait que 74 incorrections, dont j'ai rétabli d'abord 16 leçons exactes. Voici le tableau récapitulatif des inexac- titudes de Thévenot, corrigées par ses successeurs :

	THÉVENOT 1693.	V. PROU 1862.	VINCENT 1866.	WESCHER 1867.	V. PROU (actuel).
a. Incorrections grammaticales...	32	7	9	13	3
b. Notations graphiques.....	27	8	14	2	3
c. Quantités numériques.....	7	"	2	2	3
d. Lacunes.....	5	"	2	3	"
e. Interpolations.....	1	"	"	1	"
f. Substitutions.....	"	"	"	"	"
g. Suppressions.....	2	1	1	"	"
ENSEMBLE.....	74	16	28	21	9

La plupart des incorrections de Thévenot étaient donc purement grammaticales, et, par suite, aisées à faire disparaître. Environ $\frac{1}{4}$ des notations graphiques laissent à désirer : sur 104, Thévenot n'en a donné que 77 définitives. Parmi les cotes d'exécution, 1 sur 8 seulement est fautive dans l'édition de 1693. Enfin Thévenot ne compte que 5 lacunes, comprenant ensemble 18 mots. Ajoutant à cela 1 interpolation et 2 suppressions abusives, je pourrai maintenir les conclusions du jugement porté sur la *Χειροβαλλίστρα* dans ma première édition¹⁰⁴ :

120. « Cet état de conservation presque absolue du texte original « tient à une cause simple : nul, jusqu'ici, n'avait entrevu la vérité sur

« la chirobaliste. A demi-comprise, la pensée d'Héron d'Alexandrie eût
« été travaillée sur le lit de Procuste des commentateurs. A ce point de
« vue, l'illusion de ceux qui ont cru distinguer, dans cet ouvrage,
« l'exposé de plusieurs machines, a moins entravé la découverte de la
« véritable que l'hypothèse préconçue et appuyée sur une modification
« imprudente du texte, qui a fait récemment attribuer l'air comprimé
« pour moteur à la chirobaliste. »

« Dans la *Bélopée*, la manière de l'auteur est toute magistrale. Un
« exorde philosophique sur le *Si vis pacem para bellum* y préludé avec
« art à une savante classification des armes de guerre, d'où la mé-
« thode des aperçus généraux, la marche progressive des inventions
« décrites, enfin l'intérêt soutenu du sujet excluent les détails de
« construction courante, pour ne donner place qu'à de hautes et lumi-
« neuses considérations d'ensemble.

« Ici, au contraire, la multiplicité des données pratiques entrave la
« synthèse. Les *cotes d'exécution*, fil d'Ariane sous les doigts patients
« du mécanicien, mêlent des nœuds inextricables entre les mains du
« philologue. Une profonde érudition n'était donc pas indispensable
« pour retrouver une machine vivante dans cet *aide-mémoire* écrit,
« selon toute apparence, à l'usage des armuriers grecs. Et, si l'exemple
« de Vitruve, dans sa description des armes de guerre¹⁰⁵, autorise à
« penser que ces constructeurs dissimulaient à dessein les procédés les
« plus délicats de leur art, on peut conclure, avec Meister, qu'il fallait
« mettre en œuvre des notions pratiques toutes spéciales pour réussir,
« avec l'aide des données de l'auteur, à réintégrer partout l'idée dans
« la forme, à ressusciter enfin la chirobaliste.

« L'opuscule d'Héron, sobre, concis, complet, brille par les qualités
« en faveur dans les *Mémoires* des ingénieurs modernes. Le soin extrême
« apporté à l'exactitude des détails décèlerait plutôt la plume de l'in-
« venteur, qu'un recueil de notes prises *de visu* sur une machine déjà
« construite. Dans tous les cas, ce traité technique, où partout le des-
« sin complète les idées du texte, est certainement le fruit d'une étude
« réfléchie, qui, sans omettre rien d'essentiel, n'a jamais de redite. »

121. La restitution complète de la *χειροβαλλίστρα*, dans ses proportions techniques et dans sa forme artistique, me permet aujourd'hui de confirmer le jugement littéraire qui précède, en lui donnant d'ailleurs, sur la question d'authenticité de l'œuvre, une précision plus rigoureuse.

La chirobaliste est-elle une invention d'Héron d'Alexandrie ?

Sa description appartient-elle au grand disciple de Ctésibius ?

Tel est le double problème qu'il me reste à résoudre.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XV.

122. Dans la *deuxième partie* du présent travail, consacrée ci-après à l'étude générale de l'artillerie grecque, au temps d'Héron d'Alexandrie et de Philon de Byzance, successeurs immédiats de Ctésibius, j'ai retracé l'histoire de la transformation du système balistique primitif ou *νευρότονον*¹⁰⁶, à torsion de faisceaux de *fibres élastiques*, en système *χαλκότονον*, c'est-à-dire armé de *ressorts de bronze*, d'après les idées de Ctésibius, et dont la chirobaliste, avec ses ressorts d'acier, ne fut évidemment qu'une modification presque contemporaine. Sous une forme plus dégagée, plus artistique, la *χειροβαλλίστρα* observe, en effet, de trop près les règles alors en faveur dans la construction des engins d'artillerie, pour qu'il soit permis de douter qu'elle date de cette époque. La *coulisse*, le *tiroir*, la *crose*, la *cage* ou *bâti* abritant l'organe moteur, en un mot toute la charpente de l'arme, et jusqu'à la *batterie* et aux *bras* balistiques, orientés à l'instar de ceux du *παλιότονον όργανον* de la *Bélopée*, attestent le fait avec évidence. Les machines reproduites un siècle et demi plus tard sur la colonne Trajane, et qui sont du genre *manubaliste*, présentent des formes notablement modifiées. Enfin, en comparant les *καμβέστρια* de la chirobaliste avec les *oscilla* ou *anisocycles* de Vitruve¹⁰⁷, j'ai démontré qu'à Rome, sous César-Auguste, moins d'un demi-siècle après Héron d'Alexandrie, le scorpion portatif à ressorts métalliques était déjà renommé pour la justesse et la vigueur de son tir.

La chirobaliste est donc contemporaine de l'élève de Ctésibius.

123. Maintenant si l'on considère :

1° Que cet engin fut un simple perfectionnement du système *χαλκότονον*, création de Ctésibius, récemment améliorée par Philon de Byzance;

2° Que ce perfectionnement repose sur l'application, non plus à la *catapulte* (*ἐνθύτονον*), mais à la *baliste* (*παλίνονον*), de ressorts de *fer battu* ou d'*acier*, substitué au *bronze* essayé par les précédents inventeurs;

3° Que, par cette substitution, il devenait aisé, pour un ingénieur aussi habile que l'était Héron d'Alexandrie (témoin l'immense savoir, théorique et pratique, révélé par ses œuvres), de modifier la structure de l'arme, d'en perfectionner le détail, de manière à respecter la tradition dans l'ensemble de l'épure, en lui imprimant le cachet de suprême bon goût inhérent à l'art grec;

4° Qu'en admettant qu'il ait fait étudier par un sculpteur de génie, initié déjà aux travaux d'ornementation de ses curieux *automates*, le charmant décor des deux mains symboliques de la *chirobaliste*, il ne répugne nullement d'attribuer à Héron d'Alexandrie la conception première de ce décor aussi bien que du mécanisme, progrès nouveau sur le *χαλκότονον* de Philon de Byzance, son contemporain;

5° Que, malgré l'insuffisance du titre de l'opuscule qui attribue la *Χειροβαλλίστρα* à Héron, on ne saurait affirmer que la tradition lui refuse absolument cet honneur, puisque le manuscrit 140 (*olim* 110) de Vienne, copie du manuscrit de Mynas, mentionne expressément *Ἡρωνος Ἀλεξανδρέως Χειροβ. κτλ.*¹⁰⁸.

6° Que même le mot *Ἡρωνος* tout court, donné par tous les autres manuscrits, pourrait attester la haute antiquité de ce texte, en le faisant remonter à l'époque où l'on ne connaissait encore qu'un savant du nom d'Héron, appelé aussi *Ἡρων Κτησιβίου*, peut-être parce qu'il était plutôt le *fil*s que le disciple de Ctésibius. Évidemment, le terme

Ἡρων Ἀλεξανδρεὺς date de l'époque où surgit, par exemple, Ἡρων Βυζάντιος, Héron de Byzance.

Par ces divers motifs, je propose d'interpréter le titre Ἡρωνος χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία, comme indiquant, sous le nom de *chirobaliste d'Héron*, une machine inventée par Héron d'Alexandrie.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XVI.

124. Le texte de la *Χειροβαλλίστρα* est-il aussi du savant élève de Ctésibius?

De prime abord, l'opuscule semble appartenir à une plume étrangère. L'auteur n'a qu'un souci : relever exactement, complètement, au point de vue exclusif de la construction, toutes les dimensions d'un modèle évidemment placé sous ses yeux. M. Vincent remarque¹⁰⁹, dans ce texte, l'absence complète de toute indication relative au fonctionnement de l'arme. Le titre seul laisse entrevoir une arme de jet. Pour l'auteur de l'opuscule, sa destination était suffisamment connue. Son texte n'est qu'un détail très-méthodique d'*aide-mémoire*. Les diverses pièces y sont enregistrées de proche en proche, dans l'ordre où il les observait sur place. On peut même affirmer que les *ressorts* (*καμβέστρια*) et les *battants* (*κωνοειδῆ*) se trouvaient démontés, ou du moins séparés du corps de l'arme, pour en faciliter l'exacte description. Leurs formes singulières, ainsi que la structure de la *cage* (*καμάριον*) et de l'*échelette* (*κλιμάκιον*), paraissent avoir engagé l'auteur à s'informer des noms de ces curieux organes, qu'il semblerait connaître pour la première fois. La manière dont il les signale, τὰ καλούμενα Καμβέστρια, τὸ καλούμενον Καμάριον, τὸ καλούμενον Κλιμάκιον, indiquerait au moins que la machine, nouvelle peut-être pour l'auteur de l'opuscule, était déjà vulgaire¹¹⁰.

125. A ces indices, en apparence négatifs, s'ajoutent d'autres sérieux motifs de doute. Si la *Χειροβαλλίστρα* était de la même plume que les *Βελοποιικά*, les pièces principales du corps de l'engin, *coulisse*, *crosse*, *tiroir*, porteraient, dans le texte qui nous occupe, les noms tech-

niques *σύριγξ, καταγωγίς, διώσισρα*, que leur assigne la Bélopee, dans la description du *γασίραφότης*, auquel la Chirobaliste emprunte sa méthode de *mise au bandé*¹¹¹. Or ces pièces ne portent ici que des noms vagues, *κανόνες ἐν τετραγώνοις πελεκίνοις, κανών ἄρρην, κανών θῆλυς, κανών σεληνοειδές τι σχῆμα ἔχων*, pièces profilées à rainure et languette en queue d'hironde, pièce mâle, pièce femelle, pièce en forme de croissant. A la vérité, plusieurs de ces termes se retrouvent dans les *Βελοποιϊκά*. Pourquoi donc Héron d'Alexandrie, s'il a rédigé lui-même la *Χειροβαλλίσισρα*, a-t-il commis, dès les premières lignes, une négligence aussi inexplicable ?

126. Une dernière objection, la plus puissante de toutes, semble devoir ruiner définitivement l'hypothèse qui attribue l'opuscule à l'élève de Ctésibius. Dans la *quatrième partie* du présent travail, j'ai établi, avec une rigueur mathématique, que l'épure de la chirobaliste, dans ses plus minutieux détails, obéit à la loi du *module*, unité savante qui a soulevé chez les anciens plus d'une intéressante controverse¹¹², et que nous voyons appliquée, non-seulement dans les ouvrages d'Héron d'Alexandrie et de Philon de Byzance traitant des armes de jet, mais encore dans les trois chapitres que Vitruve, au livre X *De Architectura*, a consacrés aux engins balistiques. L'artillerie gréco-romaine tout entière suivait l'échelle des proportions simples, fondée sur l'unité appelée *module*. Dans la Chirobaliste, j'ai retrouvé et mis partout cette unité en évidence. Si Héron d'Alexandrie, créateur de l'engin, est aussi l'auteur de la description, comment a-t-il pu négliger d'en signaler le *module*, principe si habilement commenté par lui dans la *Bélopee*, et appliqué avec une fécondité si merveilleuse dans l'épure de la *χειροβαλλίσισρα*.

127. A la vérité, un indice signalé par M. Wescher¹¹³ présenterait les *Βελοποιϊκά* comme le simple commentaire d'un traité d'Archimède, par Héron, disciple de Ctésibius. Comment admettre encore, sous ce rôle effacé, l'oubli complet d'un aussi imposant exemple, dans la description d'une œuvre qui, à travers les plus humbles détails, le respecte d'une manière toute scrupuleuse ?

128. Pour résoudre l'objection, ce n'est pas aux termes techniques ni même aux procédés graphiques comparatifs de la *Bélopée* et de la *Chirobaliste* qu'il faut demander une conformité plus ou moins satisfaisante. Le style des ingénieurs grecs, à l'instar de celui des géomètres, eut de bonne heure sa forme spéciale, sobre et précise, qui établit de prime abord un air de famille entre les divers traités du genre, tels que ceux de la *Poliorcétique* ou des *Mathematici veteres*. Par habitude de métier, un auteur technique peut ressembler à un autre. Cependant, en dehors de la routine professionnelle, un écrivain même circonspect peut employer souvent, dans certaines circonstances, des locutions parfois vicieuses, mais à lui personnelles et familières, et qui lui échappent involontairement au cours de son travail. Héron d'Alexandrie en présente plusieurs cas. Lorsqu'il enregistre les dimensions d'un objet placé sous ses yeux, en les mesurant lui-même, au lieu de dire, par exemple *πλάτος δακτύλων δύο*, largeur de deux doigts, il dit parfois, *πλάτος ὡς δακτύλων δύο*, largeur **COMME** de deux doigts. Dans sa pensée, il ne s'agit pas d'une cote approximative, le chiffre qu'il relève est exact. C'est donc par routine, ou peut-être par l'instinct de la notation moderne = d'égalité algébrique, qu'il intercale le mot *ὡς*. La supposition est d'autant plus admissible, qu'en parlant par *modules* Héron d'Alexandrie évite avec soin le mot *ὡς*, le simple exposé des principes n'embarrassant jamais sa plume.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

XVII.

129. Je vais mettre le fait en évidence, par le rapprochement de deux curieux passages des *Automates*, du disciple de Ctésibius¹¹⁴, avec trois endroits de la *Χειροβαλλίστρα*, où le mot *ὡς* est employé d'une manière exclusivement personnelle à Héron d'Alexandrie.

Voici les passages des *Automates* : *Βάσις μῆκος ἔχουσα ὡς πῆχεος*, *πλάτος δὲ ὡς παλαισιῶν τεσσάρων*, *ὑψος δὲ ὡς παλαισιῶν τριῶν*; un socle ayant **COMME** une coudée (6 palmes) de long, **COMME** 4 palmes de large, et **COMME** 3 palmes de haut. Évidemment l'auteur ne parle point

de quantités approximatives. Il s'agit bien d'un socle dont la longueur est *double* de sa hauteur, et dont la largeur est les *deux tiers* de sa longueur.

Un peu plus loin, Héron dit encore : « Κίονα τέσσαρα, ὕψος μὲν ἔχοντα ὡς παλαισιῶν \overline{H} , πλάτος δὲ παλαισιῶν δύο; quatre colonnettes ayant COMME 8 palmes de hauteur et 2 palmes de diamètre. L'auteur n'emploie ici *ὡς* qu'une seule fois, comme s'il avait jugé à l'œil de l'épaisseur des colonnettes, après en avoir mesuré la hauteur. Évidemment, la pause marquée par *ὡς* devant la première cote n'a plus alors de raison d'être devant la seconde. On peut également admettre qu'Héron n'usait qu'involontairement de cette locution parasite.

Or, dans le texte de la *Χειροβαλλίστρα*, qui compte soixante-quatre dimensions pratiques, le mot *ὡς* se retrouve en trois endroits, appliqué à l'instar des exemples ci-dessus. Le caractère d'extrême concision imposé par la nature même de l'*aide-mémoire*, devait faire à l'auteur une loi d'éviter rigoureusement toute expression vicieuse ou superflue. Si donc le mot *ὡς* lui est échappé trois fois, on n'y peut voir qu'un triple *lapsus calami*, absolument involontaire. Or ce *lapsus* ne pouvait échapper qu'à Héron d'Alexandrie.

Voici les trois passages en question :

Au § 4 de la *Chirobaliste*¹¹⁵, on lit : « Τὸ δὲ μεταξύ διάστημα τῶν AB καὶ ZH ὡς δακτύλων $\overline{ΓC}$; l'intervalle de A à B et de Z à H est COMME « de $3 \frac{1}{2}$ doigts. » Or, la cote $3 \frac{1}{2}$ doigts est le *module* même de l'engin.

Au § 2 du même opusculé, l'interpolation de *ὡς* est encore plus curieuse¹¹⁶ : « Μετρήσαντες δακτύλους $\overline{ΔC}$ ὡς τὴν PΣ; ayant mesuré « $4 \frac{1}{2}$ doigts, COMME la ligne RS. » Ici, la pause est motivée par la transcription, sur la figure annexée au texte, de la notation graphique RS correspondant aux $4 \frac{1}{2}$ doigts indiqués par l'auteur.

Enfin, au § 1^{er}, nous lisons dès les premières lignes : « Ὁ δὲ ΓΔ. . . ἔχεται πλάτος ὡς [δακτύλους] \overline{BC} ; que la pièce GD ait COMME $2 \frac{1}{2}$ doigts « de largeur. » Or la dimension $2 \frac{1}{2}$ doigts est mathématiquement vraie.

130. L'importance des rapprochements qui précèdent paraît décisive. Le texte de la *Χειροβαλλίστρα* est bien d'Héron d'Alexandrie.

Lui seul avait qualité pour se nommer Ἡρων tout court. Au surplus, son opuscule emploie plusieurs mots usuels, εἰρημένων, προειρημένων, καλούμενον, etc., etc. également fréquents dans les Βελοποιικά, dans les Πνευματικά¹¹⁷ et dans les Αυτόματοποιητικά¹¹⁸ du célèbre ingénieur d'Alexandrie. S'il a manqué de précision dans la dénomination de quelques pièces de la chirobaliste, pour toutes les autres, il respecte fidèlement la nomenclature. D'ailleurs il ne les décrit qu'au point de vue de la construction. Tel est le but pratique de l'opuscule. A ce but, il sacrifie tout le reste. Les expressions τὰ καλούμενα καμβέσρια, et autres analogues signalées plus haut, tendent simplement à faire connaître les noms donnés par lui-même aux parties les plus modifiées de l'ancien système, où le καμάριον était appelé πλωθίον, où le κλιμάκιον se nommait περιτρητος, où enfin les ἡμιτόνια furent les ancêtres des καμβέσρια. Quant à l'indication du module, principe artistique supérieur, utile à l'épure seulement, elle eût moins concouru à la clarté, à la concision de l'aide-mémoire, que la simple mention des diverses pièces et de leurs dimensions pratiques.

L'authenticité de l'œuvre d'Héron d'Alexandrie, comme engin et comme traité technique, paraît suffisamment démontrée.

XVIII.

131. Après avoir exposé, dans la *deuxième partie* du présent travail, l'état des engins balistiques précurseurs et contemporains de la χειροβαλλίστρα, j'ai traduit et commenté, au point de vue philologique, dans la *troisième partie*, le texte descriptif du système. Pour donner à mes interprétations une sanction mathématique, j'ai discuté et rendu certains, dans une *quatrième* et dernière *partie*, les éléments techniques fournis par l'opuscule. En un mot, j'ai reconstruit l'engin de toutes pièces, au moyen d'une synthèse purement géométrique.

Une quelconque des dimensions du texte grec étant connue, il est possible, en effet, de retrouver toutes les autres.

132. J'ai d'abord recherché, dans la *χειροβαλλίστρα*, la trace du *module*, unité fondamentale fournie, dans les engins antérieurs, du système *νευρότρονον*, par le *diamètre* des faisceaux tordus. La *largeur* du cadre des ressorts, substitué à ces faisceaux dans l'engin d'Héron, m'a fourni le *module* vrai de la chirobaliste ; sept dimensions du texte confirment directement cette restitution. Parmi les détails de l'épure, 47 autres dimensions sont multiples ou fractions simples de l'unité ainsi retrouvée. Les nombres 2, 4, 8, 16 expriment en modules les proportions générales de l'arme. Des 204 dimensions rétablies d'après l'épure, 54 dérivent du module.

133. Cela posé, j'ai pris pour base de ma synthèse l'épaisseur *inconnue* des lames des ressorts, quantité ainsi indiquée par Héron : « *πάχος δὲ ὥστε μὴ εὐχερῶς κάμπισθαι*, épaisseur telle que les lames ne ploient pas facilement. » L'ovale des ressorts m'a rendu cette dimension, si vaguement exprimée par l'auteur. En même temps, j'y ai retrouvé le tracé antique de l'anse de panier à trois centres, plus simple, plus élégante, que celle des ingénieurs modernes.

Le surplus de la synthèse a confirmé mes diverses conjectures philologiques, et m'a livré, sans grande difficulté, jusqu'aux dimensions, poids et portée, du projectile aigu de la chirobaliste.

134. La partie la plus curieuse, la plus imprévue, de cette restitution, a été la découverte des *mains symboliques* de l'arme, ainsi que le déchiffrement de leur tracé pratique. Sans doute la traduction de l'opuscule d'Héron est importante au point de vue philologique. L'explication du mécanisme exactement décrit par le texte jette également une vive lumière sur l'état de la science industrielle chez les anciens. Mais ce double résultat semble bien amoindri par la résurrection d'une méthode où la merveilleuse habileté du dessin antique vient se dévoiler, dans ses procédés les plus intimes.

135. Jusqu'ici les monuments, bien plus que les textes, nous ont instruits des proportions classiques de l'architecture hellénique. Mais la statuaire grecque, si noble dans ses conceptions, si pure dans l'exécution de ses chefs-d'œuvre, dérobaient encore les règles mystérieuses

d'un art que le génie moderne n'égalera jamais, le secret des attitudes naturelles, vivantes, ce que Pindare appelle¹¹⁰

Ἔργα ζωῶσιν ἐρπόντεσσι β' ὁμοῖα.

En dehors d'une méthode pratique, absolument sûre d'elle-même, et laissant à l'artiste toute liberté d'inspiration, il est bien difficile d'expliquer comment le pinceau ou le ciseau grec a pu produire une telle série d'œuvres incomparables. Les mains décoratives de la *χειροβαλλίστρα* révèlent cette méthode. Voici comment, à ce qu'il semble, elles ont pu être incorporées, d'une manière aussi élégante, dans l'épure même de l'engin.

136. Ainsi qu'on le peut voir plus loin, sur la figure 53 complétée du canevas graphique, les lignes de leur contour ne sont autre chose que des diagonales joignant deux à deux des points remarquables de ce canevas. Elles sont donc déterminées de position, permettant au constructeur, lors de l'exécution, de retracer sans tâtonnement le profil des mains décoratives suspendues, pour ainsi dire, par un ingénieux artifice, à des attaches fictives directement reliées à l'épure. Pour obtenir ce résultat, on projetait sur un mur la silhouette de la double main, prise dans une attitude sensiblement correcte. On l'encadrait ensuite d'un panneau rectangulaire, dont les côtés se trouvaient gradués en même nombre de divisions égales. Prises deux à deux de toutes les manières possibles, les divisions fournissaient autant de diagonales servant à rectifier, à idéaliser le contour, l'attitude de l'objet symbolique. Les principales lignes de la silhouette, ou maîtresses diagonales, indiquaient le mode de division applicable aux côtés du cadre. Les divisions répondaient d'ordinaire à 2, 4, 8, 16 parties égales. Les diagonales ainsi tracées obéissaient à la loi d'orientation des attitudes naturelles, observée par les maîtres de l'art antique, dans les positions spontanées des membres d'un être vivant. Les diagonales fixaient la direction, sinon le tracé définitif des lignes successives du contour, dont la silhouette était retouchée en conséquence. Le surplus de l'épure, répondant à la charpente de l'arme, se ratta-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

chait, d'une façon analogue, aux centres les plus remarquables d'intersection des diagonales. Le travail terminé, il semble que les mains de la chirobaliste coïncident, par un prodigieux hasard, avec les lignes inférieures du système. Celles-ci, au contraire, ont été orientées sur celles-là.

137. Une méthode aussi réfléchie, aussi fidèle à l'observation de la nature, devait donner des résultats féconds. Dans l'élan de l'inspiration, l'œil de l'artiste poursuit, sa main cherche à fixer ces centres d'harmonie graphique, qui sont les véritables foyers du beau, et qui rayonnent vers lui l'irrésistible sensation d'une création vivante. Obtenus par la géométrie, ils sont le triomphe de l'art hellénique.

138. Maintenant, que l'on imagine la chirobaliste revêtue de couleurs appropriées à ses divers organes et placée, au centre d'une panoplie, dans un arsenal éclairé par le soleil de Grèce. D'un regard, on saisit la pensée première qui dut en concevoir l'ornementation. Ces mains jumelles, s'élançant du sein de la machine, comme pour jouer avec les ressorts, dont leurs doigts semblent provoquer la flexibilité redoutable, donnent aux ailes du toit, par leur pose naturelle, hardie, une incomparable légèreté. Au-dessous, en arrière-plan, les arcs-boutants de l'échelette dessinent une double guirlande, que l'on dirait retenue par les mains elles-mêmes, et qui rappelle le drapé exquis du manteau flottant sur le bras gauche de l'Apollon du Belvédère. Tout entière l'œuvre respire la vie et la paix, alliées dans un gracieux symbole.

139. En campagne, la manubaliste se portait suspendue au dos du soldat. Les arts de la patrie accompagnaient les guerriers en marche. Mais, sur le champ de bataille, lorsque l'arme abaissée décimait l'ennemi à distance, l'emblème pacifique s'évanouissait, pour ainsi dire, ne laissant plus paraître qu'un engin irrité, dont les battants, dociles peut-être à la pression des doigts symboliques contre l'acier strident¹²⁰, lançaient au loin la menace et la mort.

140. Telle fut la *χειροβαλλίστρα* d'Héron d'Alexandrie, arrachée par de persévérants efforts à la nuit vingt fois séculaire du temps. Dans les moindres détails le génie grec y éclate, avec toute sa netteté

et toute sa finesse. L'œuvre est si harmonieuse, que la plume se fatigue à enregistrer les innombrables vérifications de l'épure. Le mécanisme est si parfait, qu'il est aisé d'en calculer, sur la seule position des ressorts, la puissance de portée pratique. La synthèse en est si complète, qu'elle repose ici tout entière sur une cote, *a priori* inconnue, et sur le *module*, dont l'auteur ne dit rien. Par voie d'analogie, ces bases fondamentales ont été tout d'abord rétablies. De cette restitution, le surplus a victorieusement confirmé la justesse.

A tous les points de vue, la chirobaliste atteste, par son admirable structure, « la gloire immense des fils du Soleil, à qui, selon Pindare¹²¹, « la déesse aux vertes prunelles donna de vaincre, de leurs savantes « mains, dans tous les arts, tous les mortels. Ἦν δὲ κλέος βαθύ! » s'écrie le poète.

De nos jours, où sont-ils donc les mécaniciens capables de s'inspirer, dans leurs œuvres, d'un goût aussi merveilleusement éclairé?

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

DEUXIÈME PARTIE.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'ARTILLERIE GRÉCO-ROMAINE

AU I^{er} SIÈCLE AVANT J. C.

CHAPITRE PREMIER.

ORIGINES DE L'ARTILLERIE ANTIQUE.

141. A l'époque où les Ptolémées, « amis de la gloire et amis des arts, » comme dit Philon de Byzance¹²², attiraient par leurs libéralités et fixaient sur la terre d'Égypte les plus illustres représentants du génie grec, en prodiguant aux sciences des encouragements qui multiplièrent les découvertes, le problème de l'artillerie, si grave de tout temps au point de vue politique, fut repris avec une ardeur incomparable par les ingénieurs d'Alexandrie. La guerre, on le sait, fut, dans l'antiquité, en permanence. Les études qu'elle exige n'y furent jamais interrompues. Mais, jusque vers le milieu du II^e siècle avant l'ère chrétienne, la force des gros engins balistiques, spécialement affectés à l'attaque et à la défense des places, provint exclusivement du jeu de torsion de faisceaux de fibres élastiques, telles que tendons ou nerfs, cheveux, crin, chanvre, actionnant des leviers propulseurs, à l'instar du taquet de serrage bandé par la cordelette d'une scie à main¹²³. L'emploi de la corne ou du bois flexible s'y trouve restreint à l'arc et à l'arbalète. Quant au métal, c'est de Ctésibius (vers 120 avant J. C.) qu'en date l'application, sous forme de ressorts, aux engins de petit calibre.

142. L'histoire a gardé le souvenir des premiers essais de ce système, dont la *χειροβαλλίστρα* est le type accompli. S'il n'a pas réussi à se substituer, dans les grosses machines de jet, aux faisceaux névrotones, ce fut sans doute par l'impossibilité où se trouva l'industrie, à

cette époque, de fabriquer des ressorts de dimension pour les calibres supérieurs. D'ailleurs, la réparation d'un engin névrotone était toujours facile, dans toute localité et par les premiers ouvriers venus. La rupture d'un ressort, au contraire, eût constitué un accident irréparable. Quoi qu'il en soit, les anciens, entre autres Philon de Byzance, saluèrent avec enthousiasme l'apparition des machines de jet à ressorts métalliques.

143. Je n'ai pas à retracer ici en détail l'histoire complète de l'artillerie grecque, antérieurement à Ctésibius. Je rappellerai seulement que l'invention des engins dérivés de l'arc et de la fronde est fort ancienne, et qu'elle eut l'Orient pour berceau.

Suivant Pline, « les Crétoïis inventèrent le *scorpion*, les Syriens la « *catapulte*, et les Phéniciens la *baliste* ¹²⁴. »

144. Vers l'an 810 avant Jésus-Christ, Ozias arme les remparts de Jérusalem « de machines construites par un ingénieur, pour lancer « des traits et de grosses pierres ¹²⁵. »

145. Deux siècles plus tard, Ézéchiél menace la ville sainte des « *Balistes* » ¹²⁶ de Nabuchodonosor, et Jérémie prédit que le grand roi dressera contre elle ses « machines de corde ¹²⁷. »

146. C'est donc à tort que Diodore de Sicile fait remonter l'invention des machines de jet à l'époque du concours ouvert par Denys l'Ancien (399 av. J. C.) entre les ingénieurs de la Sicile et de l'étranger, pour la construction du matériel de guerre que le tyran préparait contre Carthage ¹²⁸. Une découverte ne s'improvise point par décret. Les concurrents eurent plutôt à perfectionner des engins déjà créés. C'est à tort également qu'Élien attribue à Denys le Jeune l'invention même de la « catapulte ¹²⁹. »

147. Dès leur apparition, les engins orientaux furent probablement admirés en Grèce. L'artillerie sicilienne y excita tout d'abord une surprise mêlée de terreur : « ὄλετο ἀρετά! *Adieu bravoure!* » s'écriait Archidamus, fils d'Agésilas, à la vue d'un trait de catapulte apporté de Syracuse (vers 338) ¹³⁰.

148. Peu de temps auparavant, au siège de Périnthe (341), nous

voyons Antigène, officier de Philippe de Macédoine, perdre un œil emporté par un « trait de catapulte ¹⁵¹. »

149. Durant toute la campagne d'Asie, des engins de ce genre suivent et soutiennent l'armée d'Alexandre ¹⁵².

150. Le jour de son mariage, à Ecbatane, avec la fille de Darius (324), l'officier Gorgos voue au conquérant, « pour le futur siège » d'Athènes, un présent de dix mille armures complètes, avec un parc « d'autant de catapultes et autres machines de guerre ¹⁵³. »

151. Après Alexandre, l'artillerie de campagne et de siège figure à chaque instant dans l'histoire. Elle apparaît aussi dans la marine, témoin les « huit pierriers » gigantesques dont le génie d'Archimède, sous les auspices du roi Hiéron, arma son grand vaisseau « la Ville de » Syracuse. » Ces derniers engins lançaient à volonté, à un stade (185 mètres), des boulets de trois talents (80 kilogr.) ou des poutrelles de douze coudées (5 mètr. 50 environ) ¹⁵⁴.

152. Les progrès que le patronage des rois d'Alexandrie fit faire à la balistique appliquée trouvent leur analogie dans le perfectionnement récent des armes à feu européennes. Partout, dans l'histoire, apparaît l'identité des effets de causes similaires. Les expéditions d'Alexandre et de ses successeurs avaient inauguré, entre les divers peuples de l'ancien monde, des relations jusque-là sans exemple. Tant de nations étrangères, subjuguées par les armes du conquérant ou par l'ascendant de sa renommée, livrèrent en quelque sorte aux compatriotes d'Alexandre le secret de mille usages, de mille produits d'utilité ou d'agrément, formant la base de leur industrie et la source de leur richesse. Le génie grec dut se trouver émerveillé de cette variété prodigieuse de créations artistiques ou savantes, appropriées partout aux exigences des mœurs, c'est-à-dire du climat. Certainement, les Grecs rencontrèrent en Orient des engins de guerre différant, soit par le principe ou par la structure, de leur artillerie officielle : variantes parfois d'apparence méprisable, mais dont un Ctésibius, un Philon de Byzance, un Héron d'Alexandrie, sauraient un jour tirer des merveilles, aux applaudissements de l'art et de la science.

153. L'intervention de Rome en Égypte favorisa également les relations d'Alexandrie avec l'Occident¹³⁵. C'est par les Romains que les ingénieurs des Ptolémées connurent l'élasticité spéciale des aciers espagnols. On sait avec quel empressement les vainqueurs d'Annibal adoptèrent les courtes épées des Celtes et des Ibériens, dont ils avaient apprécié la supériorité durant les guerres puniques. On sait également qu'ils n'en connurent jamais le procédé de fabrication¹³⁶. Aussi voyons-nous Ctésibius, à qui l'acier flexible des épées romaines avait inspiré l'idée d'en renforcer les catapultes, fabriquer tout d'abord des ressorts en bronze écroui. Philon de Byzance, à son exemple, adopte ce métal, tout en perfectionnant le jeu des ressorts. C'est à l'illustre disciple de Ctésibius, à Héron d'Alexandrie, qu'était réservé l'honneur de créer une machine à ressorts d'acier, dans le chef-d'œuvre de la χειροβαλλίστρα.

154. Ainsi la facilité des communications nouvelles, due aux expéditions lointaines, favorisa les progrès de l'artillerie gréco-romaine. Ainsi encore, de nos jours, les armes à feu sont parvenues à un degré supérieur de perfection, grâce au rapide échange d'idées improvisées, pour ainsi dire, sur tous les points du globe.

Nous examinerons, dans le chapitre suivant, l'état de l'artillerie dite *névrotone*, au temps de Ctésibius; puis, dans le chapitre troisième, les recherches du célèbre inventeur sur les ressorts de bronze, et la continuation de ses travaux par Philon de Byzance.

CHAPITRE DEUXIÈME.

STRUCTURE ET PROPORTIONS DES ENGIES DU SYSTÈME NÉVROTONE.

155. Chez les Grecs, la balistique appliquée fut l'objet de nombreux écrits. Celui de Biton, *Κατασκευαί πολεμικῶν ὀργάνων καὶ καταπαλτικῶν*¹³⁷, ainsi que les *Βελοποιϊκά* d'Héron d'Alexandrie¹³⁸ et le *Βελοποιϊκῶν λόγος Δ* de Philon de Byzance¹³⁹, sont les plus complets qui nous soient parvenus. Quelques fragments d'Athénée

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

et d'Apollodore¹⁴⁰, avec trois chapitres du livre X de Vitruve¹⁴¹, achèvent l'ensemble des seuls matériaux qui aient surnagé de l'artillerie antique.

156. Rien n'est comparable, pour la clarté et pour la méthode, à l'élégant traité des Βελοποιικά. Une tradition¹⁴² tendrait à le faire remonter à Archimède. C'est cet opuscule qui va nous fournir les éléments les plus certains de la structure des machines de jet grecques.

Héron d'Alexandrie débute par un spirituel exorde :

Th. 121. 157. Τῆς ἐν φιλοσοφίᾳ διατριβῆς
KR. 200. τὸ μέγιστον καὶ ἀναγκαιότατον μέρος
W. 71-72. ὑπάρχει τὸ περὶ τῆς ἀταραξίας.

Περὶ ἧς πλεῖσταί τε ὑπῆρξαν ζητήσεις παρὰ τοῖς μεταχειριζομένοις τὴν σοφίαν καὶ μεχρὶ νῦν ὑπάρχουσι.

Καὶ νομίζω μὴδὲ τέλος ποτὲ ἔξειν διὰ τῶν λόγων τὴν περὶ αὐτῆς ζήτησιν.

Μηχανικὴ δὲ ὑπερβάσα τὴν διὰ τῶν λόγων περὶ ταύτης διδασκαλίαν, ἐδίδαξε πάντας ἀνθρώπους ἀταράχως ἦν ἐπίστασθαι δι' ἐνδὸς καὶ ἐλαχίστου μέρους αὐτῆς, λέγω δὴ τοῦ κατὰ τὴν καλουμένην βελοποιίαν.

Th. 122. Δι' ἧς οὔτε ἐν εἰρηνικῇ καταστάσει
ταραχθήσονται ἐχθρῶν καὶ πολεμίων ἐπανόδοις, οὔτε ἐνσίσαντος πολέμου οὐ
ταραχθήσονται ποτὲ τῇ παραδεδομένη
ὑπ' αὐτῆς διὰ τῶν ὀργάνων φιλοσοφία.

Διὸ τοῦ μέρους τούτου ἐν παντὶ χρόνῳ κατασίῃναι δεῖ καὶ πᾶσαν πρόνοιαν ποιεῖσθαι.

W. 73. Εἰρήνης γὰρ πολλῆς ὑπαρχούσης,
προσδοκῆσαιτο ἂν τις πλείονα ταύτην

157. De tous les problèmes abordés par les philosophes, le plus grand, le plus nécessaire à résoudre, c'est celui du maintien de la paix¹⁴³.

Jusqu'ici, parmi les maîtres de la science¹⁴⁴, la question a soulevé et soulevé encore une infinité de controverses.

Selon moi, de pareilles disputes, purement spéculatives, n'ont aucune chance d'aboutir¹⁴⁵.

Pourtant, sur ce terrain, la mécanique a supplanté la doctrine. Par elle, les hommes ont conquis la sécurité d'une existence paisible, dont elle leur offre les garanties dans la plus humble sphère de son enseignement, je veux dire, dans les applications de ce qu'on nomme l'artillerie.

Grâce à elle, en effet, point d'attaque à redouter en temps de paix, au dedans ni au dehors¹⁴⁶; et, si la guerre éclate, rien n'ébranle une tranquillité fondée sur la philosophie des machines.

Il faut donc, en tout temps, y apporter tous les soins, y consacrer tous les moyens que suggère la prudence.

S'il règne une paix profonde, nul doute qu'on la verra fortifiée par l'ac-

γενέσθαι, ὅταν ἐν τῷ περὶ τὴν Βελοποιΐαν μέρει καταγίνωνται·

Αὐτοὶ τε κατὰ συνείδησιν ἀτάραχοι διαμενοῦσι, καὶ οἱ ἐπιθυμοῦντες ἐπιβουλεύειν, ὀρῶντες τὴν περὶ αὐτὰ γιγνομένην αὐτῶν διατριβὴν, οὐκ ἐπελεύσονται.

Ἀμελησάντων δὲ, πᾶσα ἐπιβουλὴ, καὶ ἐλάχιστος τυγχάνη, ἐπικρατήσῃ ἀπαρασκευῶν τῶν ἐν ταῖς πόλεσι περὶ ταῦτα ὑπαρχόντων.

Voilà un assez beau commentaire du *SI VIS PACEM, PARA BELLUM* antique !

ENGINS EUTHYTONES ET PALINTONES.

Après avoir exposé le plan de l'ouvrage, Héron aborde la classification suivante :

158. Τῶν οὖν εἰρημένων ὀργάνων τὰ μὲν ἐσὶν Εὐθύτονα, τὰ δὲ Παλίντονα καλεῖται· τὰ δὲ Εὐθύτονα τινες καὶ Σκορπίους καλοῦσιν, ἀπὸ τῆς περὶ τὸ σχῆμα ὁμοιότητος. Τὰ μὲν Εὐθύτονα δίστοὺς μόνους ἀφίησι· τὰ δὲ Παλίντονα ἔνιοι καὶ Λιθοβόλα καλοῦσι, διὰ τὸ λίθους ἐξαποστέλλειν ἢ καὶ δίστοὺς· πέμπει δὲ τοὶ δίστοὺς ἢ καὶ συναμφότερα.

Ὅρος δὲ τῆς βελοποιϊκῆς ἐστὶ τὸ μακρὰν ἀποστέλλειν τὸ βέλος ἐπὶ τὸν δοθέντα σκοπὸν, εὐτόνον τὴν πλῆγὴν ἔχον· περὶ οὗ δεῖ πᾶσαν τὴν φροντίδα ποιῆσαι τοῖς εἰρημένοις ὀργάνοις.

Βέλος δὲ καλεῖται πᾶν τὸ ἐξαποστέλλομενον ὑπὸ τῶν ὀργάνων ἢ ὑπ' ἄλλης τινὸς δυνάμεως, οἷον τόξου, σφενδόνης, ἢ ἄλλου τινός.

tivité déployée dans les armements, et cette conviction sereine perpétuera la paix ¹⁴⁷.

D'ailleurs, en face d'un appareil de guerre formidable, toute velléité d'émeute serait paralysée.

Que l'artillerie, au contraire, soit négligée : la moindre machination, si faible qu'elle surgisse, triomphera bientôt d'un État pris au dépourvu.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KR. 202.

W. 74.

158. De ces engins, dit-il, les uns sont appelés Εὐθύτονα, et les autres Παλίντονα ¹⁴⁸. Quelquefois, par analogie de forme, les Εὐθύτονα s'appellent aussi *Scorpions* ¹⁴⁹. Les Εὐθύτονα lancent exclusivement des dards. Les Παλίντονα, que l'on nomme aussi Λιθοβόλα (*Pierriers*), jettent à volonté des pierres ou des traits, et même simultanément les deux sortes de projectiles ¹⁵⁰.

La balistique a pour objet d'atteindre, du plus loin et avec le plus de force possible, un but déterminé. A cela doivent tendre tous les efforts de la construction desdites machines.

On nomme PROJECTILE (*βέλος*) tout corps lancé au moyen d'un engin ou instrument quelconque, tel que l'arc, la fronde, etc.

KR. 204.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

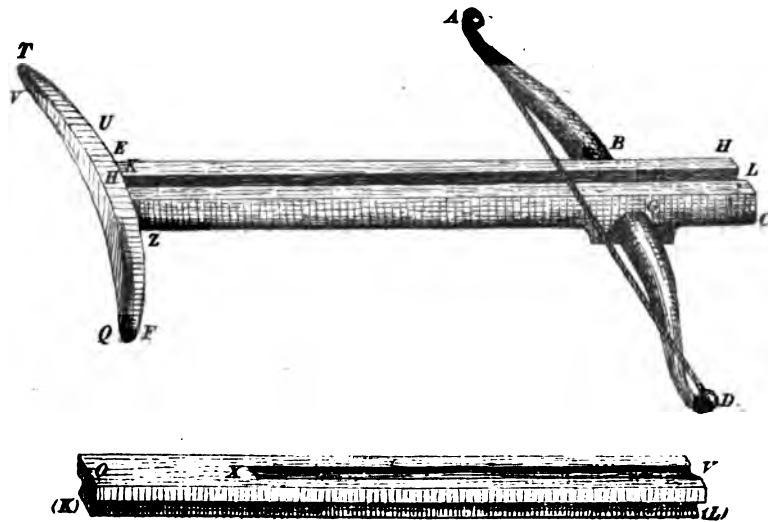
ORIGINE DES MACHINES DE JET. — *Arc primitif.*

KR. 204.

159. Τὴν μὲν οὖν ἀρχὴν ἤρξαντο γίνεσθαι τῶν προειρημένων ὀργάνων αἱ κατασκευαὶ ἀπὸ τῶν χειρουργικῶν τέξεων. Βιαζόμενοι γὰρ ἐξαποστέλλειν δι' αὐτῶν μείζον τι βέλος καὶ ἐπὶ πλείονα τόπον, αὐτὰ μείζονα ἐποίουν καὶ τοὺς ἐν αὐτοῖς τόνους, λέγω δὴ τὰς ἐκ τῶν ἄκρων κάμψεις, τουτέστι τὰς ἐκ τῶν κεράτων σκληρότητας. Ἐκ τούτου δὲ συνέβαινε δυσπειθῶς καμπιομένων αὐτῶν, μείζονος δυνάμεως δεῖσθαι ἢ τῆς γιγνομένης ἀπὸ τῆς χειρὸς ἐλξεως. Πρὸς δὴ τοῦτο ἐμηχανήσαντό τι τοιοῦτον.

159. Le point de départ des machines en question fut *l'arc à main*. On tenta d'abord de lancer, avec cet instrument, un trait plus fort et à une distance plus considérable. Naturellement, on fit l'arc plus grand, et l'on en renforça les branches flexibles, en grossissant les courbures des extrémités, c'est-à-dire en donnant plus de rigidité aux cornes¹⁵¹. L'arc ainsi obtenu était difficile à bander; l'effort naturel de la main étant devenu insuffisant, on eut alors recours au mécanisme que voici¹⁵² :

Fig. 1. GASTRAPHÈTE, arbalète primitive.



h. 123.

Ἐστω γὰρ τὸ εἰρημένον τόξον τὸ $A B \Gamma \Delta$, ἔχον τὰς ἐπικαμπιομένας ἄκρας τὰς ἀπὸ $A B, \Gamma \Delta$, βιαιότερας τῆς διὰ

Soit $A B G D$ l'arc en question, dont les branches courbes $A B, G D$, ne fléchissent que sous un effort supérieur

τῆς χειρὸς τοῦ ἀνθρώπου γιγνομένης
καταγωγῆς· ἢ δὲ τοξίτις Νευρά ἢ Α Δ.

à celui de la main. Soit *A D* la CORDE
ARCHÈRE (Νευρά).

Monture ou coulisse.

160. Τῷ δὲ τόξῳ κατὰ μέσσην τὴν
κοίλην γραμμὴν συμφυῆς ἔστω κανὼν
ὁ ΕΖΗΘ, ἔχων ἐν τῇ ἐπάνω ἐπιφανεῖα
σωλῆνα πελεκαιοειδῆ τὸν ΚΛ.

160. A l'arc, et au droit de son front
concave, soit adaptée une monture *EZ*
HC, présentant par-dessus une rainure
longitudinale, profilée en queue d'a-
ronde *KL*¹⁵³.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

W. 76.

Tiroir.

161. Τούτῳ δὲ ἀρμοσίῳ γεγονέτω
ἄρρην ἰσομήκησιν αὐτῷ, ἔχων ἐκ τε τῆς
ἄνω ἐπιφανείας συμφυῆ ἕτερον κανόνα
ἀναπληροῦντα πᾶν τὸ μῆκος καὶ τὸ
πλάτος τοῦ ΕΗΖΘ κανόνος, καὶ ἔχων
ἐκ τῆς ἄνω ἐπιφανείας μέσον κοίλασμα
σπερφερέσ, ἰσόμηκες τῷ ΚΛ πελεκίνῳ,
εἰς δ' ἐπιτίθεται τὸ βέλος.

161. Dans cette rainure s'emboîte
une languette¹⁵⁴, de même profil, fai-
sant corps avec une autre pièce¹⁵⁵ su-
perposée, qui recouvre toute la lon-
gueur et toute la largeur de la mon-
ture *EZHC*. Enfin, sur le dessus de la se-
conde pièce, soit profilée dans l'axe
une cannelure ronde, de même lon-
gueur que la rainure en queue d'a-
ronde *KL*. Sur cette cannelure repose
le trait.

Batterie.

162. Ἐν δὲ τῷ λοιπῷ μέρει αὐτοῦ
τῷ κατὰ τὸ ΕΖΗΘ μέρος, ἐκ τῆς ἄνω
ἐπιφανείας τοῦ ἐπάνω κανόνος, ἔστω
τινὰ στήματα ὀρθὰ σιδηρὰ δύο, ἐνηλω-
μένα καὶ συγκεκοινωμένα, ἐκ τῶν ὑπο-
κάτω μερῶν, ἀπέχοντα ἀπ' ἀλλήλων
βραχύ.

162. Maintenant, en arrière de la
cannelure, et vers la queue de la mon-
ture *EZHC*, mais sur le dessus de la
pièce superposée à celle-ci, soient éta-
blis deux supports verticaux en fer,
cloués sur le bois, et faisant corps entre
eux par le bas, à peu d'écart l'un de
l'autre [fig. 2].

Μεταξὺ δὲ τούτων ἐγκείσθω σιδηροῦς
δάκτυλος ἐπικεκαμμένος εἰς τὰ κάτω
μέρη ἐκ τῶν πρὸς τῷ Λ μερῶν τοῦ κα-
νόνο, καὶ ἐσχισμένος ἔστω ἐκ τοῦ ἐπι-
κεκαμμένου ἄκρου ὥστε δίχηλον γενέ-
σθαι καθάπερ τῶν καλομένων σκευ-

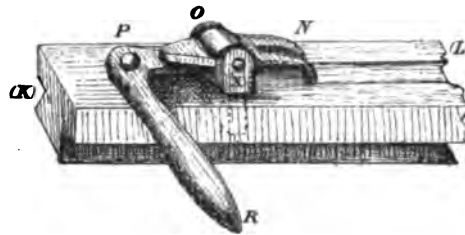
Dans l'intervalle, se loge un doigt
de fer, recourbé de haut en bas, du
côté *L* de la pièce [*KL*], et fendu, à
son extrémité crochue, de manière à
former une griffe¹⁵⁶, comme dans l'ou-
til nommé *tenailles*¹⁵⁷. La largeur de

LA
CHIROBALISTE
D'HERON
D'ALEXANDRIE.

δύλιαν. Τοσοῦτον δὲ δισχίσθω ὅσον μεταξὺ δέξασθαι τὸ τοῦ βέλους πλάτος· καὶ διὰ τῶν σιγημάτων καὶ τοῦ εἰρημένου δακτύλου διώσθω περόνη μέση στρογγύλη.

la fente doit être suffisante pour recevoir la queue du trait. Enfin, à travers les supports et le trait en question, s'ajuste une goupille ou broche arrondie¹⁵⁸ :

Fig. 2. Batterie du Gastrophète.



W. 77. Ἐστὼ οὖν ὁ εἰρημένος δάκτυλος ὁ ΝΞΟ, δίχληλον δὲ τὸ Ν, ἡ δὲ διωσμένη περόνη ἢ πρὸς τὸ ΞΟ μέρει τοῦ δακτύλου. Ὑποβεβλήσθω κανόνιον σιδηροῦν τὸ ΠΡ, κινούμενον περὶ περόνην τὴν Π, πεπηγυῖαν ἐν τῇ ἐπιφανείᾳ τοῦ ἐπικειμένου κανόνος ὀρθίαν. Ἐπὶ οὖν ὑποβληθῆ τὸ ΠΡ κανόνιον ὑπὸ τὸν δάκτυλον, ἀποσφηνοῖ αὐτὸν ὥστε ἀνανεῦσαι μὴ δύνασθαι· ὅταν δὲ, ἐπιλαβόμενοι τοῦ Ρ ἄκρου, ἐπισπασώμεθα τὸ ΠΡ κανόνιον ἐπὶ τὰ πρὸς τῷ ΞΟ μέρη, τότε ἀνανεῖσει ὁ δάκτυλος ἐκ τῶν ΞΝ μερῶν.

Soit donc NXO ledit doigt, N la griffe et XO la goupille engagée dans le corps du doigt. Sous celui-ci, soit encore placée une pièce de fer PR , pivotant autour d'une goupille P , encastrée verticalement dans la face de dessus de la pièce supérieure. Évidemment, en poussant cette pièce PR sous la queue du doigt, on cale celui-ci de manière à l'empêcher de pivoter dans le sens vertical. Mais, lorsqu'on presse l'extrémité R de cette pièce PR , en arrière de XO , le doigt aussitôt se relève du côté de XN .

Crosse.

Th. 124. 163. Τῷ δὲ ΕΖΗΘ κανόνι συμφυῆς γεγονέτω ἕτερος κανὼν ὁ ΤΥΦΧΨ, ἔχων τὴν ΤΥΦ κυρτήν, τὴν δὲ ΨΧ κοίλην.

163. A la pièce $EZH C$ s'adapte une autre pièce $TUFQV$, ayant la face TUF convexe, et la face QV évidée [fig. 1].

Définitions.

164. Ἐκάλουν δὲ τὸν μὲν ΕΖΗΘ κανόνα Σύριγγα, Διώστραν δὲ τὸν ἐπικει-

164. On appela MONTURE ou COULISSE (Σύριγγξ)¹⁵⁹, la pièce $EZH C$

μενον· τὸ δὲ δεχόμενον τὸ βέλος κοί-
λασμα, Ἐπιτοξίτιδα· τὸ δὲ μεταξύ τῶν
ΞΟ μέρος τοῦ ἐπικειμένου κανόνος, Χε-
λάνιον (ἦν γὰρ καὶ ὑψηλότερον τοῦ ἐπι-
κειμένου κανόνος)· τὸν δὲ ΝΞΟ δάκτυλον,
Χεῖρα· τὸ δὲ ΠΡ κανόνιον, Σχασίηριαν·
τὸν δὲ ΤΥΦΧΨ κανόνα, Καταγωγίδα·
τὰ δὲ ΑΒ, ΓΔ ἄκρα τοῦ τόξου, Ἀγκῶνας.

(fig. 1 et 2); — TIROIR (Διώσῆρα)¹⁶⁰,
la pièce posée dessus; — CANNELURE
(Ἐπιτοξίτις)¹⁶¹, la rainure qui reçoit
le trait; — CROUPE OU CULASSE (Χελά-
νιον, tortue)¹⁶², la portion du tiroir
notée ΧΟ (c'est, en effet, la partie cul-
minante de la pièce); — MAIN OU GRIFFE
(Χεῖρ) le doigt ΝΧΟ; — AMARRES OU
BRIDES (Κατοχεῖς), les supports cor-
respondants; — GÂCHETTE (Σχασίη-
ρία), la pièce ΡΡ; — CROSSE OU RE-
FOULOIR (Καταγωγίς)¹⁶³, la pièce ΤΥ
ΦΧΨ; enfin, BRAS OU BATTANTS (Ἀγκῶ-
νες) les branches ΑΒ, ΓΔ, de l'arc.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

W. 78.

Manœuvre.

165. Ταύτης δὲ τῆς κατασκευῆς γε-
νηθείσης, εἰ ἠθούλοντο ἐντιθέσθαι τὸ
τόξον, ἀνήγον τὴν διώσῆραν ἐπὶ τὰ πρὸς
τῷ Κ μέρος, ἄχρις οὗ ἀνανεύσασα ἡ
χεὶρ ὑπερβῆ τὴν τοξίτιν νευράν· ἐστί
δὲ ἐπάνω τῆς διώσῆρας.

Εἶτα ἐπινεύσαντες αὐτὴν ὑπέβαλλον
τὴν σχασίηριαν, ὥστε ἀνανεύσαι μηκέτι
δύνασθαι τὴν χεῖρα· καὶ μετὰ ταῦτα
διωθὲν ἄκρον τῆς διώσῆρας εἰς τὸ ἔξω
μέρος ἀντήρειδον τοίχῳ τινὶ ἢ τῷ ἐδά-
φει, καὶ ταῖς χερσὶ κατέχοντες τὰ ΤΥ
ΦΧΨ ἄκρα τῆς καταγωγίδος, ἐπήρει-
δον τὴν γασίερα ἐπὶ τοῦ ΧΨ κοιλάσμα-
τος, καὶ βιαζόμενοι τῷ ὄλῳ σώματι
διώθουν τὴν διώσῆραν, καὶ κατῆγον τὴν
τοξίτιν νευράν, δι' ἧς συνέβαινε κάμ-
πτεσθαι τοὺς ΑΒ, ΓΔ, ἀγκῶνας τοῦ
τόξου. Ὅταν δὲ ἔδοξεν αὐτάρκης ἡ κα-
ταγωγή γεγενέσθαι, ἐπιθέτοντες τὸ βέλος
ἐπὶ τὴν ἐπιτοξίτιδα, ἀπέσχαζον τὴν
χεῖρα σπαράξαντες τὴν σχασίηριαν,

165. Grâce à ce mécanisme, lors-
qu'on voulait bander l'arc¹⁶⁴, on re-
montait le tiroir¹⁶⁵ dans la direction du
point Κ, jusqu'à ce que la griffe, en
pivotant, vint par-dessus saisir la corde
archère; celle-ci, en effet, arase le des-
sus du tiroir [fig. 3].

Ensuite, appuyant sur la griffe, on
poussait dessous la gâchette, qui l'em-
pêchait ainsi de pivoter. Cela fait, le
tiroir se trouvant alors en saillie vers
L'EXTÉRIEUR¹⁶⁶, on en appuyait la pointe
contre le sol ou contre un mur. Des
deux mains, on saisissait les branches
TUVQF du refouloir; puis on pressait
du ventre contre l'évidement QV de
la crosse, en appuyant de tout le poids
du corps. Refoulé en arrière¹⁶⁷, le ti-
roir entraînait la corde archère, et par
suite faisait fléchir les branches ΑΒ,
ΓΔ de l'arc. Enfin, lorsqu'on jugeait
le tiroir suffisamment rentré¹⁶⁸, on

Th. 125.

W. 79.

Ι.Α
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

καὶ συνέβαινε τὴν ἐξαποσίωλὴν τοῦ βέλους γίνεσθαι.

Δεῖ δὲ τὴν διώσῃραν καταχεῖσαν μηκέτι ὑπὸ τῆς τοξιτίδος ἀνάγεσθαι εἰς τὸ ἄνω μέρος, ἀλλὰ μένειν ἄχρι ἂν ἐπιτεθὲν τὸ βέλος ἐκτοξευθῇ ἐπὶ τὸν δοθέντα σκοπόν.

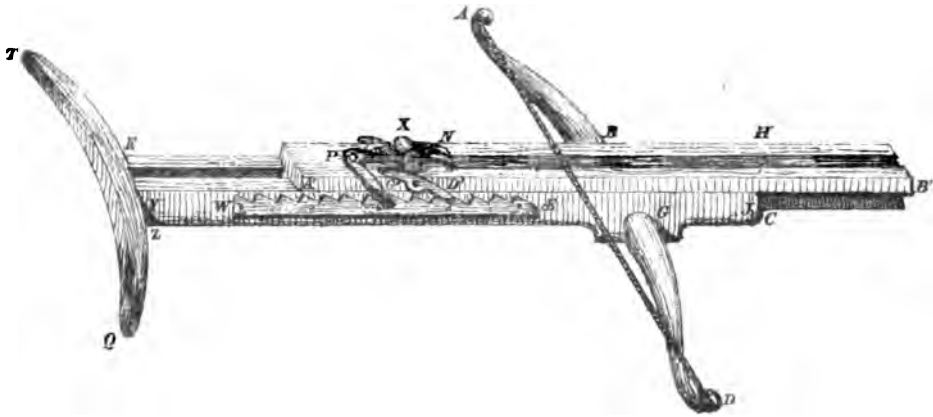
Ἐγίνετο οὖν καὶ τοῦτο οὕτως.

posait le trait sur la cannelure; et, pressant la gâchette, on lâchait la griffe. Le trait aussitôt partait.

Toutefois, lorsque le tiroir se trouve ainsi refoulé¹⁶⁹, il faut le soustraire à la réaction de la corde archère, qui tend à le faire remonter¹⁷⁰; puis, le maintenir fixe, jusqu'à ce que le trait, posé dessus, ait pu atteindre le but.

Voici comment on y parvint :

Fig. 3. — Gastraphète complet.



Cliquet d'arrêt.

KR. 208. 166. Νοεῖσθω γὰρ τῆς ΕΖΗΘ σύριγγος πρόταφος ὁ κατὰ τὸ μῆκος ὁ Ως· ἐν δὲ τούτῳ προσηλωμένον κἀνοιον ὠδοντωμένον τὸ ζῷ· τῇ δὲ διώσῃρα κατὰ τὸ Α Β προσκείσθω Κόραξ ὁ Γ Δ, κινούμενος περὶ περόνην. Καταγομένης οὖν τῆς διώσῃρας, συνέβαινε τὸν Γ Δ κόρακα, ὃν δὴ Κατακλεῖδα ἐκάλουν, ἐπιπορεύεσθαι κατὰ τῶν ὀδόντων πλάγιον· δεθείσης δὲ τῆς διώσῃρας, ἀντήρειδον τὴν κατακλεῖδα πρὸς ἓνα

W. 80.

166. Concevons, sur la joue latérale de la monture EZHC, et dans le sens longitudinal YJ, une pièce clouée WÆ, laquelle soit munie de dents¹⁷¹; puis au-dessus, adapté en A' B' sur le flanc du tiroir, un corbeau (Κόραξ) G' D', pivotant autour d'une goupille. Dans son recul¹⁷², le tiroir entraîne le corbeau G' D', que l'on nomme Cliquet ou DÉCLIC (Κατακλεῖς)¹⁷³. Celui-ci glisse obliquement d'une dent à l'autre;

τῶν ὀδόντων, ὥστε μηκέτι ὑπὸ τῆς τοξί-
τιδος ἀνάγεσθαι τὴν διώσσαν.

Τὸ δὲ αὐτὸ καὶ ἐκ τοῦ ἐτέρου μέρους
ἐγίγνετο τῆς σύριγγος.

167. Ἐκάλουν δὲ τὸ ὄλον ὄργανον
Γαστραφέτην, ἐπειδήπερ διὰ τῆς γασ-
τρὸς ἡ καταγωγή τῆς τοξίτιδος ἐγίγνετο.

mais, dès que le tiroir s'arrête, le cli-
quet s'arc-boute contre une des dents,
et soustrait ainsi le tiroir à la réaction
de la corde archère¹⁷⁴.

Même dispositif sur l'autre flanc de
la monture [fig. 3].

167. L'ensemble de l'engin se
nomme GASTRAPHÈTE¹⁷⁵. C'est en effet
la pression du ventre qui détermine la
mise au bandé de la corde archère¹⁷⁶.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.
W. 81.

Th. 126.

Suppression de l'arc.

168. Διὰ δὲ τοῦ προειρημένου ὀργά-
νου συνέβαινε μείζον βέλος ἐξαποσιέλ-
λεσθαι καὶ ἐπὶ πλείονα τόπον. Βουλό-
μενοι δὲ ἐπαυξῆσαι ἀμφοτέρω, τὸ τε
βέλος καὶ τὴν ἐξαποσίωλιν, ζητοῦντες
τοῦ τόξου ἀγκῶνας αὐτῶν εὐτονωτέρους
ποιῆσαι, μὴ δυνάμενοι δὲ διὰ τῶν κερά-
των τυχεῖν τοῦ προκειμένου.

168. Une pareille machine permet-
tait sans doute de lancer plus loin un
trait plus fort. Mais, lorsqu'on voulut
augmenter encore la grandeur et la
portée du projectile, en cherchant à
multiplier la résistance élastique de
l'arc, la rigidité de la corne se trouva
insuffisante.

Système des fibres en faisceaux.

169. Τὰ μὲν ἄλλα ἐποίουν ὁμοίως
τοῖς προειρημένοις, τοὺς δὲ ἀγκῶνας
ἐποίησαν ἐξ εὐτόνου ξύλου, καὶ μείζονας
τῶν ἐν τῷ τόξῳ κατασκευάσαντες, τοιοῦ-
τον πλινθίου ἐπηξαν ἐκ κανόνων $\bar{\Delta}$
ισχυρῶν, οἷον τὸ $AB\Gamma\Delta$, τὸρμους ἔχον
ἐκ τῶν ὀρθίων κανόνων τῶν AB , $\Gamma\Delta$.
περὶ δὲ τοὺς πλαγίους τοὺς AD , $B\Gamma$,
ἔβαλλον νευρὰν πλέξαντες ἐξ ὄργανου
στοιχείων Συμβολίου, μήρυμα αὐταρ-
κες ποιήσαντες, καὶ περιθέντες συνέ-
τεινον σφόδρα καὶ βία πρῶτον δόμον.
Ἐπειτα κατὰ τὸ ἐξῆς θέντες ἄλλον δό-
μον, καὶ σφηνίδι κρούοντες τὰ κῶλα

169. Sans rien changer au méca-
nisme précédent, on fit des bras en
bois rigide¹⁷⁷, mais plus longs que les
branches de l'arc primitif. Puis on
construisit un cadre ou $\beta\acute{\alpha}\tau\iota$ (Πλιν-
θίου)¹⁷⁸, composé de quatre forts ma-
driers, tels que $ABGD$ [fig. 4]. Les
montants AB , GD , de ce cadre étaient
munis de tenons. Autour des semelles
horizontales AD , BG , on enroula une
corde formée de $\tau\omicron\rho\omicron\nu\varsigma$ ¹⁷⁹ filés au
moyen d'un outil de $\kappa\omicron\mu\mu\epsilon\tau\tau\alpha\gamma\epsilon$ (Συμ-
βόλιον) particulier¹⁸⁰. De la sorte, on
obtint un écheveau de grosseur conve-

W. 82.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ὅπως καλῶς συνερείδῃ πρὸς ἄλληλα, ἔπειτα ἐτέρους δόμους ποιοῦντες ἕως ἅπαν καταχρήσονται τὸ μήρυμα, τὴν ἐσχάτην ἀρχὴν ὑπέβαλλον ὑπὸ πάντας τοὺς στήμονας.

170. Εἶτα διὰ μέσων τῶν νεύρων διέβαλλον ἓνα τῶν ἀγκώνων, καὶ ἔτι ὑπὸ τοὺς στήμονας ἐπὶ τῶν ΑΔ, ΒΓ, διαπηγμάτων ἐτίθεσαν σιδηρὰ ἀξόνια. Ἄ δὴ ἐπιστρέφοντες βία συνέτεινον τὰ νεῦρα, καὶ ὁ ἀγκὼν κατείχετο βία ὑπὸ τῶν νεύρων τῆς ἐπιστροφῆς γινομένης.

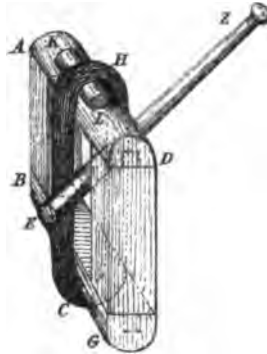
Th. 127. Ἐσίω οὖν ὁ μὲν εἰρημένος ἀγκὼν ὁ ΕΖ, νευρὰ δὲ ἡ ΗΘ, ἀξόνια δὲ τὰ ΚΛ, ΜΝ.

nable, composé d'un premier rang de cordons fortement tendus. Puis, ajoutant par-dessus un deuxième rang, on battait les cordons avec un coin¹⁸¹, de manière à les serrer à point les uns contre les autres. On continuait successivement de la sorte, jusqu'à complet enroulement de la corde, dont on cachait le bout libre sous le faisceau des cordons.

170. Cela fait, entre les deux moitiés du faisceau, on installait l'un des battants; puis, entre les semelles AD, BG, et les coudes du faisceau, on logeait des tasseaux de fer. Amenés au biais, ces tasseaux tordaient fortement les cordons. Par suite de cette torsion, le bras se trouvait énergiquement serré entre les deux moitiés du faisceau.

Soit donc EZ, le bras; HC, le faisceau élastique; KI et MN, les tasseaux¹⁸² [fig. 4]:

Fig. 4. — Écheveau de fibres tordues substitué à l'art primitif.



KR. 210. 171. Τοιοῦτον δὴ καὶ ἕτερον πλινθίον κατασκευάσαντες, καὶ συνδήσαντες

171. On prépara de même un second cadre, que l'on conjugua avec

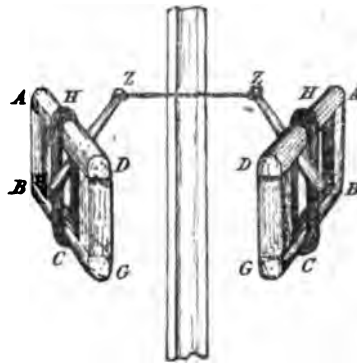
ἀμφότερα ἐνὶ περιπέγματι διὰ κανόνων, ὥστε τοὺς ἀγκῶνας εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος τὴν ἀνάπλωσιν καὶ τὴν βίαν ἔχειν, ἐξῆπλον ἐκ τῶν ἄκρων αὐτῶν τὴν τοξίτην νευράν, ἀγκύλας ποιήσαντες, καὶ ταύτας τοῖς ἀγκῶσι περόναις ἀπολαβόντες ταῖς ΞΟ, ΠΡ, ὥστε μὴ ἐκπίπλειν τὴν νευράν. Καὶ τὰ λοιπὰ τὰ αὐτὰ ἐποίουν τοῖς προειρημένοις.

l'autre au moyen de moises, en un commun assemblage, de sorte que les bras eussent VERS L'EXTÉRIEUR LEUR BATTLEMENT ET LEUR EFFET BALISTIQUE¹⁸³. A leur extrémité fut adaptée la corde archère, au moyen de boucles¹⁸⁴, retenues par des broches telles que XO, PR, montées sur l'about des battants, de manière à bien retenir la corde archère. Le reste de l'engin était conforme au dispositif décrit plus haut [fig. 5].

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

W. 83.

Fig. 5. — Double cadre névrotone primitif.



Definitions.

172. Ἐκάλουν δὲ τὰ μὲν συνέχοντα τοὺς ἀγκῶνας νεῦρα, Τόνον· ἐνιοὶ δὲ, Ἐνάτονον· ἐνιοὶ δὲ, Ἡμιτόνιον. Τὰ δὲ ἐπισιρέφοντα τὸν τόνον ἀξόνια, Ἐπιζυγίδας· Ἐποίουν δὲ αὐτὰς σιδηρᾶς.

172. Le faisceau élastique conjugué aux battants fut appelé Ton (Τόνος)¹⁸⁵. Quelques ingénieurs l'appelaient ΗΕΝΑΤΟΝ (Ἐνάτονος), quelques autres ΗΕΜΙΤΟΝ (Ἡμιτόνιον)¹⁸⁶. Les tasseaux servant à produire la torsion s'appelaient FREINS (Ἐπιζυγίδες). On les faisait de fer.

Perfectionnement de l'appareil de bandage.

173. Ἐπειδὴ συνέβαιεν ἐκ τῆς εἰρημένης κατασκευῆς τὴν ἐπισιροφὴν καὶ

173. Un pareil mécanisme limitait nécessairement l'effet de torsion et de

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

πολὺ γίνεσθαι διὰ τοῦ ΑΔ, ΒΓ, δια-
πήγματος μὴ δυναμένου δέξασθαι τὸν
τόνον, τὰς οὖν ἐπιζυγίδας ἐπιθέντες τοῖς
τρυπήμασι, τὰ αὐτὰ ἐποιοῦν τοῖς εἰρη-
μένοις. Καὶ οὕτω δὴ πάλιν ἡ ἐπιστροφή
τῆς ἐπιζυγίδος δυσεργεῖαν εἶχε, διὰ
[τὸ] τὴν ἐπιζυγίδα ἐπικαθεζομένην τῷ
διαπήγματι μὴ σίρφεσθαι, καὶ κατὰ
πᾶν μέρος ψάειν αὐτῷ· ὅθεν ἠναγκά-
σθησαν καὶ τὰς καλουμένας Χοινικίδας
προσθεῖναι, περὶ ὧν ἐξῆς ἐροῦμεν.

tension de l'organe *neurotone*. On re-
connut bientôt que les traverses *AD*,
BG, ne pouvaient pas recevoir un fais-
ceau de calibre indéfini. Sans rien
changer au reste du système, on ins-
talla les freins au-dessus d'ouvertures
[pratiquées dans les semelles *AD*, *BG*].
Mais la torsion par le frein n'en devint
pas plus efficace. Au contraire, le fro-
tement du frein sur le bois, au droit
des points d'appui, la rendait impos-
sible. Il fallut alors recourir aux BA-
RILLETS (*Χοινικίδες*), dont nous parle-
rons tout à l'heure.

Poulies, moufles, treuils, affût et appareil de pointage.

W. 84. 174. Τῆς οὖν τῶν ἀγκῶνων βίας
ἰσχυρᾶς γενομένης, δεῖ καὶ τὴν κατα-
γωγὴν ἰσχυρὰν γενέσθαι διὰ τὸ ἴσως
δεῖσθαι βίας πρὸς τὸ τοὺς ἀγκῶνας κα-
τάγεσθαι. Διὸ, κτλ.

174. La puissance balistique étant
ainsi assurée, il faut disposer de moyens
également énergiques pour entraîner
les battants¹⁸⁷ et armer la machine.
A cet effet, etc. etc.

L'auteur décrit ici plusieurs systèmes de poulies, moufles et treuils, servant à bander la machine. Puis il donne le détail du support, *piéd* ou AFFÛT (*Καρχήσιον*)¹⁸⁸ de l'engin, comprenant l'appareil de pointage, pour les modèles de gros calibres. La *χειροβαλλίστρα* étant un simple *gastrophète portatif*, ces diverses particularités seraient ici superflues¹⁸⁹. Notons seulement que l'auteur les expose avec toute la rigueur de son incomparable méthode, dont la traduction ci-dessus n'aura donné, je le crains, qu'une idée imparfaite.

Héron aborde ensuite le détail des deux systèmes fondamentaux, *Παλίntonον* (BALISTE), et *Εὐθύntonον* (CATAPULTE OU SCORPION *primitif*). On a vu plus haut que le *Παλίntonον*, à fibres tordues, a été créé le premier. L'auteur lui consacre la description suivante¹⁹⁰.

SYSTÈME ΠΑΛΙΝΤΟΝΟΝ.

175. Καὶ πρότερον ἐπὶ τοῦ Παλι-
τόνου [ἐροῦμεν]. Ἐπεὶ οὖν σύγκειται ἐκ
τεσσάρων τοίχων, δύο τε τῶν ὀρθίων καὶ
δύο τῶν πλαγίων ἐν οἷς τὰ τρήματά ἐσσι
δι' ὧν ὁ τόνος διαβάλλεται, ἔτι τε τῶν
ἐπικειμένων τοῖς πλαγίοις τοίχοις χοί-
νικίδων, καὶ ἔτι τῶν Ἐπιζυγίδων περὶ
ἃς ὁ τόνος καθάπτεται, ἐκάστου τῶν
προειρημένων δεῖ τὰ τε ὀνόματα καὶ
τὰ σχήματα ἐκθέσθαι.

Pieds-droits de flanc et de front.

176. Τῶν οὖν ὀρθῶν τοίχων ὁ μὲν
καλεῖται Παρασίτης, ᾧ προσανα-
πίπτει ὁ ἄγκων· ὁ δὲ ἕτερος Ἀντισιά-
της, πρὸς ᾧ ἐστίη ἡ τοῦ ἀγκῶνος
πίερα.

Pied-droit de flanc.

177. Ὁ μὲν οὖν παρασίτης γίνε-
ται τόνδε τὸν τρόπον·

Δεῖ λαβόντα σανίδα ἐξ εὐτόνου ξύ-
λου, ὀρθογώνιον ἀπεργάσασθαι (ἐστίω
δὲ εἶδος τῶν ΑΒΓΔ) καὶ ἐκ μὲν τῆς
ΓΔ πλευρᾶς κατὰ τὸ μέσον κοίλασμα
ποιῆσαι καθάπερ ἡμικύκλιον ἐν τῷ πλά-
τει αὐτῆς, ὑπὲρ τοῦ τοῦ ἀγκῶνος ἔτι
μᾶλλον προσαναπίπτειν καὶ πλεον ἄλ-
ληλων ἀπέχειν, ὡς τὸ ΕΖΗ χωροῦν τὸ
τοῦ ἀγκῶνος πλάτος· ἐν τούτῳ γὰρ ἀνα-
πίπτει ὁ ἀγκών. Ἐκ δὲ τῆς ἐτέρας τὸ
ἴσον τῆ ἐγκοπῆς κυρτὸν ἀπεργάζεται
κατὰ τὰ αὐτὰ κείμενον τῷ κοίλῳ, οἷον
ἐστί τὸ ΘΚΛ, ὅπως τὴν τῆς ΕΖΗ ἐγ-
κοπῆς ἀσθένειαν ἐν τῷ ξύλῳ ἀναπλη-

175. Commençons par l'engin Πα-
λίντονον. Son bâti se compose [ai-je
dit] de quatre madriers, deux verticaux
et deux horizontaux. Ceux-ci présentent
des évidements traversés par le faisceau
du ton. En outre ils servent de siège
aux barilletts, ainsi qu'aux freins autour
desquels s'enroule le faisceau.

Faisons connaître les noms et les
formes de ces différentes pièces.

176. Des madriers verticaux, l'un
s'appelle *montant* ou *PIED-DROIT latéral*
OU DE FLANC (Παρασίτης)¹⁹¹, adjacent
au bras abattu¹⁹². L'autre est le *PIED-*
DROIT DE FRONT (Ἀντισιάτης)¹⁹³ adja-
cent au coude du battant¹⁹⁴.

177. Le pied-droit de flanc se trace
de la manière suivante [fig. 6] :

On prend un madrier de bois dur,
de forme rectangulaire, tel que *ABGD*.
A mi-hauteur de la face *GD*, on dé-
coupe dans le corps du bois une gorge
demi-circulaire, afin que les bras, en
remontant, aient une amplitude de
battement plus grande et s'écartent
davantage l'un de l'autre¹⁹⁵. La gorge
EZH correspond d'ailleurs à l'épais-
seur du bras qui s'y loge à la fin du
battement. Sur la face opposée, on mé-
nage un renflement égal à la profon-
deur de la gorge et au même niveau,
tel que *CKL*, afin de compenser l'affai-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

TH. 131.
KR. 216.
W. 91.

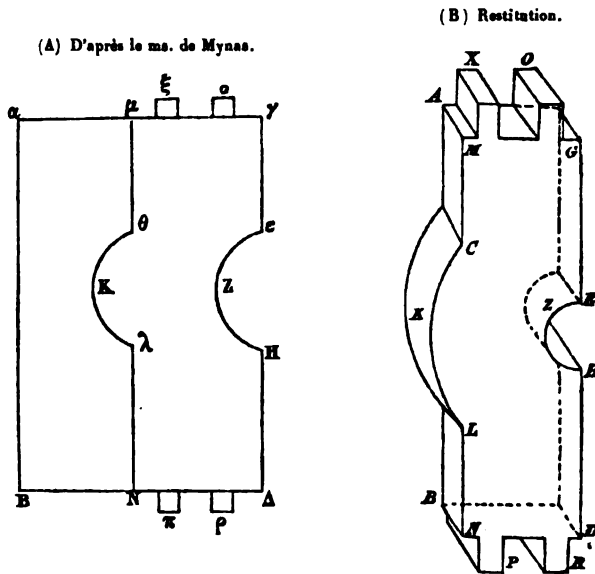
W. 92.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ρώση ἢ ΘΚΛ κυρτότης. Τὰ δὲ ΜΘ, ΛΝ, ἀπευθύναι παράλληλα τοῖς ΔΗ, ΕΓ.

blissement causé au bois par l'entaille circulaire EZH¹⁹⁶. Les arêtes MC et LN sont, d'ailleurs, parallèles aux arêtes DH et EG.

Fig. 6. — Pied-droit de flanc du bâti névrotone.



Δεῖ δὲ καὶ ἐκ τοῦ πλῆθους τοῦ παρασιάτου καταλεῖψαι ἐξ ἑκατέρου μέρους διτορμίας, οἷα ἐσὶν ἡ Ξ, Ο, καὶ ἡ Π, Ρ. Τὰς δὲ κτήδονας τοῦ ξύλου εἰς τὸ ὕψος τοῦ παρασιάτου ἐξ ἑκατέρου μέρους κατὰ τὴν ΜΘΚΛΝ γραμμὴν καὶ κατὰ τὴν ΓΕΖΗΔ [λεπίσι περιλαβεῖν] καὶ ἴλοις συγκοινῶσαι ταύτας περιτιθέναι δὲ καὶ περὶ τὰς διτορμίας κατὰ τε τὴν ΜΛ καὶ κατὰ τὴν ΓΗ κυκλικὰς λεπίδας καὶ ὁμοίως ἴλοις συγκοινῶσαι, ὅπως πάντοθεν ὁ παρασιάτης συνδεδεμένος ὑπάρχῃ πολλὴν ὑπομένων κακοπάθειαν.

TH. 132.

KR. 218.

W. 93.

En outre, sur la longueur totale du pied-droit, il faut réserver, à chaque bout, celle de doubles tenons¹⁹⁷, tels que X, O, P, R. Puis, sur toute la hauteur de la pièce, de chaque côté, et suivant les contours MCKLN et GEZHD¹⁹⁸, il faut renforcer les fibres du bois avec des bandes de fer clouées sur la surface. Enfin, au pourtour des doubles tenons, dans la partie ML et GH, il faut également clouer avec soin des bandes de fer, afin que le pied-droit soit bien consolidé dans toutes ses parties, et puisse résister à une tension considérable.

Pied-droit de front.

178. Δεῖ δὲ καὶ τὸν Ἀντισιάτην τού-
τῳ ἴσον ποιῆσαι, ἴσον μὲν ἔχοντα μῆ-
κος τῷ MN, πλάτος δὲ ἴσον τῷ ND, καὶ
ὁμοίως διτορμίας ἐξ ἑκατέρου μέρους οἷας
τὰς MN, ΓΔ ὀρθά. Οὗτος δὲ οὐ λαμ-
βάνει οὔτε τὴν κοίλην οὔτε τὴν κυρτὴν
περιφέρειαν. Καὶ τοῦτον δὴ ὁμοίως ταῖς
λεπίσι περιλαμβάνοντας τοῖς ἤλοις δεῖ
συγκοινοῦν.

178. Pour le pied-droit de front,
mêmes précautions. Il a même lon-
gueur *MN* et même largeur *ND* que
l'autre. Comme lui, il porte à chaque
bout un double tenon *MN, GD*. Seu-
lement il ne présente ni gorge ni
renflement. De même que le pied-
droit de flanc, il doit être renforcé de
bandes métalliques, clouées sur tout
son pourtour.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Étrier.

179. Λαμβάνει δὲ οὗτος ὁ ἀντισιά-
της, ἐκ τοῦ ἐνὸς μέρους, χελώνιον, κατὰ
τὴν τοῦ ἀγκῶνος πτέρναν, πρὸς ἣν
ἐρείσας ὁ ἀγκὼν ἀναπαύεται· καλεῖται
δὲ Ὑποπτερνίς.

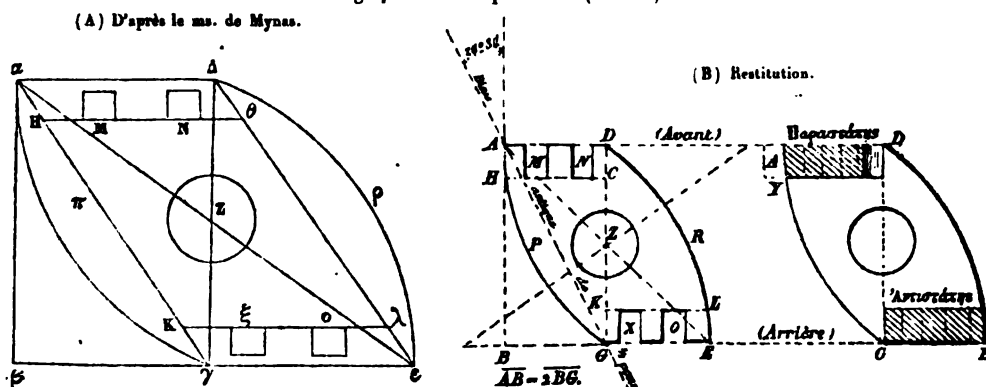
179. Le pied-droit de front reçoit en
outre, sur une de ses faces, un tasseau
destiné à soutenir le talon du battant,
qui vient s'y appuyer¹⁹⁹ à l'instant de
la détente. Ce support s'appelle ÉTRIER
(Ὑποπτερνίς, sous-talon).

Écussons.

180. Οἱ δὲ πλάγιοι τοῖχοι καλοῦν-
ται μὲν Περίτρητα· γίνονται δὲ τὸν
τρόπον τοῦτον.

180. Les tables horizontales du W. 94.
bâti s'appellent écussons (Περίτρητα)
[*Scutalæ* dans Vitruve]²⁰⁰. Les écussons
se tracent de la manière suivante :

Fig. 7. Écusson palintone (baliste).



TOME XXVI, 2^e partie.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Ἐγχεῖσθαι δεῖ παραλληλόγραμμον ὀρθογώνιον τὸ $ABΓΔ$, διπλῆν ἔχον τὴν AB τῆς $ΓΔ$, καὶ ἐπιζευχθείσης τῆς $ΑΓ$, παράλληλον ἀγαγεῖν δέοι ταύτη διὰ τοῦ $Δ$ τὴν $ΔΕ$, καὶ ἔσθαι τὸ σχῆμα τοῦ περιτρήτου τὸ $ΑΓΕΔ$. ἐπιζευχθείσης δὲ καὶ τῆς $ΑΕ$ περὶ κέντρον τὸ Z , κύκλον γράψαι ἴσον τῷ τμήματι τῷ τὸν τόνον δεχομένῳ, καὶ διὰ τούτου τοῦ κύκλου ἐκκόψαι τὸ εἰρημένον τμήμα.

Ἀγαγόντα δὴ ταῖς $ΑΔ$, $ΓΕ$, παραλλήλους τὰς $ΗΘ$, $ΚΛ$, ἀπολαμβάνουσας πρὸς τὰς $ΑΔ$, $ΓΕ$, πλάτη τὰ αὐτὰ τοῖς πάχεσι τοῦ παρασίτου καὶ ἀντιστάτου, ἐκκόψαι τὰ τμήματα τοῖς τόρμοις ἀρρότα τοῦτε παρασίτου καὶ τοῦ ἀντιστάτου, τὰ M , N , $Ξ$, O , μὴ δι' ἄλλου δὴ τοῦ πάχους τοῦ περιτρήτου, ἀλλὰ καταλείποντα τοῖς τορμικοῖς ὡς τὸ τρίτον μέρος τοῦ πάχους σφιερώματος καὶ εὐπρεπείας ἕνεκα.

Th. 133.

W. 95.
KR. 220.

181. Καὶ τὰ Περιτρήτα δὲ δεῖ ποιεῖν ἐξ εὐτόνου ξύλου, καὶ περιτιθέντας κύκλῳ κατὰ τὸ πάχος λεπίδας ἡλοι συγκοινοῦν, καθάπερ ἐπὶ τῶν παρασίτων καὶ ἀντισιατῶν εἴρηται. Τοὺς δὲ ἡλους διὰ τῆς σφιερώσεως φυλάσσομεν, ἕπως μὴτε διὰ τοῦ τμήματος τοῦ τὸν τόνον δεχομένου, μὴτε δι' ἐτέρου τῶν τμημάτων ἐν οἷς εἰσιν οἱ τόρμοι, οἱ ἡλοι διεκπίπτωσι πλάγιως διερχόμενοι· ἐπεὶ ἀσθενῆς αὐτῶν γίνεται ἡ καθήλωσις, τουτέστιν ἡ ἀπὸ τοῦ ξύλου κατοχή.

182. Τῶν δὲ $ΑΓ$, $ΔΕ$, πάχη οὐκ ἐπ' εὐθείας εἶναι δεῖ, ἀλλὰ περιφερείας, οἷαι εἰσιν αἱ $ΑΠΓ$, $ΔΡΕ$. καὶ αὗται δὲ σφιερώματος ἕνεκα τοῦ περιτρήτου. Γίνονται δὲ αἱ περιφερεῖαι κύκλῳ οὔσαι·

Construire un parallélogramme rectangle $ABGD$, ayant le côté AB double de BG . Joindre AG et mener à cette diagonale, par le point D , une parallèle DE . La figure $AGDE$ sera celle de l'écusson. Joindre ensuite AE . Du point Z comme centre, décrire un cercle égal au trou qui doit loger le faisceau; puis, suivant la circonférence, évider ledit trou²⁰¹.

Cela fait, mener les parallèles HC et KL aux arêtes AD et GE , à une distance égale aux épaisseurs respectives des pieds-droits de flanc et de front. Puis découper les entailles destinées aux tenons desdits pieds-droits, telles que M , N , X , O , non pas dans toute l'épaisseur du madrier, mais en laissant sur les entailles une partie pleine d'environ un tiers, en vue de la solidité et du bon aspect de l'assemblage.

181. Les écussons doivent être faits de bois dur, et recevoir, sur tout leur périmètre, des bandes de fer clouées dans l'épaisseur, comme on l'a dit pour les pieds-droits²⁰². Les clous doivent se limiter au corps du bois, de telle sorte que leurs pointes horizontales ne percent jamais jusqu'à la LUCARNE (Τμήμα, trou cylindrique) destinée au faisceau, ni jusqu'aux entailles servant de loge aux tenons. Au reste, la tenue de ces clous dépend surtout de celle du bois.

182. Quant aux joues AG , DE , elles ne sont pas rectilignes; mais, pour renforcer l'écusson, elles sont courbées, telles que APG , DRE ; et le diamètre de leur courbure est triple de celui de

τηλικούτου οὖν διάμετρος ἢ τριπλασία ἐστὶ τῆς διαμέτρου τοῦ τρήματος τοῦ τὸν τόνον δεχομένου. Ἐπεὶ οὖν τὸ περιτρητον ἀσθενὲς ὑπάρχει διὰ τὸ πάντη ἐκτετρησθαι, πειρῶνται σιδηρᾶς κανονίδας περιτιθέναι αὐτοῖς, ἐγκειμένας τοῖς τε παρασίταις, καὶ ἀντισίταις, κειμένας δὲ κατὰ τὰς ΛΠΓ, ΔΡΕ, περιφερείας.

la lucarne occupée par le faisceau. Et, comme l'écusson, par suite de toutes ces entailles, se trouve très-affaibli, on cherche à le renforcer par des bandes de fer, fixées sur les pieds-droits de flanc et de front, et embrassant les bords arrondis *APG, DER*.

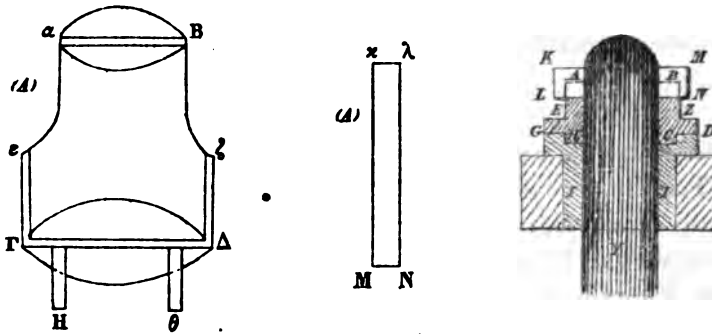
LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Barillets.

183. Ἡ δὲ Χοινικὴ γίνεται τόνδε τὸν τρόπον.

183. Quant au BARILLET (*Χοινικίς*)²⁰³, il s'exécute de la manière suivante :

Fig. 8. Barillet et frein.



Ἐμβολέα δεῖ κατασκευάσαι ὁμοίον τῷ ΑΒΓΔΕΖ ὑπογεγραμμένῳ, ἔχοντι τὰς μὲν ΑΒΕΖ περιφερείας, τὰς δὲ ΕΓΖΔ εὐθείας, τὴν δὲ ΑΒ ἴσην τῇ τοῦ τρήματος διαμέτρῳ· καὶ πρὸς τοῦτον ἐκτορνεύσασθαι τὴν χοινικίδα· ἐὰν μὲν χαλκῇ μέλλῃ ὑπάρχειν, διαπλάσαντα κύκλῳ χυτὴν ποιῆσαι ἀπ' ἐλατοῦ χαλκοῦ, πᾶχος ποιοῦντα τὸ αὐτάρκες πρὸς τὴν τοῦ ὄργανου βίαν. Ἐπὶ δὲ τῶν μείζονων ὀργάνων, ἐὰν ξύλινοι γίνωνται, τὰς κτήδονας τοῦ ξύλου εἰς τὸ ὕψος τῆς χοινικίδος δεῖ ποιεῖν, καὶ περιτιθέναι

On façonne un mandrin, de la forme *ABGDEZ* ci-dessus. La partie *ABEZ* est courbée, et la partie *EGZD* est droite [c.-à-d. *plane*]. La dimension *AB* est égale au diamètre de la lucarne (fig. 8). Sur ce mandrin, on tourne le barillet. S'il doit être coulé en bronze, on le moule en cylindre, d'un bronze mou et d'une épaisseur suffisante pour la solidité de la machine. Dans les grands modèles, les barillets se construisent quelquefois en bois, avec la précaution d'en placer le fil debout.

Th. 134.

W. 97.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KR. 222.

ὁμοίως κατὰ τὴν ἄνω πλευρὰν τὴν *AB*
καὶ κατὰ τὴν κάτω τὴν *ΓΔ* κύκλῳ λε-
πίδας, καὶ πάλιν ἡλοῖς συγκοινοῦν, κα-
ταλιπόντα ἐκ τῆς κάτω πλευρᾶς κύκλῳ
τόρμους, ὁποῖοί εἰσιν οἱ *H*, *Θ*, ὥστε
ἐμβαλεῖν αὐτὰς ἐν ὁπαῖς περὶ τὸ περι-
τρητον γινομέναις ἀντὶ τόρμων· Καὶ δι'
ἄλλου ἐντορνία γίνεται, καὶ εἰς τινα σω-
λῆνα ἐμπίπτει περὶ τὸ περιτρητον γι-
νόμενον ἐν κύκλῳ πρὸς τὸ μὴ παρα-
βαίνειν τὴν χοινικίδα τόπον ἐκ τόπου.
Γίνεται δὲ ἔσθ' ὅτε ὑπόθεμα, τῇ χοι-
νικίδι ἐπικείμενον καὶ συγκεκοινωμένον
τῷ περιτρητῷ, ἐν ᾧ ἔστιν ὁ εἰρημένος
σωλῆν. Τοῦτο δὲ γίνεται ἕνεκα τοῦ μὴ
ἐκκοπῆναι τὸ περιτρητον ὑπὸ τοῦ σω-
λῆνος καὶ ἀσθενῆς γένεσθαι.

W. 98.

184. Καλεῖται δὲ ἡ καταλειφθεῖσα
ἐντορνία Τριβεύς. Ὄταν δὲ ἐντορνία
ὄντι τόρμων καταλειφθῆ, ἐκ τῆς ἄνω
πλευρᾶς τῆς κατὰ τὸ *AB* εὐθείας ἐκκο-
παὶ γίνονται *B* κατὰ διάμετρον κείμεναι,
ἐν αἷς ἔστι κατερχομένη ἢ καλουμένη
Ἐπιζυγίς, κατὰ κρόταφον κειμένη. Αὕτη
δὲ ἔσται σιδηρᾶ, ἐκ καθαροῦ σιδήρου
γιγνομένη, καὶ τὰ ἐν τῇ χαλκείᾳ καλῶς
τετελειωμένη, ὡς πᾶσαν ὑπομειοῦσα
τὴν τοῦ ὄργάνου βίαν· περὶ γὰρ ταύτην
ὁ τόνος καμπτόμενος γίνεταί. Ἐσται
δὲ ἡ αὐτὴ ὡς ἡ *KAMN*.

Montage du bâti.

185. Τούτων δὲ ἤδη διασσεσφαρμι-
σμένων, δεῖ συνθέντα τὸ ἡμίτονιον ἐκ τε
τοῦ [παραστάτου] καὶ ἀντιστάτου τῶντε
δύο περιτρητῶν καὶ τῶν δύο χοινικίδων

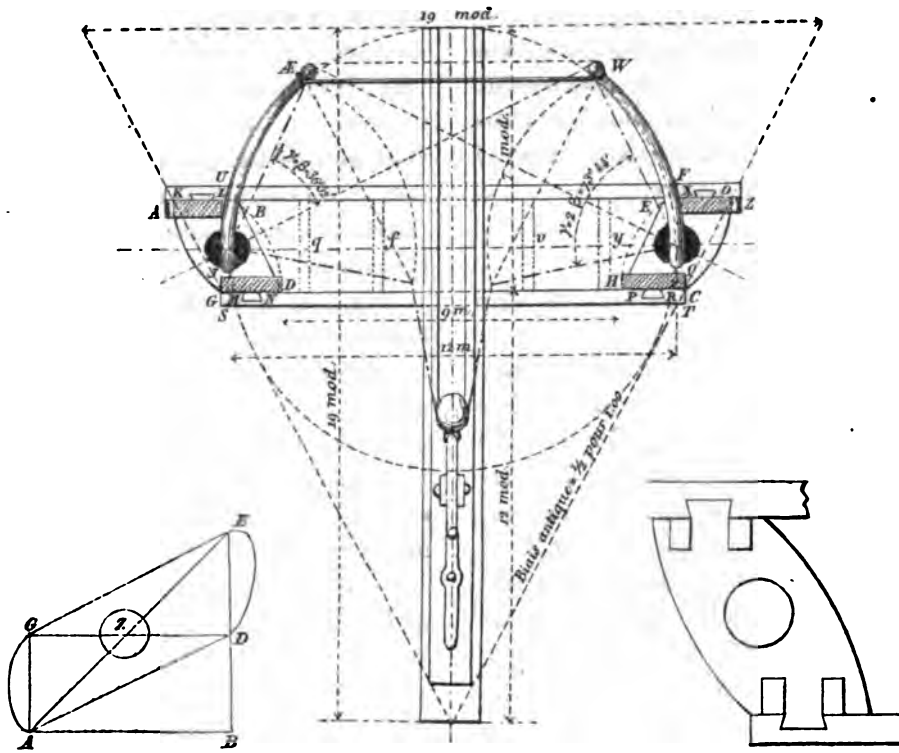
En outre, le bord supérieur *AB*, et le
bord inférieur *GD* doivent être ren-
forcés au moyen de colliers circulaires,
fixés à l'aide de clous, et dont la face
inférieure présente des tenons tels que
H, *C*, distribués sur le pourtour, de
manière à ajuster ces frettes dans des
entailles ménagées, autour de la lu-
carne, en regard desdits tenons. On
obtient ainsi un manchon cylindrique
en forme de tuyau, et s'adaptant par
son contour à la lucarne, de telle sorte
que le barillet se trouve parfaitement
assujetti. On ajoute parfois une SEMELLE
(Ἰπόθεμα) joignant le barillet, mais
fixée sur l'écusson et recevant le tuyau
ci-dessus. Elle a pour objet de ne point
entailler l'écusson, et ainsi de ne point
l'affaiblir, en y logeant ledit tuyau.

184. Le manchon en question se
nomme SOMMIER (Τριβεύς). Lorsqu'il
est installé et ajusté par ses tenons,
on pratique sur le dessus *AB* deux en-
tailles diamétrales recevant la pièce ap-
pelée FREIN (Ἐπιζυγίς)²⁰⁴, qui s'y adapte
de profil. Cette pièce, en fer doux soi-
gneusement corroyé à la forge, est des-
tinée à soutenir tout l'effort de l'engin.
Autour du frein, en effet, s'enroule
tout le faisceau. Soit *KLMN* cette
pièce²⁰⁵.

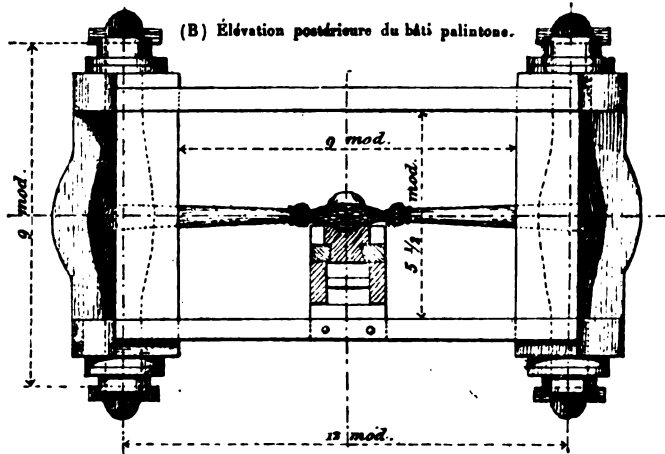
185. Cela posé, il faut procéder au
montage de l'hémiton, qui se compose
des pieds-droits de flanc et de front, des
deux écussons et de leurs barillets. On

Fig. 9. Épure du Palintone (baliste).

(A) Plan.



(B) Élévation postérieure du bâti palintone.



LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Th. 135. W. 99.

τὰς ἐπιζυγίδας ἐναρμόσαι, καὶ περὶ
μίαν αὐτῶν ἐξάψαντα τὴν μίαν ἀρχὴν
τοῦ τόνου, τὴν δὲ ἐτέραν διὰ τῶν τρη-
μάτων διεκβάλλοντα, μηρύεσθαι τὸν
τόνον, ὅπως πᾶς ὁ τῶν τρημάτων τόπος
πληρωθῆ τοῦ τόνου διαμεμηρυσμένου.
Δεῖ δὲ εὖ μάλα διεκτείνειν τὸν τόνον
διὰ τοῦ καλουμένου Ἐντόνιου, περὶ οὗ
τὴν κατασκευὴν ἐροῦμεν.

Ὁμοίως δεῖ κατὰ τὰ αὐτὰ ἐν τῷ ἐτέρῳ
ἡμιτόνῳ συνθεῖναι.

Νοεῖσθω οὖν ἐντεταμένα, ὡς εἴρηται,
τὰ δύο ἡμιτόνια, καὶ κείμενα ἐπὶ τινῶν
κανόνων, καὶ ἀφελῶτα ἀπ' ἀλλήλων
μικρῶ μείζον διπλάσιον τὸ τοῦ ἐνὸς
ἀγκῶνος μῆκος. Νοεῖσθω δὲ τὰ κάτω
περίτρητα τῶν ἡμιτόνιων τὰ ΑΒΓΔ,
ΕΖΗΘ, τὸρμούς ἔχοντα ἐξ αὐτῶν τοὺς
ΚΛ, ΜΝ, ΞΟ, ΠΡ, συνεχόμενα ὑπὸ
κανόνων ΣΤ, ΥΦ, ἐν οἷς εἰσιν οἱ τὸρ-
μοι. Καὶ ἄνω δὲ τὰ αὐτὰ ἐπινοεῖν δεῖ.

installe les deux freins; puis, attachant
à l'un d'eux le bout du cordon névro-
tone, on introduit alternativement, à
travers les barillets, l'autre extrémité
du cordon, et l'on enroule ainsi l'éche-
veau, jusqu'à ce que la chambre des
barillets soit complètement garnie.
Pour plus de facilité, ce travail s'exé-
cute avec l'instrument appelé *TENDEUR*
(Ἐντόνιον), dont nous donnerons la
description.

Même méthode de montage pour
l'autre hémiton.

Concevons donc les deux hémitons,
armés comme on vient de le dire, et
posés sur certaines pièces transversales,
à UNE DISTANCE L'UN DE L'AUTRE UN PEU
PLUS GRANDE QUE DEUX FOIS LA LONGUEUR
DE L'UN DES BATTANTS²⁰⁶. Concevons, en
outre, les écussons inférieurs *ABGD*,
EZHC, des hémitons, munis de tenons
saillants *KL*, *MN*, *XO*, *PR*, et conju-
gués l'un à l'autre par des moises *ST*,
UF, recevant les tenons. Supposons
même dispositif à la partie supérieure.

Τράπεζα.

KR. 224. 186. Οἱ δὲ κάτω κανόνες καὶ δια-
πήμασι συνέχονται πλείοσιν, ὥσπερ
τοῖς Χ, Φ, Υ, Ω, καὶ ἐπὶ τάδε δια-
πήματα σανὶς ἐπιτίθεται ἀναπληροῦσα
πάντα τὸν μεταξὺ τῶν κανόνων τόπον.
Καλεῖται δὲ τὸ πῆγμα τὸ συγκείμενον
Th. 136. ἐκ τε τῶν κανόνων καὶ τῶν διαπηγμά-
W. 100. των καὶ τῆς σανίδος, Τράπεζα.

187. Οὕτως δὲ ταθέντων τῶν ἡμιτο-
νίων καὶ τῶν ἀγκῶνων εἰς τὸ ἐκτὸς ἀνα-
πεπλωκότων, τοῦ μὲν ἐν τῷ ΑΒΓΔ ἐπὶ

186. Les moises inférieures sont
elles-mêmes contreventées par des en-
tretoises telles que *q, f, v, y*, recouvertes
d'un plancher qui remplit tout l'espace
compris entre les moises. L'ensemble
des moises, entretoises et plancher, a
reçu le nom de *table* ou *TRAPÈZE* (Τρά-
πεζα)²⁰⁷.

187. Les hémitons une fois assem-
blés, comme il vient d'être dit, et LES
BRAS ORIENTÉS DE MANIÈRE À BATTRE VERS

τὰ πρὸς τὸ Υ ὡςπερ τοῦ ςΖ, τοῦ δὲ ἐν τῷ ΕΖΗΘ ἐπὶ τὰ πρὸς τὸ Φ ὡςπερ τοῦ ΧΖ, δεῖ τὴν τοξίτην νευρὰν καταγεῖν ὡς εἶρηται, καὶ ἐπιθέντα τὸ βέλος ἀποσχάζειν.

188. Ἡ δε Σύριγξ, ἐν ἣ ἔστιν ἡ διάσφιρα καὶ τὸ χελώνιον καὶ ἡ χεῖρ, ἐπὶ μὲν τῶν Εὐθυτόνων Σύριγξ κέκληται, ἐπὶ δὲ τῶν Παλιντόνων Κλιμακίς, ἐπειδήπερ πλεῖον πλάτος ἔχει καὶ διαπήγμασι συνέχεται πλειόσι, καθάπερ καὶ ἡ Τράπεζα.

Échelette.

189. L'auteur décrit ici l'échelette, formée de deux longerons maintenus parallèles par des entretoises. Sur le dessus des longerons sont cloués des tasseaux ou bandes longitudinales, entre lesquelles se meut le tiroir. L'échelette se relie aux hémitons par des contrefiches. J'indique sommairement ces particularités, qui n'ont qu'un rapport indirect avec la χειροβαλλίστρα.

Torsion des faisceaux.

190. Ὅλον δὲ τὸ ἐκ πάντων συντεθέν ὄργανον ἐπιτίθεται ἐπὶ τὴν βάσιν. Καλεῖται δὲ Πτέρυξ αὐτὸ τὸ ὄργανον ὄλον. Λαμβάνει δὲ καὶ τὰ ἡμιτόνια ἀντηρείδας, ὧν τὰ μὲν ἄκρα ἐν τῇ κλιμακίδι ἐρήρυσται...

191. Διαβληθέντων δὲ τῶν ἀγκῶνων διὰ μέσων τῶν τόνων, δεῖ ἐπιστρέφειν τὰς χοινικίδας μάχλω σιδηρῶ κρῖκον ἔχοντι, εἰς ὃν ἐμβάλλεται ἡ τῆς ἐπιζυγίδος ὑπεροχή, ὅπως οἱ ἀγκῶνες τὴν ἀνάπλωσιν ἔχωσι τὴν εἰρημένην. Δεῖ

L'EXTÉRIEUR²⁰⁸, celui de *ABGD*, tel que *JÆ*, étant orienté vers *U*, et celui de *EZHC*, tel que *QW*, étant orienté vers *F*, il reste à tirer en arrière la corde archère²⁰⁹, à poser le projectile et à lâcher la détente, comme on l'a dit plus haut.

188. La monture où se meut le tiroir avec sa gâchette et sa griffe, s'appelle COULISSE (Σύριγξ) dans les *euthytones*, et ECHELETTE (Κλιμακίς) dans les *palintones*, à raison de sa largeur plus grande et des traverses d'assemblage qu'elle reçoit comme le trapèze.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

190. L'ensemble de la machine ci-dessus, continue Héron, se monte ensuite sur l'affût. On lui donne le nom d'OISEAU (Πτέρυξ, *aile*). Les hémitons sont d'ailleurs armés de contrefiches, dont les pieds s'appuient sur l'échelette...

191. Les bras étant logés au centre des faisceaux, la torsion s'effectue à l'aide d'un levier de fer muni d'un collet, s'ajustant sur la tête du frein, DANS LE SENS PERMETTANT DE DONNER AUX BRAS LE BATTERMENT INDICQUÉ PLUS HAUT²¹⁰.

Th. 137.
KR. 103-104.

W. 102.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

δὲ ἐκτείνειν τὴν τοξίτην νευρὰν οὕτως, ὥστε τοὺς ἀγκῶνας βραχὺ ἀπέχειν ἀπὸ τῶν παρασιῶτων, ὅπως μὴ συγκρουόμενοι θραύωνται καὶ θραύωσιν.

Du reste, il faut tendre la corde archère, de manière à ce que les bras touchent presque les pieds-droits de flanc, sans pouvoir les frapper ni s'y briser eux-mêmes, à l'instant de la détente.

Armatures métalliques.

192. Suivent diverses recommandations ayant trait aux armatures métalliques, pour la consolidation du système. L'auteur termine par cette remarque :

W. 103. 193. Τὰ δὲ περιττήτα βερόμβωται ἕνεκεν τοῦ τῶν ἀγκῶνων ἄκρα' τὴν τοξίτην δεχόμενα πλεῖον ἀπ' ἀλλήλων ἀπέχειν. Οὐ μὴν ἀλλὰ καὶ οἱ παρασιῶται ἐξεκώπησαν τὰς εἰρημένας κοιλασίας τῆς αὐτῆς αἰτίας ἕνεκεν. Καὶ τὰ μὲν ἐπὶ τῶν Παλιντόνων ἐπὶ τοσοῦτον εἰρήσθω.

193. Quant aux écussions, on les découpe en parallélogrammes (*βερόμβωται*), afin que les extrémités des battants, reliées par la corde archère, PUISSENT S'ÉCARTER D'AVANTAGE L'UNE DE L'AUTRE²¹¹. D'ailleurs, les gorges ménagées dans les pieds-droits de flanc concourent au même but. Je m'en tiens à ce qui précède, sur les engins *palintones*.

SYSTÈME EΥΘΥΤΟΝΟΝ.

W. 104. 194. Τὰ δὲ Εὐθύτονα τὰ μὲν ἄλλα πάντα τὰ αὐτὰ ἔχει τῷ παλιντόνῳ, πλὴν ὅτι τὰ δύο ἡμιτόνια εἰς ἓν πλιυθίου σύγκειται, ἀπέχοντα ἀλλήλων τὸ τῆς διώστροφας πλάτος· δι' ὃ δὴ οὕτε τράπεζαν, οὕτε τοὺς ἄνω κανόνας, οὕτε τὰς ἀντηρείδας λαμβάνει. Γίγνεται δὲ τὰ κάτω δύο περιττήτα ἐξ ἑνὸς ξύλου, καὶ ὁμοίως τὰ ἄνω.

194. Le système de l'Εὐθύτονον est le même que celui du Παλιντόνον²¹². Seulement, les deux hémitons y sont fondus en un seul bâti, n'étant séparés que par la largeur du tiroir²¹³. Il n'y a donc ni trapèze, ni moises supérieures, ni contrefiches. Les deux écussions du bas sont d'une seule pièce, et de même les deux du haut.

Tracé des tables.

195. Συλλογισάμενος δὴ τὰ τε πᾶσι τῶν παρασιῶτων καὶ τῶν μεσοσιῶτων (οὓς δὴ ἀντισιῶτας ἐπὶ τῶν παλιντόνων ἐκαλοῦμεν), καὶ ἔτι τὰς τῶν τρημάτων

195. Faisant donc la somme des pieds-droits latéraux et intermédiaires (*Μεσοσιῶται*, appelés pieds-droits de front dans les *παλιντονα*)²¹⁴, des dia-

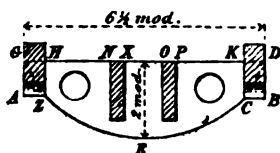
διαμέτρους, καὶ τὸ τῆς διώσιρας πλάτος (ὃ δὴ μεταξύ ἐστὶ τῶν μεσοσιατῶν), ἔκθου ἐπὶ σανίδος τηλικαύτην εὐθείαν τὴν AB , καὶ ταύτη πρὸς ὀρθὰς ἀγαγὼν τὰς AG , BD , ὧν ἐκάτερα ἴση ἐστὶ τῇ τοῦ τμήματος διαμέτρῳ ἢ καὶ μικρῶ μείζων, περιγράψου μὲν περιφέρειαν κύκλου διὰ τῶν Γ , Δ , τὴν $\Gamma\Delta$ · καὶ ἔσται σοι τὸ $\Gamma\Delta\Theta$ σχῆμα τὸ κάτω μέρος τοῦ περιτρήτου ἐν τῷ Εὐθύτονῳ τῷ συγκεκμημένῳ ἐκ τῶν δύο περιτρήτων.

mètres des lucarnes [ou MODULES] et de largeur du tiroir (intervalle des pieds-droits du milieu); puis, traçant sur une planche une droite AB égale à cette somme, on mènera à la droite deux perpendiculaires AG et BD , dont chacune égale ou excède à peine le module. Si, par les points G et D , on fait passer l'arc de cercle GED , on obtiendra ainsi le tracé de l'arête postérieure $GZECD$ de la table²¹⁵ de l'Εὐθύτονον, formé par les deux écussons réunis [fig. 10].

I.A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.
KR. 228.

Th. 138.
W. 105.

Fig. 10. Table de l'Euthytone (Catapulte ou Oxybèle).



196. Ἀπολαβὼν οὖν τὰς AZ , ΘB , ἴσας τῷ πλάτει τοῦ παρασιλάτου, καὶ ἀγαγὼν πρὸς ὀρθὰς ἐν τῇ σανίδι τῇ AB τὰς ZH , ΘK , περιγράψου τὰ τμήματα τὰ δεχόμενα τὸν τόνον, τὰ Λ , M , μικρὸν ἀπέχοντα ἀπὸ τῶν ZH , ΘK · εἶτα ἐφεξῆς θείε τὰ πλάτη τῶν μεσοσιατῶν τὰ NE , OP , παράγαγε πρὸς ὀρθὰς τῇ AB , καὶ ἔσται τὸ μεταξύ τῶν ΞO , τὸ πλάτος τῆς διώσιρας.

196. Maintenant, si l'on prend les longueurs AZ , CB , égales à l'épaisseur des pieds-droits latéraux, et si l'on trace sur la planchette ZH et CK perpendiculaires à AB , on pourra décrire les LUCARNES L et M ou chambres des faisceaux, qui toucheront presque les lignes ZH et CK . Puis, comptant à la suite les épaisseurs NX , OP , des pieds-droits intermédiaires, on disposera ceux-ci à angle droit avec AB , et l'intervalle XO sera la largeur du tiroir.

Montage de l'euthytone.

197. Δεῖ οὖν καὶ ἄλλο κατασκευάσαι ὁμοίον σχῆμα τῷ εἰρημένῳ, ὅπερ μετὰ τὸ παγῆναι τοὺς παρασιλάτας καὶ τοὺς μεσοσιάτας, δηλονότι τὸρμων γινομένων, ἐπάνω ἐπιτιθέαμεν· καὶ λοιπὸν

197. On trace une seconde figure identique, pour la table supérieure, qui s'assemble, par des tenons, avec les pieds-droits latéraux et intermédiaires. Le surplus, faisceaux de nerfs, baril-

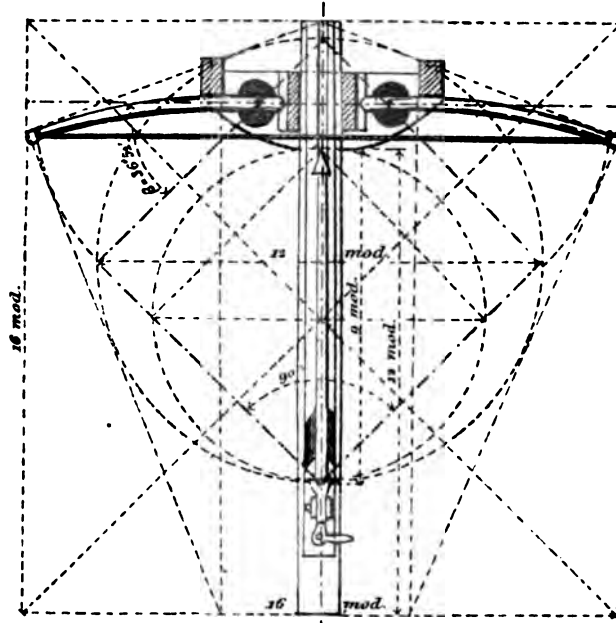
LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

βάλλοντες τὰ νευρά και τὰς χοινικίδας
και τὰ λοιπὰ τὰ ἄνω εἰρημένα, βάλλου-
τες δὲ και τοὺς ἀγκῶνας, ἔχομεν ἐν ἐνὶ
πλινθίῳ συνεστιαλμένα πολλὰ μέρη τοῦ
ὄργανου. Οἱ δὲ ἀγκῶνες τίθενται, ὡς
οἱ TP, ΥΣ, ἀναπεπλωκότες πρὸς τοῖς
παρασίταις.

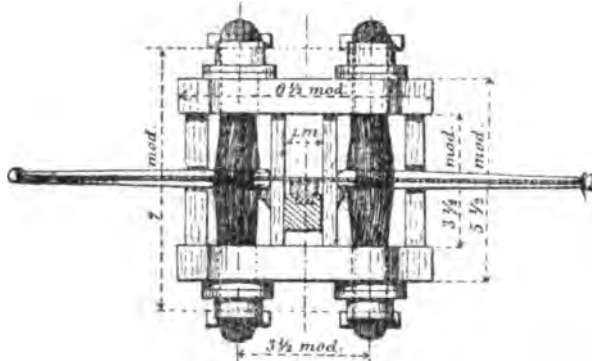
lets, etc., s'exécute comme il a été dit.
Enfin l'installation des bras complète,
en un seul bâti, la presque totalité de
l'engin. Ces bras, tels que TR et US,
battent en remontant, tout près des
pieds-droits latéraux de la cage²¹⁶.

Fig. 11. Épure de l'Euthytone (Catapulte).

(A) Plan d'ensemble (abstraction faite du treuil de bandage.)



(B) Élévation arrière.



Tendeurs, faisceaux et corde archère.

198. L'auteur passe ensuite au TENDEUR (*Ἐντόμιον*), servant à effectuer le montage des faisceaux névrotones; puis il aborde la fabrication des cordons, formés de tendons ou fibres, ou de cheveux²¹⁷. Il indique, en passant, que la corde archère de l'Euthytone est remplacée, dans le Palintone, par une bande, CEINTURE OU EMBRASSE (*Ζώνη*), entourant la moitié postérieure de la pierre, et retenue, lorsque la machine est armée, par un crochet ou doigt unique, engagé dans une boucle ménagée à l'arrière de la ceinture.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.
Th. 141.
KR. 232.
W. 110.
KR. 234.
W. 111.

Module.

199. Héron expose ensuite la méthode de calcul du MODULE OU CALIBRE (*Τρήμα*), mesuré au *diamètre des lucarnes*, dans les deux systèmes : *unité* fondamentale de toutes les autres dimensions.

W. 113.

L'auteur énonce les deux règles suivantes :

1° Dans l'*Εὐθύτονον*, le module égale le neuvième de la longueur du trait²¹⁸.

Th. 142.
W. 113-114.

2° Dans le *Παλίντονον*, on multiplie par 100 le poids de la pierre exprimé en mines. La racine cubique du produit, augmentée de son dixième, exprime en doigts le module²¹⁹.

Duplication du cube.

200. Le traité de la Bèlopée se termine par l'exposé d'une solution graphique du problème de la *duplication du cube*, si célèbre dans l'antiquité²²⁰, et servant ici pour calculer l'échelle de proportion de deux machines dont les boulets ont leurs poids *dans un rapport déterminé*.

Th. 143.
KR. 236.
W. 114-119.

Les règles indiquées par Héron d'Alexandrie sont confirmées par Philon de Byzance et par Vitruve²²¹.

Dimensions des machines de jet.

201. Les figures 12 et 14, données plus haut, sont les épures du

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Παλίντονον et de l'Εὐθύτονον, construites d'après certains principes que mettra en pleine lumière la restitution graphique de la χειροβαλλίστρα. Pour le moment je dois seulement indiquer les principales proportions des deux types névrotones, au point de vue de la comparaison de leurs effets balistiques.

Les détails suivants sont empruntés au livre IV (Βελοποιϊκῶν) de Philon de Byzance²²².

Th. 53. 202. Ἡ δὲ τοῦ τρήματος διάμετρος
KR. 250. μέτρον ἐστὶ πάντων τῶν κατὰ μέρος
ὑπαρχόντων ἐν τῷ ὄργανῳ.

202. Le diamètre des lucarnes, dit le savant contemporain d'Héron, sert de module pour toutes les autres proportions du type.

ΠΑΛΙΝΤΟΝΑ (BALISTES, LITHOBOLES OU PIERRIERS).

203. Οἷον τὸ μὲν Περίρητον ἐκ μέσου μετρούμενον μῆκος λαμβάνει τρημάτων δύο καὶ ἡμισυ καὶ τέταρτον, τὸ δὲ ὕψος διαμέτρου μιᾶς.

203. Ainsi l'écusson, mesuré en son milieu, a une longueur de $2 \frac{1}{4}$ modules²²³. Sa hauteur est de 1 module²²³.

204. Ἡ δὲ Χοινικὸς μῆκος μὲν ἔχει διαμέτρων δύο, τὸ δὲ πλάτος ἴσον τῷ τοῦ Περιρήτου πλάτει, τὸ δὲ ὕψος διαίρεθῆσθαι τῆς διαμέτρου εἰς μέρη τέσσαρα, τούτων τὰ τρία.

204. Le barillet a deux modules de long. Sa largeur est égale à celle de l'écusson. Sa saillie supérieure est de $\frac{3}{4}$ de module²²⁵.

205. Καὶ τὸ τοῦ Τριβέως πᾶχος διαμέτρου μέρος πεμπλόν.

205. L'épaisseur du sommier (Τριβέως) est de $\frac{1}{5}$ de module²²⁶.

206. Παρασίλου δὲ ὕψος γίνεταί χωρὶς τόρμων διαμέτρων Ἐ καὶ ἡμισυ, πλάτος δὲ διαμέτρου μιᾶς καὶ τρίτου μέρος καὶ ἔτι τέταρτον, πᾶχος δὲ διαμέτρου ἡμισυ καὶ εἴ καὶ ἔτι τῷ ἑκατακῶ μέρει ἔλασσον.

206. Le pied-droit de flanc a $5 \frac{1}{2}$ modules de hauteur, sans compter les tenons²²⁷. Sa largeur est de $1 \frac{1}{4}$ de module, et son épaisseur de $\frac{1}{2}$ de module.

207. Ὑποθέματος τοῦ ὑπὸ τοῦ Περιρήτου ὕψος διαμέτρου μέρος τέταρτον.

207. Le support engagé dans l'écusson fait saillie de $\frac{1}{4}$ de module.

208. Ὡστε τὸ πᾶν τοῦ Ἡμιτονίου ὕψος συναγόμενον γίνεται χωρὶς ἐπιζυγίδων διαμέτρων ἐννέα... Τῆς δὲ Ἐπιζυγίδος τὸ μὲν πᾶχος ἀρκεῖν γενόμενον

208. Par suite, la hauteur totale de l'hémiton, mesurée entre les freins²²⁸, est de 9 modules. Quant au frein, l'épaisseur la plus convenable est $\frac{1}{4}$ de

τοῦ πλάτους μέρους τῆς διαμέτρου, τὸ δὲ πλάτος διπλάσιον τοῦ πλάτους.

209. Τοῦ δὲ Ἀγκῶνος μῆκος συμμετρῶτατον ἔφασαν εἶναι διαμέτρων ἑγὶ γινόμενον.

210. Τὸ δὲ πλάτος αὐτοῦ ποιεῖν ἡμισυ διαμέτρου, καὶ πλάτος τὸ ἴσον.

211. Τὸ δὲ τῆς Νευρᾶς μῆκος διπλάσιον καὶ ἑπτὰ δεκατημορίῳ τοῦ Ἀγκῶνος μήκους πλέον.

212. Τῆς δὲ Τραπεζῆς τὸ μῆκος διαμέτρων ἑννέα, τὴν δὲ σανίδα τὴν ἐν τραπέζῃ τὸ πλάτος ἀρκεῖν ἔχουσαν διαμέτρου τὸ ὑδροῦν μέρος, τὰ δὲ ἐπιπήγματα τῆς τραπέζης ποιεῖν πλάτος καὶ πλάτος ἔχοντα τῆς κλιμακίδος.

213. Τῶν δὲ κανόνων τὸ μὲν μῆκος ἀρμόζον τοῖς Ἡμιτονίοις, πλάτος δὲ διαμέτρου ἡμισυ, προστιθέντα ἑπτὰ καὶ τὸ ὀκτωκαιδέκατον μέρος, πλάτος δὲ διαμέτρου ἡμισυ, ἀπολείπον τῷ ὀκτωκαιδέκατῳ μέρει.

214. Τῆς δὲ Κλιμακίδος τὸ ἰσὸν εὐαρμολογεῖν μάλιστα ἔφασαν δέκα καὶ ἑννέα διαμέτρων γενόμενον, καὶ πλάτος τὸ ἐντὸς διαμέτρου μιᾶς καὶ ἑπτὰ πλάτους μέρους· τοῖς δὲ σκέλεσιν αὐτῆς πλάτος μὲν διδόναι διαμέτρου τέταρτον μέρος, ὕψος δὲ ἑλῆς διαμέτρου.

215. Καὶ διαπήγματα ἐμβάλλειν τιθέντα διὰ τεσσάρων διαμέτρων, πλάτος ἔχοντα τῆς διαμέτρου τὸ τρίτον μέρος, πλάτος δὲ ἕκτον μέρος.

216. Ποιεῖν δὲ τὰ Πτερύγια, δι' ὧν τὸ Χελώνιον ἀγεται, μῆκος μὲν ἔχοντα τὸ ἴσον τῇ Κλιμακίδι, πλάτος δὲ διαμέτρου τέταρτον μέρος, πλάτος δὲ ὀκτωκαιδέκατον μέρος τῆς διαμέτρου.

module, sur une largeur double de l'épaisseur²²⁹.

209. Pour le *battant*, on recommande la longueur de 6 modules, comme la plus pratique²³⁰.

210. La largeur et l'épaisseur du *battant* sont de $\frac{1}{2}$ module.

211. La longueur de la *corde* excède de $\frac{1}{16}$ le double de la longueur du *battant*²³¹.

212. La longueur du *trapeze* est de 9 modules²³². L'épaisseur du *plancher* qui le recouvre est de $\frac{1}{2}$ de module. Les *entretoises* ont même largeur et épaisseur que celles de l'*échelette*.

213. Les *moises* longitudinales qui relient les *hémitons* ont de largeur $\frac{1}{2}$, et d'épaisseur $\frac{1}{2}$ de module.

214. L'*échelette* a, dit-on, en bonne proportion, 19 modules de longueur. Sa largeur, en dedans, est de $1\frac{1}{2}$ module. Ses *longerons* ont de largeur $\frac{1}{2}$ de module et de hauteur 1 module.

215. Les *entretoises* sont espacées de 4 modules. Elles ont $\frac{1}{2}$ de module de large, et $\frac{1}{2}$ de module d'épaisseur.

216. Les *rebords* (Πτερύγια, *glissières*)²³³, entre lesquels se meut la *tortue* (Χελώνιον, *culasse*) ont même longueur que l'*échelette*. Leur longueur est de $\frac{1}{2}$ de module, et leur épaisseur de $\frac{1}{16}$.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Th. 54.

KR. 252.

LA
CHIROBALISTE
D'HERON
D'ALEXANDRIE.

217. Καὶ Χελωνίου μῆκος μὲν ποιεῖν σύμμετρον, πλάτος δὲ ἀρμολίδον τῆ κλιμακίδι.

Καὶ τῶν μὲν ξυλίνων τὰ μέτρα ταῖς εἰρημέναις ἀναλογίαις λαμβάνοντας μὴ διαμαρτεῖν.

218. Σιδήρου δὲ ἔφασαν εἰργασμένου λαμβανεῖν τὸ ὀρθῶς δοθὲν ὄργανον συνθέντες ἐπιζυγίσαι καὶ τοῖς ὑποθέμασι περὶ εἴκοσι καὶ πέντε σταθμοὺς πρὸς τὸν λίθον.

219. Τὸ δὲ τοῦ Τόνου πλῆθος μὴ ὀρισμένον εἶναι· δεῖ μὲντοι ἐπιμελῶς ἐξαρτᾶν καὶ ὡς πλεῖστον περιωμένους ἐμβάλλειν, ὡς οὐ μικρᾶς· παρὰ τοῦτο γιγνώμενης διαφορᾶς· εἶχε δὲ ἂν συμμετρως-μάλιστα περὶ ΚΕ' γινόμενον σταθμοὺς πρὸς τὸν λίθον. . .

Καὶ τὰ μὲν Λιθοβολικὰ τῶν ὀργάνων ἔλεγον δεῖν τούτῳ τῷ τρόπῳ συνίστασθαι.

Εἴθῳτωνα (oxybèles ou catapultes).

Th. 55. 220. Τὰ δὲ Ὄξυβελῆ, καθότι μέλλομεν δηλοῦν· ὑποσησάμενον ἑαυτῷ μῆκος πηλίκον βούλει τὸ τοῦ βέλους, διελεῖν αὐτὸ εἰς ἑννέα μέρη, καὶ ἐνὸς ποιεῖν τὴν τοῦ τμήματος διάμετρον· τῇ δὲ διαμέτρῳ πάλιν καὶ ἐπὶ τούτων μέτρῳ χρῆσθαι πρὸς πάντα τὰ κατὰ μέρος ἐν τῷ ὀργάνῳ γιγνώμενα.

221. Καὶ τὸ μὲν Περίτρητον ποιεῖν μῆκος ἔχον διαμέτρων ζC', πλάτος δὲ ἐκ μέσου μετρούμενον διαμέτρων δύο, ἐκ δὲ τῶν ἄκρων διαμέτρου μιᾶς καὶ ἡμισείας, πλάτος τμήματος ἐνός.

222. Τοὺς δὲ Παρασίλατας μῆκος μὲν ἔχοντας ποιεῖν χωρὶς τόρμων τρη-

217. La tortue doit être de même longueur que l'échelette, et sa largeur doit résulter de celle de cette dernière.

En se conformant, pour les bois, aux proportions ci-dessus, on évitera toute erreur.

218. Quant au fer forgé, une machine bien faite doit en recevoir, tant pour les freins que pour les armatures, environ vingt-cinq fois le poids du boulet de pierre²³⁴.

219. L'abondance du faisceau n'est pas limitée²³⁵. Il faut toutefois l'installer avec précaution, tout en cherchant à en introduire le plus possible. Il peut en résulter une différence notable. La meilleure proportion est de vingt-cinq fois le poids de la pierre²³⁶. . . .

Telles sont, pour les pierriers²³⁷, les proportions à suivre en pratique.

220. Le module de l'engin à projectile aigu se calcule au neuvième de la longueur que l'on veut assigner au trait. Cette quantité sert de base à toutes les autres dimensions du système.

221. La table a $6\frac{1}{2}$ modules de longueur. Sa largeur, mesurée au milieu, est de 2 modules, et aux extrémités de $1\frac{1}{2}$ module. Son épaisseur est de 1 module.

222. Les pieds-droits latéraux ont de longueur $3\frac{1}{2}$ modules, non compris

μάτων ΓC', πάχος δὲ ἡμίσεως τρήματος καὶ ἔτι ὀγδόου.

223. Τοὺς δὲ Μεσοσίατας μῆκος ἔχοντας ἴσον τῷ Παρασίατῃ, πλάτος δὲ οἷον AC' διαμέτρου, πάχος δὲ τρήματος Δ δ' καὶ ὀγδοῦν.

224. Τοὺς δὲ Ἀγκῶνας ποιεῖν διαμέτρων ἑπτα· τῆς δὲ Σύργγος τὸ μῆκος δεῖ εὐαρμόστειν IC' μάλιστα γιγνώμενον διαμέτρων.

Καὶ περὶ μὲν τῶν συντάξεων ἐπὶ τοσοῦτον εἰρήσθω.

les tenons, et d'épaisseur $\frac{1}{2}$ de module.

223. Les *pieds-droits du milieu* ont même longueur que les précédents, $1 \frac{1}{2}$ module de largeur, et $\frac{1}{2}$ module d'épaisseur.

224. Les *bres* doivent avoir 7 modules de longueur²³⁸. Quant à la *monture* (coulisse) la longueur la mieux proportionnée est de 16 modules.

Je m'en tiens à ces données sur les proportions des machines.

-LA
CHIRAMBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

CHAPITRE TROISIÈME.

DISTINCTION TECHNIQUE ENTRE LE ΠΑΛΙΝΤΟΝΟΝ ET L'ΕΥΘΥΤΟΝΟΝ.

DÉFINITIONS, D'APRÈS LES Βελοποιϊκά.

225. Dans la traduction, donnée au chapitre précédent, des détails de la Bélépée concernant le Παλίντονον et l'Ευθύτονον, j'ai annoté les passages²³⁹ qui autorisent à placer les *battants* du Palintone *sur l'avant* de l'engin. J'ai démontré que l'expression *εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος, du côté extérieur*, employée trois ou quatre fois par Héron et confirmée par Philon et Vitruve, possède, dans les Βελοποιϊκά, une signification très-précise, dont l'auteur lui-même fait remarquer l'importance. J'en ai conclu que le caractère distinctif du Παλίντονον consiste dans la *convergence* des battants *vers l'avant* de la volée.

226. D'un autre côté, le tracé des *écussons biaux*, restitué pour la première fois d'après la Bélépée, et appuyé sur la comparaison d'une autre méthode, également rétablie d'après Philon de Byzance, est venu confirmer, par le dispositif de l'épure résultante, l'hypothèse du *battement extérieur*²⁴⁰. J'en ai déduit immédiatement l'explication de la largeur donnée à l'embrasure, de la figure et même du nom technique du *trapèze*, enfin de la longueur considérable de la corde, attestée

par Héron et par Philon. La concordance de ces divers détails a pleinement démontré la justesse de l'hypothèse²¹¹.

INTERPRÉTATIONS ANTÉRIEURES.

227. Voici maintenant, d'après M. de Reffye, la définition du système palintone, consignée par P. Mérimée dans son compte rendu au *Moniteur universel* (9 novembre 1867), de la *Poliorcétique* de M. C. Wescher.

« Dans l'*Euthytone*, dit Mérimée, le machiniste tire à soi, au moyen
« d'un treuil, la corde de l'arc jusqu'à ce que les écheveaux aient reçu
« une torsion suffisante. Cette corde présente alors la forme d'un V, et,
« dans son angle rentrant, on placera sans peine une flèche; mais le
« même angle sera peu propre à recevoir un autre projectile, une
« pierre, par exemple.

« Maintenant, si l'on suppose que les bras de l'arc sont engagés dans
« les écheveaux du côté opposé aux châssis, c'est-à-dire *du côté où est*
« *le but qu'on vise*, pour donner le mouvement de torsion aux éche-
« veaux, en un mot, pour bander la machine, il faudra que la corde
« passe à l'intérieur du châssis entre les deux écheveaux, et que les
« deux extrémités de l'arc se rapprochent. Alors la corde prendra la
« forme d'un U allongé, dont le fond arrondi reçoit convenablement
« une pierre ou un boulet. Héron compare à une ceinture la corde des
« machines *palintones*.

Plus loin : « La catapulte *palintone* a été ainsi nommée, ajoute Mé-
« rimée, parce qu'elle a les bras de son arc *dans le sens opposé des autres*
« *machines*, absolument comme l'arc *palintone*, *dans l'état de repos*, a
« *ses extrémités dirigées du côté opposé à la tension*²⁴².

228. Vraie en elle-même, cette explication ne répond pas suffisamment à toute la rigueur technique des termes *παλίντονον* et *εὐθύτονον*. Ils ont, en effet, une signification géométrique précise, absolue, qui n'a point encore été définie; si naturelle d'ailleurs, au point de vue théorique, qu'elle doit dater de l'invention même des machines de jet. La distinction générique entre l'*Εὐθύτονον* et le *Παλίντονον*

révèle, chez l'ingénieur qui l'a conçue, une haute portée d'esprit géométrique, qui justifierait la conjecture en vertu de laquelle, comme on l'a vu plus haut, les *Βελοποιικά* d'Héron seraient peut-être un traité d'Archimède. On en jugera tout à l'heure.

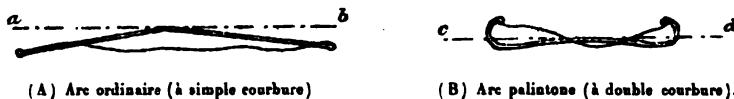
LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ARCS PRIMITIFS.

229. Dans le langage courant, *εὐθύτονος* est presque inusité²⁴³. Pindare l'applique au tracé *rectiligne* du stade olympique²⁴⁴, et le scholiaste l'explique par *ἀκαμπής*, sans courbure. Au contraire, *παλίντονος* se trouve beaucoup plus fréquent, plus ancien et plus précis. On le rencontre plusieurs fois dans Homère et dans Hérodote, comme épithète de l'*arc à main*. Or l'exactitude bien connue de ces deux grands témoins de l'histoire autorise à penser que le terme *παλίντονα τόξα* n'est point par eux employé au hasard²⁴⁵. Qu'est-ce donc que l'*arc palintone* ?

230. Dans sa *Poliorcétique des anciens*²⁴⁶, Dureau de la Malle reproduit les figures ci-dessous de deux arcs égyptiens, d'après des bas-reliefs de la plus haute antiquité. Le premier est un arc circulaire, le second est un arc à double courbure.

Fig. 12. Arcs primitifs.



(A) Arc ordinaire (à simple courbure)

(B) Arc palintone (à double courbure).

231. Si l'on imagine une tangente *ab* au premier arc en son milieu, c'est-à-dire passant par la main de l'archer, cette ligne droite figure la position que prendrait le bois de l'instrument, s'il pouvait librement se redresser à l'instant du tir.

C'est vers cette position que l'arc tend à revenir en lançant le trait, et il y tend *directement*.

232. Dans le second arc, au contraire, la tangente *cd* menée par la main de l'archer, laisse à l'avant les deux cornes ou branches recourbées. Plus longues que celles de l'arc circulaire, ces branches

sont susceptibles d'une flexion plus notable. L'extrémité libre d'un corps élastique soutenu à l'autre extrémité fléchit à proportion de la longueur du corps, quel que soit le profil longitudinal. L'arc à double courbure comporte donc plus de course et par suite plus de puissance que l'arc simple.

233. Un pareil arc étant bandé, les pointes m , n , de ses cornes tendent à se rapprocher de l'axe idéal cd . Lorsque le trait part, elles s'en écartent brusquement. Elles subissent une sorte de recul²⁴⁷.

C'est ce mouvement de recul, par rapport à la droite idéale traversant la main de l'archer, qui est caractérisé par le terme *παλίντονον*.

De même, c'est la tendance directe vers cette droite idéale qui justifie l'épithète *εὐθύτονον* applicable à l'arc circulaire.

Ces deux termes techniques reposent donc simplement au fond sur des distinctions cinématiques, dont le sens bien éclairci venge Homère et Hérodote du reproche d'ignorance, lancé contre eux par de présomptueux critiques.

DÉFINITIONS GÉOMÉTRIQUES DES ENJUS Παλίντονον ET Εὐθύτονον.

234. Entre les machines de la Bélopée, la distinction à établir se montre plus nette encore, à ce qu'il semble, qu'entre les deux formes antiques de l'arc. La ligne idéale, considérée plus haut comme repère fixe des deux battements, fait place, dans les engins à faisceaux de fibres tordues, au plan d'axe des pivots névrotones, c'est-à-dire au plan médian transversal de l'embrasure. A l'instant du tir, les bras de l'εὐθύτονον SE RAPPROCHENT de ce plan; ceux du παλίντονον, au contraire, S'EN ÉCARTENT.

235. La signification intime du terme *παλίντονον* ressort du passage, jusqu'ici incompris, de Tertullien, cité plus haut dans l'introduction historique, à propos du scorpion²⁴⁸: « Machinam bellicam RE-TRACTU tela vegetantem de scorpio nominant. » *Retractu* rend ici l'idée de *παλίντονον* avec une grande exactitude. Le scorpion, nommé depuis *manubaliste*, n'était déjà plus, au temps de Tertullien, une variété de l'*euthytone*, comme l'indique l'auteur de la Bélopée. A tous les

points de vue, surtout pour les engins portatifs ou roulants, le type *παλιντονον* fut de bonne heure reconnu le seul convenable. Les petits calibres de ce système, témoin la *χειροβαλλίστρα*, conservaient pourtant la *monture* de l'*euthytone*. En un mot, le *scorpion* fut un système mixte, à corps *euthytone* et à battants *palintones*.

LA
CROIBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

DE L'INCLINAISON DU JET.

236. Pour compléter la théorie ci-dessus, je dois rappeler l'assimilation, tentée par plusieurs interprètes, entre les machines *euthytones* et les bouches à feu modernes à *tir rasant*, et entre les *palintones* et les mortiers à *tir plongeant ou parabolique*²⁴⁹.

Cette assimilation est complètement insoutenable.

237. Dans les engins *névrotones*, la vitesse du projectile était loin d'égaliser celle que la poudre imprime aux balles et boulets modernes. Dufour a déduit d'expériences pratiques des tables de tir applicables aux engins de la Bélépée. Il a trouvé qu'une *baliste*²⁵⁰ (que par erreur il déclare *euthytone*) lançait à 402 mètres environ, sous l'angle de 45 degrés, un poids de 30 kilos, avec une vitesse initiale de 62^m.80; de même qu'un *scorpion*²⁵¹ (*euthytone* selon le savant officier) lançait à 222^m.60, sous l'angle de 15 degrés, un trait de 500 grammes, avec une vitesse initiale de 66^m.10. Or Lombard²⁵² assigne des vitesses initiales de 207 et 272 mètres aux mortiers de 27 et 32 centimètres, tirant à 45 degrés. Les canons de 12 et de 8, chargés *au tiers* du poids du boulet, admettent les vitesses initiales de 546 et 551 mètres²⁵³. Enfin la vitesse initiale d'une balle de chassepot est de 450 mètres.

238. Ces chiffres donnent la mesure de la supériorité des armes à feu sur l'antique système des faisceaux tordus. Même à longue portée, les meilleurs engins gréco-romains compensaient leur faible vitesse initiale par le relèvement de l'angle du jet. Le tir incliné constituait donc, dans l'artillerie des anciens, un principe permanent et nécessaire. Les simples archers, on l'a vu plus haut²⁵⁴, lançaient leurs flèches, dans certains cas, par-dessus plusieurs files de combattants. Ils tiraient au juger, mais on peut croire qu'ils s'y montraient habiles.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

239. Au surplus on a vu, par de nombreux passages de la Bélopée, que la manœuvre des engins s'exprime par des termes impliquant la POSITION INCLINÉE de la monture. Philon de Byzance, comme Héron d'Alexandrie, appliquent ces termes, indistinctement, à l'*euthytone* comme au *palintone*²⁵⁵. Les anciens n'ont donc jamais songé à distinguer chaque système d'après l'inclinaison plus ou moins grande de la volée. Cette base eût été trop incertaine. Toute leur nomenclature repose, au contraire, sur des faits observés sans la moindre arrière-pensée de subtilité technique.

COMPARAISON BALISTIQUE ENTRE LE Παλίntonον ET L'Ευθύτονον.

240. Il serait intéressant d'établir la théorie dynamique complète des deux systèmes. Cela m'écarterait du cadre du présent travail. Je n'ai à consigner ici que le fait de la supériorité balistique, à module égal, du *palintone* sur l'*euthytone*, de la *baliste* sur la *catapulte*.

FORMULES FONDAMENTALES.

241. Dans son *Mémoire sur l'artillerie des anciens*, Dufour rend compte de ses recherches pratiques sur les éléments de tir applicables aux engins névrotones.

Il part de la formule suivante²⁵⁶ :

$$(1) \quad P = m \frac{\theta d^4}{cR}$$

dans laquelle :

c est la longueur du faisceau entre ses points d'appui sur les freins,

d , le diamètre du faisceau ou le *module*;

θ , l'angle de torsion décrit par le battant d'essai;

R , le bras de levier de ce battant;

m , un coefficient particulier;

P , l'effort qui fait équilibre à la torsion, au bout du levier R .

242. L'auteur observe ensuite que le faisceau, mis au bandé par l'effort P , se trouve lui-même à un certain degré de tension t , par

unité de section transversale, dont l'influence sur l'effet de torsion est évidente. Par suite, la formule (1) devient²⁵⁷ :

$$(2) \quad P = mt \frac{\theta d^4}{cR}$$

Mais la tension t des brins *sous torsion* diffère essentiellement de la tension *primitive*, que l'on peut représenter par p . Admettant que t est une fonction de p , il reste à déterminer, avec cette fonction, le coefficient numérique m de l'équation (2).

M. Dufour a trouvé²⁵⁸ :

$$(3) \quad t = pn \left(\frac{\theta - 10}{10} \right)$$

avec

$$(4) \quad n = 1.12957, \text{ soit } n = 1.13$$

et

$$(5) \quad m = 0.08$$

L'équation (2) devient alors

$$(6) \quad P = 0.08 \times n \left(\frac{\theta - 10}{10} \right) \times \frac{\theta d^4}{cR}$$

243. L'auteur calcule ensuite²⁵⁹ les valeurs de P correspondantes aux diverses grandeurs de l'angle de torsion θ et de la tension primitive p . L'expérience lui a montré²⁶⁰ qu'une trop forte torsion est nuisible, et qu'il convient de ne pas dépasser 100 ou 120 degrés. Toutefois ses tables sont calculées de 10 en 10 degrés jusqu'à 180 degrés, pour une tension primitive de 5 kilos par centimètre carré. M. Dufour donne séparément²⁶¹ la table des valeurs

$$(7) \quad y = n \left(\frac{\theta - 10}{10} \right)$$

calculées de 10 en 10 degrés jusqu'à 180 degrés.

244. Nous ne suivrons pas le savant officier dans les applications qu'il fait de ses formules aux divers engins antiques. Il confond l'*euthytone* avec le *palintone*²⁶², et donne aux deux systèmes le même battement latéral, en arrière de la cage. En outre, il applique à faux les

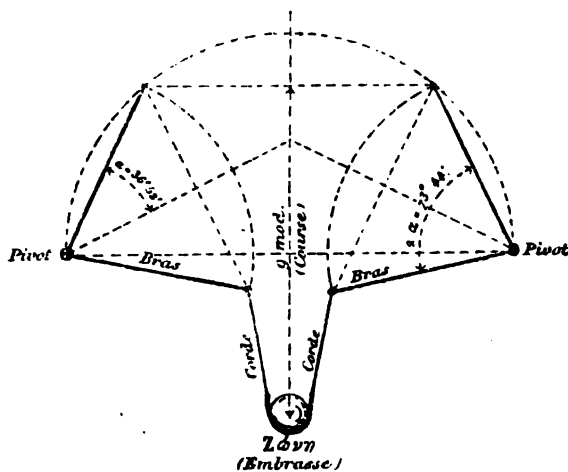
dimensions techniques données par le livre IV de Philon²⁶³. Il en résulte que les vitesses initiales signalées plus haut²⁶⁴, d'après M. Dufour, ne sont pas d'une rigoureuse exactitude.

Il s'agit d'appliquer les formules ci-dessus avec toute la précision actuellement possible.

ENGIN PALINTONE.

245. Dans ce système, l'angle total de torsion²⁶⁵ est de $73^{\circ} 44'$.

Fig. 13. Épure balistique du Palintone



Soit $73^{\circ} \frac{3}{4}$. Pour cette valeur de θ , la table de M. Dufour (p. 66) donne

$$(8) \quad y = n \left(\frac{\theta - 10}{10} \right) = 2.178$$

Posant, en outre, dans l'équation (6)

$$\theta = 73^{\circ} \frac{3}{4} \quad c = 9.80 d \quad \text{et} \quad R = 5d$$

on obtient

$$(9) \quad P = 0.08 p \times 2.178 \times \frac{73 \frac{3}{4} d^4}{5d \times 9.80 d} = \frac{12.85}{49.00} p d^2 = 0.26 p d^2$$

Au bandé, la corde du Παλίντονον, autrement dit les branches de l'U allongé formé par cette corde, sont presque parallèles à l'axe du tir.

La valeur précédente de P représente donc pratiquement la moitié de la force balistique maxima. On aura donc pour celle-ci :

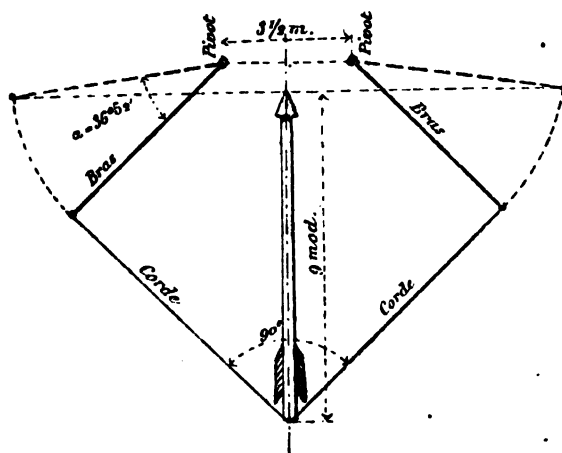
$$(10) \quad \Phi = 2P = 2 \times 0.26 pd^2 = 0.52 pd^2$$

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ENGIN EUTHYTONE.

246. Dans l'*Euthytone*, l'angle θ du battement n'est que de $36^\circ 52'$, moitié de celui du *Palintone*.

Fig. 14. Épure balistique de l'Euthytone.



On en déduit (table de Dufour, p. 66) :

$$(11) \quad y = n \left(\frac{\theta - 10}{10} \right) = 1.39$$

Posant d'ailleurs, dans l'équation (6),

$$\theta = 36^\circ \frac{86}{100} \quad c = 7.80 d \quad R = 6 d$$

On trouve

$$(12) \quad P = 0.08 \times 1.39 \times \frac{36.86}{7.80 d} \frac{d^4}{6 d} = \frac{4.098}{46.80} pd^2 = 0.116 pd^2$$

Et comme, au bandé, les branches du V formé par la corde de l'eu-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

thytone font avec l'axe du tir un angle de 45 degrés, la composante de P, favorable au jet, sera

$$(13) \quad P' = 0.116 pd^2 \cos 45^\circ = 0.116 \times 0.707 pd^2 = 0.082 pd^2.$$

L'autre bras donnant un effet identique, on aura pour la force balistique maxima

$$(14) \quad \Phi' = 2P' = 2 \times 0.082 pd^2 = 0.164 pd^2$$

En comparant ce résultat avec la valeur analogue du *palintone*, on trouve, entre les *forces balistiques*, le rapport pratique

$$(15) \quad \frac{\Phi}{\Phi'} = \frac{0.520}{0.164} = 3 \frac{1}{5} \text{ environ.}$$

Ainsi, à égalité de module *d* et de tension primitive *p* des brins du faisceau, la force initiale du Παλίντονον dépasse le triple de celle de l'Ευθύτονον.

247. Maintenant, si l'on considère que la course de détente est de 9 modules dans les deux systèmes; mais que, durant une bonne partie de cette course, la corde du *Palintone* ne fait pas de biais sensible avec l'axe du tir, tandis que ce biais dépasse toujours 45 degrés dans l'*Euthytone*, on peut conclure que l'effet utile du *Palintone* est au moins quadruple de celui de l'*Euthytone*, à égalité de module et de tension initiale²⁶⁶.

248. M. Dufour observe²⁶⁷ que, dans l'*Euthytone*, la tension initiale *p* pouvait être plus forte que dans le *Palintone*. Il la fixe à 30 kilogr. par centimètre carré dans le premier système, et à 25 kilogr. dans le second²⁶⁸. Pratiquement, il serait téméraire, à ce point de vue, d'affirmer que la puissance du *Palintone* fût quadruple de celle de l'*Euthytone*. Il y aurait d'intéressants calculs à faire sur la question ci-dessus, ainsi que pour la détermination de tous les effets du tir des engins névrotones. Je les réserve pour le travail d'ensemble que je me propose de rédiger sur l'*Artillerie des anciens*. Actuellement je dois me borner aux considérations susceptibles d'apporter quelque lumière nouvelle à la restitution de la χειροβαλλίστρα.

CHAPITRE QUATRIÈME.

ORIGINE DES ENGINΣ À RESSORTS MÉTALLIQUES.

 LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

 DÉFAUTS PRATIQUES DU SYSTÈME NÉVROTONE.

249. Les engins à pivots *névrotone*s, si exactement décrits par Héron d'Alexandrie et par Philon de Byzance, étaient loin, à notre point de vue moderne, de constituer des modèles irréprochables. Mais il ne faut pas croire que les anciens, de leur côté, fussent très-convaincus de la perfection du système. Au contraire, ils en connaissaient jusqu'aux moindres défauts; et nous devons à Philon de Byzance la discussion complète des imperfections, des vices même de ces machines.

LE LIVRE IV DE PHILON DE BYZANCE.

Sous le titre de *Βελοποιικῶν λόγος Δ'*²⁶⁹, Philon a rédigé, en forme de lettre à Ariston, personnage inconnu, une remarquable histoire des progrès réalisés de son temps dans l'artillerie hellénique. Il commence par décrire, en praticien consommé, les précautions à suivre pour la bonne exécution des engins névrotone. Il signale avec vivacité et critique avec une sagacité merveilleuse les inconvénients nombreux du système. Il fait connaître les améliorations qu'il y a lui-même introduites, entre autres la méthode de bandage des faisceaux à l'aide d'un coin, substituée à la torsion par rotation des barillet. Insistant sur l'insuffisance des fibres tordues, il démontre la supériorité du métal, du bronze essayé par Ctésibius, en remplacement du système névrotone. Racontant ensuite les expériences de son illustre prédécesseur, il en fait ressortir les défauts. Il termine par la description du modèle qu'il a personnellement produit de la machine à *ressorts de bronze*, de l'engin dit *χαλκότονον*, précurseur de la *χειροβαλλίστρα*.

250. La valeur historique du livre IV de Philon est considérable. L'enchaînement des détails y est rigoureusement exact. La filiation

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

des progrès racontés par lui est manifeste. On peut contester à Philon la justesse de quelques-uns de ses jugements théoriques²⁷⁰. Mais on ne peut qu'admirer sa bonne foi, dans le récit qu'il apporte d'inventions antérieures à la sienne, et qu'il surpasse sans les éclipses. Au surplus, il se montre partout si épris de son art, que son emphase même n'émousse jamais chez lui le sens du vrai. Son livre est le spécimen vivant de l'industrie antique, au milieu de ses préoccupations savantes, de sa pratique réfléchie. Rien n'est laissé au hasard par un esprit de cette nature. Tel apparaît Philon de Byzance, une des illustrations les plus brillantes du monde technique, au II^e siècle avant l'ère chrétienne.

251. MM. Köchly et Rüstow ont traduit l'opuscule de Philon de Byzance à la suite des *Βελοποιικά* d'Héron d'Alexandrie²⁷¹. Leur texte est celui de Thévenot, corrigé par conjecture, sans remonter aux manuscrits. Une réédition de l'ouvrage eût mérité la place d'honneur dans la *Poliorcétique des Grecs*, de M. Wescher, dont les cent vingt dernières pages sont consacrées à des fragments dépourvus de toute valeur technique²⁷². Le regret que j'exprime, à l'égard du livre IV, s'applique également au livre V de l'illustre ingénieur de Byzance.

DISCUSSION DU SYSTÈME NÉVROTONE.

252. Comme dans la Bélopée, je n'emprunterai, du livre IV de Philon, que les passages utiles à la restitution de la *χειροβαλλίστρα*.

Calibre limité des faisceaux.

Th. 56.
KR. 258. Κρίνω δὲ ἀναγκαῖον εἶναι, μέλλον
ἐκφέρειν τὸν ἀπολογισμὸν περὶ τοῦ
γένους καὶ τῆς κατασκευῆς τῶν ἰδίων
ὀργάνων, πρότερον προενέγκασθαι τὰ
ἐν τοῖς ἀρχαίοις ὄντα δύσχροστα καὶ
ἀσθενῆ, καὶ δυσεργίαν μὲν οὐ τὴν τυ-
χοῦσαν ἐπὶ τῆς κατασκευῆς παρέχοντα
δυσκολίαν δὲ μεγάλην ἐπὶ τῆς ἐξαρτή-
σεως. Διὸ συμβαίνει τὴν μὲν κατασκευὴν
αὐτῶν γίγνεσθαι κακόπαθον τε καὶ πο-

Avant de montrer toute la supériorité, théorique et pratique, de mes propres machines, je crois nécessaire, dit Philon, de mettre en lumière les imperfections, les points faibles des anciennes : d'une part, le manque de vigueur inhérent au système; d'autre part, la difficulté pratique du montage. De là vient, en effet, que l'exécution de ces machines est compliquée, cou-

λυδάπανον, ἐν δὲ ταῖς ἐπειγούσαις
χρείαις εὐτελεῖ φαίνεσθαι, διὰ τὸ μὴ
δύνασθαι συνεχῆ τὸν τόνον ὑπομένειν.
Ταῦτο δὲ οὐκ ἀλόγως δοκεῖ μοι συμβαί-
νειν.

Ἐπει γὰρ τὸν μακροβολεῖν μέλλοντα
δεῖ πειραῖσθαι τόνον ὡς πλείστον ἐμ-
βάλλειν, — τὴν γὰρ δύναμιν οὐ μόνον
ἤρεις ἐν ταύτῃ μάλιστα νομιζομεν εἶναι,
καὶ οἱ ἄλλοι δὲ πάντες, — ὁ δὲ τόνος
διὰ τῶν τρημάτων διεκπίπτει τῶν τοῦ
περιτρήτου, τὸν οὖν μέλλοντα πλείονα
τόνον ἐμβάλλειν ἀναγκαῖον ἔσται μεί-
ζονα τρημάτα τὰ τοῦ περιτρήτου ποιεῖν,
— ἄλλως γὰρ οὐ χωρήσει τόνον πλείω,
— ὥστε λεπτὰς παντελῶς καὶ περιε-
χούσας ὀφρῦς καταλειπομένας εὐλόγως
ἀσθενεῖς γίνεσθαι. Τὸ μὲν γὰρ περι-
τρητον ποιεῖσαι πλατύτερον οὐ δυνατόν·
περικυβήσεται γὰρ τὴν τοῦ μεγέθους
σύνταξιν.

Διὸ πειράνται σιδηρᾶς κανονίδας
ὑποτιθέναι· λεπτῶν δὲ καὶ τῶν κανονί-
δων διὰ τὸν τόνον καὶ ἀσθενῶν γινομέ-
νων, τεινομένων τῶν τόνων ἐν ταῖς
συνεχέσιν ἀγωγαῖς, συμβαίνει κάμψιν
αὐτῶν λαμβανουσῶν εὐκόπως τὸν ὑπε-
ράνω τόπον τοῦ περιτρήτου συντρίβε-
σθαι.

253. Ἐτι δὲ τῶν τόρων αἱ ἀνατρή-
σεις αἱ τῶν παρασιωτῶν καὶ μεσοσιω-
τῶν γινόμεναι παρ' αὐτὰ τὰ κενώματα
τῶν κύκλων οὐ μικρὰν ἀσθενεῖαν παρ-
έχουσι. Πρὸς δὲ τούτοις τὰ τρυπήματα
τῶν συγκοιωματῶν πυκνὰ καὶ πλάγια
διεκπίπτοντα καὶ γινόμενα παράλληλα

teuse, et que, dans les cas pressants,
elles se trouvent tout à fait insuffisantes,
par l'impossibilité de fournir un service
soutenu. Et je m'en explique aisément
les raisons.

Veut-on, par exemple, en vue d'aug-
menter la portée, renforcer au maxi-
mum le faisceau élastique? J'admets,
et tous les ingénieurs sont de mon avis,
que c'est là, en effet, le moyen le plus
efficace. Or la grosseur du faisceau
dépend de l'ouverture des lucarnes.
Pour renforcer le faisceau, il faut donc
élargir les lucarnes : autrement, point
de place pour le supplément du fais-
ceau. Par suite, les rebords²⁷³ conser-
vés au pourtour des chambres cylin-
driques seront amincis au point de
perdre toute solidité. Aussi bien il est
impossible de faire les écussons plus
larges, sans rompre la proportion ap-
propriée à leur longueur²⁷⁴.

On essaye, j'en conviens, de les ren-
forcer par-dessous à l'aide de bandes
de fer. Mais ces pièces, réduites elles-
mêmes à l'espace disponible, ne sont
d'aucun secours. Lorsque le faisceau
fonctionne en manœuvre soutenue, on
les voit bientôt se courber, et amener
la rupture de la portion de l'écusson
qui les recouvre.

253. D'un autre côté, les entailles
ménagées à l'aplomb²⁷⁵ des tenons des
pieds-droits latéraux et intermédiaires
se trouvent très-rapprochées des lu-
carnes. C'est là encore une cause d'affai-
blissement sensible. D'ailleurs les évi-
dements exigés par les assemblages sont

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Tb. 57.

LA
CHIROPALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

τοῖς κενώμασι σαθρὸν ποιεῖ τὸ ἔργον·
μικραῖς γὰρ παντελῶς συνέχεται τὰ
ἄλλα τοῦ ξύλου κουραῖς. Διὸ πολλὰ τῶν
περιτρήτων οὐδὲ τὸν τῆς κατασκευῆς
ὑπομείναντα πόνον συνετρίβη.

254. Λάβε γὰρ περίτρητον πρὸ
ὀφθαλμῶν, κεχωρισμένον τοῦ πλινθίου
καὶ μήπω συνηλώμενον, μηδὲ κεκοσμη-
μένον, ποῖαν τινὰ σοι τὴν ἔψιν ἀπο-
δώσει, κεκενωμένον καὶ διαυγαζόμενον
πάντοθεν καὶ καταπεπυκνωμένον τοῖς
περιέχουσι τοὺς κύκλους τρήμασι· θεω-
ρεῖ δὲ προσεπιλελογισμένος, ἡλίκην
αὐτὸ δεῖ βίαν ὑπομένειν· οὕτω γὰρ εὖ-
καταφρόνητον φανεῖται σοι τὸ σχῆμα.

KH. 260.

presque contigus, et disposés latérale-
ment dans le sens parallèle aux lu-
carnes. Tout cela contribue à affaiblir la
machine. Elle s'appuie, pour ainsi dire,
sur des copeaux de bois. Aussi, nombre
d'écussons, incapables de résister, se
brisent même pendant le montage.

254. Considérez un écusson, isolé
du bâti et en dehors de tout assem-
blage, de tout ornement accessoire²⁷⁶.
Quel pauvre aspect il présente, avec
ses évidements percés à jour de tous
côtés, et ses entailles multipliées au
pourtour des lucarnes! De bonne foi,
je vous prie, quelle résistance peut-il
fournir? Vous aurez bien raison de le
juger ridicule.

Insuffisance des armatures.

255. Ὅθεν ἀσθενοῦς ὄντος τοῦ σχή-
ματος διὰ τὰ προειρημένα πειρῶνται
ψαλλίδας σιδηρᾶς περὶ τοὺς κροτάφους
περικάμπιοντες συνηλοῦν, καὶ τοῖς ὑπο-
θέμασι, καθὸ λέγω, χρῆσθαι, καὶ τὰς
πλινθίδας τὰς ὑπὸ τὰς χοινικίδας σι-
ρωτέρας ὑποτιθέναι, καὶ τοιούτοις τισὶν
ἀνασώζειν παραβοηθήμασι, δαπάνην
ἔχουσιν ἱκανὴν καὶ χρόνου πλῆθος ἐν
τῇ κατασκευῇ συχνόν. Τούτων ὑπαρ-
χόντων τοιούτων, λάβωμεν πάλιν τὰ
περὶ τὴν ἐξάρτυσιν αὐτοῖς συναντῶντα
δύσχησιν.

255. Pour remédier à cette faiblesse,
inhérente aux exigences de la forme
en question, on essaye, il est vrai, de
renforcer l'écusson, en clouant au pour-
tour des bandes de fer ployé, ainsi que
des fourrures fixées par-dessous, comme
je l'ai indiqué. On cherche également
à faire reposer les barillets sur des
sommiers plus forts et à consolider le
système par d'autres moyens analogues.
Mais ces moyens sont très-coûteux,
et leur application prend beaucoup de
temps. C'est pourquoi je veux examiner
une à une les difficultés pratiques que
présente le montage de ces machines.

Complication du jeu des tendeurs.

256. Πρῶτον μὲν γὰρ συμβαίνει τὴν
ἐντασιν πολυχρόνιον γίγνεσθαι τοῦ τό-

256. Et d'abord, l'installation du
faisceau n'est rien moins qu'expédi-

νου σίραγαλουμένου διὰ τὸ καθ' ἑν μὲν κῶλον αὐτοῦ τείνεσθαι, καὶ καθ' ἑκάστην δὲ τάσιν ἕλαν διὰ τῶν χοινικίδων διεκμηρύνεσθαι, περὶ τε τὰς ἀπολήψεις κακοπαθεῖν αὐτὸν καὶ περὶ τοὺς ὀνίσκους τοὺς τοῦ Ἐντονίου πιεζόμενον καὶ θραυόμενον διόλου. Πρὸς δὲ τούτοις τὴν ἔντασιν τῶν ὀργάνων μὴ δυνατὸν εἶναι αὐτῶν εἶναι τείνεσθαι, προσδεῖσθαι δὲ ἄλλων ὀργάνων πολλῶν μειζόνων τῶν καλουμένων Ἐντονίων. Πολλάκις δὲ καιροῦς εἶναι τοιούτους, ἐν οἷς καταπελτῶν μὲν συμβαίνει ἀναγκαῖον χρεῖαν γίνεσθαι, ραγέντων δὲ τῶν τόνων ἢ τινων ἄλλων πωνησάντων τὴν μὲν ἐξάρτυσιν μηδὲν τρόπον δυνασθαι ποιήσασθαι διὰ τὸ καθυστερεῖν τῶν ἀνωτέρω δηλωθέντων Ἐντονίων· τοῦτο δὲ γίνεσθαι οὐκ ὀλιγάκις μὲν ἐν ταῖς πεζικαῖς σίρατιαῖς, ἐπὶ πολὺ δὲ καὶ ἐν ταῖς ναυτικαῖς.

Effet nuisible de la torsion.

257. Ἐξακολουθεῖ δὲ καὶ ἄλλο τι δύσχρηστον παντελῶς καὶ ἀτεχνον καὶ λυμαινόμενον τὸ μῆκος τῆς τοξείας· ἐν γὰρ ταῖς τοξείαις καὶ ταῖς πυκναῖς καταγωγαῖς χάλασμα λαβὼν ὁ τόνος ἐπιτάσεως πάλιν προσδεῖται· τὸ γὰρ τῆς τοξείας μῆκος ἀπολήγει διὰ τὴν γεγενημένην ἀνεσιν. Συμβαίνει οὖν βουλομένοις ἐπιτείνειν αὐτὸν εἰς ὀρθὸν μὲν μὴ δύνασθαι, μηδὲ κατ' εὐθείαν διδόναι τὴν ἐπέντασιν, ἐπιστρέφοντας δὲ τοῦτο ποιεῖν διδόντας παρὰ φύσιν τὴν καθήκουσαν ἐπιστροφήν, ὑπολαμβάνοντας μὲν βοθηεῖν, μέγα δὲ λυμαινομένους τὴν τάσιν καὶ ποιοῦντας, λέγω, τὴν τοξείαν

tive. Il faut tendre brin à brin le cordon élastique; et, à chaque passe, il faut le dévider tout entier à travers les barillets. Chaque inflexion du cordon en compromet la ténacité. En passant sur les treuils du tendeur, il s'y aplattit et s'y affaiblit considérablement. En outre, le bandage de l'engin exige l'emploi de machines beaucoup plus grandes, c'est-à-dire de *tendeurs*²⁷⁷. Souvent même il arrive qu'au moment de recourir aux catapultes, certains cordons s'y trouvent rompus ou d'autres relâchés, et qu'il est impossible, faute des tendeurs ci-dessus, de les remettre en état. Ce cas, déjà fréquent en campagne, est presque inévitable à bord.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Th. 58.

257. Il a pour conséquence un autre inconvénient non moins grave et non moins funeste à la portée constante que l'art assigne au jet. En effet, dans les manœuvres prolongées²⁷⁸, le faisceau se relâche et exige un nouveau bandage. De là une diminution sensible dans la portée. Veut-on rendre au faisceau sa tension primitive? Loin d'en pouvoir maintenir les cordons rectilignes, il faut le faire tourner et lui donner, contre nature, la torsion convenable. On croit par là lui venir en aide, mais on en compromet grandement la vigueur. Je dirai même qu'on

KR. 262.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

βραχυτέραν και ασθενεσίεραν ταῖς πη-
γαῖς, ἀτόνου τοῦ ὀργάνου γινομένου
διὰ τὸ τοὺς στήμονας εἰς πυκνὴν ἑλικά
ἀνάγεσθαι καὶ πλάγιον γεγνότα [τὸν
τόνον] τοῦ βιαίου καὶ εὐτόνου τοῦ κατὰ
φύσιν ἐσπερηῆσθαι διὰ τὴν ὑπεράγουσαν
ἐπιστροφήν. Ὁ γὰρ τοιοῦτος ἐν μὲν ταῖς
ἀγωγαῖς δυσέπακτος καὶ βιαίος ἐστίν,
ἐν δὲ ταῖς ἀφέεσιν ἀσθενής καὶ ἄτονος,
ὡσάν τῆς πλεοναζώσεως ἐπιστροφῆς εἰς
τὴν εἰκάθουσαν τάξιν καὶ ἀνειμένην ἀνα-
χωρούσης.

258. Τὸ δὲ ἐξ ἀρχῆς πάλιν εἰς ὀρ-
θὸν ἐπιτείνει τὸν τόνον μεγάλης ἀσχο-
λίας προσδεῖται καὶ οὐ τηλικαύτην
προσάξει ὠφέλειαν, ἠλικὴν βλάψει τις
τοὺς τόνους ἐκλύων καθ' ἓν τε διεκμη-
ρῦμενος κῶλον, καὶ πάλιν ταῦτό ποιοῦν
τῷ ἐπὶ τῆς ἐντάσεως. Ὅθεν ἀπογύοντες
οἱ πλεῖστοι χρῶνται τοιοῦτοῖς ὑπάρ-
χουσιν, οἷοις ἀνώτερον εἰρήκαμεν.

259. Ἄ μὲν οὖν ἂν τις κατατιθάσαιοτο
τῶν ὑπαρχόντων ὀργάνων, ἐπὶ κεφα-
λαίου ταῦτά ἐστίν. Τὰ δὲ κατὰ μέρος
ἐπὶ τῆς ὕψεως αὐτῶν μάλιστ' ἂν τις
ἐπιδείξει δύναται. Πλὴν μέντοι ἐγκω-
μασίεον ἐστὶ τοὺς ἐξ ἀρχῆς εὐρόντας
τὴν τῶνδε τῶν ὀργάνων κατασκευὴν·
καὶ γὰρ τοῦ πράγματος καὶ τοῦ σχή-
ματος ἀρχηγοὶ γεγόνασι, κατὰ πάντων
τε τῶν ἄλλων βελῶν ὑπερβολὴν εὖρον
μήκει τε ταξίας καὶ βάρει τῶν βαλλο-
μένων, λέγει δὲ οἶον κατὰ τε τόξου,

amoindrir la portée et l'intensité du
jet, en affaiblissant la machine par la
torsion oblique du faisceau en hélice
serrée, ce qui enlève aux cordons leur
force et leur élasticité naturelle : tel
est l'effet de la torsion qui leur est ap-
pliquée à la partie supérieure. Dans
cet état, le faisceau devient rebelle à
la manœuvre de bandage. Dans la dé-
tente, au contraire, il se montre affai-
bli, relâché; comme si la torsion qu'il
a reçue en excès se traduisait par une
perte de force équivalente.

258. Quant à vouloir de nouveau
bander verticalement le faisceau, c'est
une opération longue, pénible, hors
de proportion avec le résultat cherché.
Aussi bien on court le risque de dé-
triorer le cordon, en le retirant brin
à brin des barillets, pour le réinstaller
ensuite au degré voulu de tension. C'est
pour éviter ces ennuis, que la plupart
des ingénieurs emploient le procédé
ci-dessus.

Résumé.

259. Telles sont, en résumé, les
critiques méritées que l'on peut adres-
ser au système en usage. Quant aux
détails, chacun peut, d'un coup d'œil,
en apprécier la valeur. Toutefois on
doit des éloges aux premiers inventeurs
de ces machines. Pour le fond, comme
pour la forme, ils furent, en effet, de
véritables créateurs, qui laissèrent bien
loin derrière eux, tant pour la portée
que pour le poids du projectile, les
instruments primitifs, arc, javelot,

καὶ ἀκοντίου καὶ σφενδύνης. Καὶ γὰρ τὸ μὲν ἐξ ἀρχῆς ἐπινοῆσαι τι καὶ τὸ κατὰ τὴν ἐπίνοιαν ἐξεργάσασθαι μείζονος φύσεώς ἐστί· τὸ δὲ εἰς διόρθωσιν ἢ μεταθέσιν ἀγαγεῖν τὸ ὑπάρχον εὐχερέστερον εἶναι δοκεῖ. Πλὴν πολλῶν σφόδρα ἐτῶν διεληλυθότων, ἀφ' οὗ τὴν σύνταξιν εὐρῆσθαι τήνδε συμβαίνει, καὶ πολλῶν γεγονότων, ὥσπερ εἰκός, καὶ μηχανικῶν καὶ βελοποιῶν, μὴθένα τετολμηκέαι παρεκβῆναι τὴν ὑποκειμένην μέθοδον. Πρῶτον δὲ ἡμεῖς τοῦτο ποιήσαντες πολλὰ παραδεδώκαμεν εὐχρησία, περὶ ὧν τὴν ἐπίγνωσιν ἔξεῖς διὰ τῶν μελλόντων λέγεσθαι.

fronde. Aussi bien une idée fécondée dans son germe et mûrie à point par le travail procède de plus haut, dans l'échelle de l'intelligence, que le talent banal de modifier ou de corriger ce qui existe. D'ailleurs, l'invention en question remonte à un grand nombre d'années. Naturellement maint ingénieur, maint constructeur, en a fait usage. Nul, jusqu'ici, pourtant, n'a osé rompre avec la routine. Le premier, je m'en suis affranchi; et j'ai obtenu de nombreuses et utiles améliorations, dont vous prendrez connaissance par l'exposé qui va suivre.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KR. 264.

Th. 59.

260. Je passe à regret le développement annoncé, qui occupe huit pages de l'in-folio de Thévenot. C'est un admirable spécimen de la mécanique appliquée des anciens²⁷⁹. Un constructeur moderne n'y montrerait pas plus de sagacité, de souci du progrès, ni d'amour de l'art. Le grand mérite, à mon sens, du traité de Philon, c'est que l'auteur y demeure continuellement en scène, non pour afficher sa personnalité, mais pour soutenir hautement la cause de la science désintéressée.

DES ENGIN À RESSORTS MÉTALLIQUES.

ΧΑΛΚΌΤΟΝΟΝ DE CTÉSIBIUS.

261. A la suite de son exposé, Philon aborde la théorie du Χαλκόντονου (engin *chalcotone*, ou à *ressorts de bronze*), inventé par Ctésibius d'Alexandrie. « Moi-même, dit-il, j'ai eu à m'occuper du problème, tel qu'il était posé²⁸⁰. J'ai cherché à le résoudre, en marchant, sur les traces de Ctésibius, vers une solution meilleure. Entre son type et le mien, il existe, en effet, une grande différence de forme, si j'en crois des personnes qui ont pu examiner avec attention l'engin de Ctésibius. Je vais donc vous décrire ma machine, telle que je l'ai exécutée. »

Th. 67.
KR. 286.

Th. 68.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KR. 288.

ENGIN χαλκότονον DE PHILÓN.

262. Βάσις μὲν οὖν καὶ συρίγγιον καὶ χελώνιον καὶ χεὶρ ἢ κατάγουσα τὴν τοξίτιν, ὅτε ὄνισκος καὶ ἡ κατακλεῖς καὶ αἱ σκυτάλαι, καὶ τὰ ἄλλα ταῦτα καὶ ἐπὶ τούτου κατασκευάσθαι τοῖς ἄλλοις ὀξυβελέσιν ὁμοίως. Τὸ δὲ Πλινθίον ἄλλο λαμβάνει σχῆμα.

262. Le pied, la monture, le tiroir, avec la griffe commandant la corde archère, le treuil, le déclic²⁸¹, les leviers, etc., sont absolument les mêmes que dans les ὀξυβελεῖς²⁸² ordinaires. La cage seule présente une autre disposition.

Théorie du faisceau névrotone.

263. Μέλλοντες οὖν περὶ τῆς τῶν τόνων ιδιότητος ἀπαγγέλλειν, καλῶς ἔχειν ὑπελαμβάνομεν καὶ ἐπὶ τούτου πρῶτον ἐπισκέψασθαι περὶ τῶν ἀρχαίων ὀργάνων καὶ συμβάλλειν, τίς ἐστὶν ἡ αἰτία τοῦ μακρὰν ἀποστέλλειν δύνασθαι τὸ βέλος, μὴ περὶ μικρὰς αἰτίας τὴν θεωρίαν ποιούμενοι, καθάπερ ἀνώτερον δεδηλώκαμεν... Ταῦτα μὲν γὰρ προεξηγήτηται, καθάπερ εἶπον ἐν τοῖς πρότερον, καὶ ἐν μέσῳ κείμενα κοινὰ πᾶσιν ὑπάρχει πολλακίς ἤδη καὶ παντοδαπῶς πεπειραμένα. Νῦν δὲ ὀλοσχερῆ τινα δεῖ τὴν ἐπίσκεψιν περὶ τῶν καθόλου ποιήσασθαι μέλλοντάς γε καὶ προσάγειν ὀλοσχερές τι θεώρημα, καὶ ἴδιον τῆ διαθέσει καὶ πολὺ παρηλλαγμένον τῶν προτέρων.

263. Avant de décrire, poursuit Philon, les propriétés particulières du moteur *chalcolone*, je crois utile, même à ce sujet, de jeter encore un coup d'œil sur les anciennes machines, et d'y rechercher quelles sont les conditions requises pour lancer loin le trait. Je ne donnerai point, d'ailleurs, comme je l'ai fait plus haut, une théorie détaillée du système... Ces questions, déjà résolues, comme je l'ai dit, se trouvent à la portée de tout le monde, et maintes fois la pratique les a étudiées. Ce que j'ai à présenter, pour le moment, ce sont des considérations générales, c'est l'examen sommaire et spécial d'un principe tout à fait original et nouveau.

264. Ὅλη οὖν ἡ τῶν ἀγκώνων βία παραίτιος γίγνεται τοῦ μακρὰν φέρεσθαι τὸ βέλος. Αὕτη δὲ διὰ τῶν τόνων αὖξεται. Σκεπτόμεν τοίνυν, ποῖα τίς ἐστὶ περὶ τοὺς τόνους ἢ ὑπάρχουσα διδθεσις...

264. La quantité de force accumulée dans le battant, telle est la cause de la longue portée du projectile. Le faisceau névrotone est un moyen de l'augmenter. Examinons donc, dans ce système, de quelle manière peut en varier l'effet...

Οὐκοῦν ὁ ἀγκών ἐστὶν ἐν μέσῳ τῶ τόνῳ· τὸ μὲν ἡμίτονιον αὐτοῦ ἐπιπίπτει

Et d'abord, le battant est au centre du faisceau. Une moitié de celui-ci

κατὰ τὴν πτέρναν τοῦ ἀγκῶνος ἐν τῷ ἐκτὸς μέρει τοῦ πλινθίου καὶ βιάζεται τὴν πτέρναν εἰς τὰ ἐντὸς, τὸ δὲ ἄλλο ἡμιτόνιον παραλλάξ ἀνὰ τὸν ἀγκῶνα. Λέγω οὖν, ὅτι τάχιστα δυναμένον τῶν ἀγκῶνων ἀναπίπτειν, μακρότατα τὸ βέλος ἀποστέλλει. Ἡ γὰρ ὀξυτάτη φορὰ τῆς τοξίτιδος ταχυτάτην ἐνεργάζεται τῷ βέλει κίνησιν, ὥστε ἐν ἴσῳ χρόνῳ πλείονα τύπον ἐνεχθῆναι διὰ τὸ συνεχὲς τῆς φορᾶς.

265. Πότερ' οὖν, καθάπερ εἰρήκασιν οἱ πλείστοι καὶ ἡμεῖς δὲ ἀρτίως εἶπομεν, συμβαίνει τῇ τοῦ ἀγκῶνος ἀναπίπτει τὴν βίαν ἐξ ἀμφοτέρων γίνεσθαι τῶν ἡμιτονίων, ἢ μόνον ἐκ τοῦ ἐνός; τοῦτο δὲ σαφῶς εἰδήσομεν ἐπισκοπήσαντες αὐτά· πᾶν γὰρ χρήσιμον ἔσται πρὸς τὸν ἐσλῶτα λόγον.

Οὐκοῦν πρὸς μὲν τὴν τῆς τοξίτιδος καταγωγὴν ὁρῶμεν ἀμφοτέρα σαφῶς ἀντιπράσσοντα τὰ ἡμιτόνια; διὸ καὶ τοὺς ἀγκῶνας συμβαίνει πολλάκις τρίβεσθαι δύο δυνάμεις ἀνακινούντας, ἐν τε τῷ σχάσματι τὴν τοξίτην ἅμα συμβαίνει ἀμφοτέρας τὰς τῶν ἡμιτονίων δυνάμεις κινεῖν ἰσοταχεῖς αὐταῖς συνυπαρχούσας, διὰ τὸ ἐξ ἴσων καὶ ὁμοίων δυνάμεων συνεσιάναι. Οὐκ ἂν οὖν πρὸς τὸ τάχος τοῦ ἀγκῶνος ἢ μία συμβαλλοίτο δύναμις, εἰ μὴ μελίων εἴη τῆς ἄλλης. Ὅστω γὰρ ἂν κατακρατοίη τῆς ἐλάσσονος καὶ ἐπισύναπτοι τῷ τάχει.

tombe au droit du talon, DU CÔTÉ EXTÉRIEUR, et pousse le talon vers l'intérieur du bâti; l'autre moitié, symétriquement placée, pousse en avant le bras²⁶⁵. Or je dis que, plus vive sera la détente des battants²⁶⁶, plus loin sera lancé le trait. En effet, plus le mouvement de la corde archère est rapide, plus forte est l'impulsion qu'elle communique au projectile. De sorte que, dans le même temps, grâce à la continuité de l'impulsion²⁶⁵, l'espace parcouru est plus grand.

265. Cela posé, faut-il admettre, comme je l'ai dit, avec la plupart des ingénieurs, que la puissance du battant²⁶⁶ est engendrée simultanément par les deux moitiés du faisceau, ou bien par une seule? Examinons ce point, afin de l'éclaircir. Aussi bien, pour ma thèse, il est de la dernière importance.

Lorsque nous tendons la corde archère, ne voyons-nous pas simultanément les deux moitiés du câble réagir en sens contraire? A tel point que souvent, par ces deux efforts inverses, le bras lui-même se trouve, pour ainsi dire, broyé. En outre, dans la détente, on voit la corde archère entraîner, d'une vitesse égale, les deux moitiés du faisceau, dont les forces composantes sont égales et identiques. Pour imprimer au bras sa vitesse, une force unique ne suffirait donc pas, à moins de surpasser l'autre. Alors, en effet, elle vaincrait cette seconde force et viendrait en aide à la vitesse²⁶⁷.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KR. 290.

Th. 69.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

266. Δειχθείη ἂν τὸ λεγόμενον σα-
φῶς ὑπάρχον, οἷον ἡμεῖς φαμεν, καὶ ἐκ
τοῦ μέλλοντος ὑποδείγματος λέγεσθαι.

Ἐὰν γὰρ τις λαβῶν δύο βάρη ὁμοία
τῷ γένει καὶ τῷ σχήματι, τὸ μὲν μᾶ-
λλον ἴσον, τὸ δὲ ἄλλο διμνοῦν, ἀμα ἀφ' ὕψους
ἀφ' ἧ φέρεσθαι, λέγω ὅτι τὸ διμνοῦν
παρὰ πολὺ τάχιον οἰσθήσεται· καὶ ἐπὶ
τῶν ἄλλων δὲ βαρῶν ὁ αὐτὸς ὑπάρχει
λόγος, ὥστε ἀνάλογον εἶναι τὸ μείζον
τοῦ ἐλάσσονος ὡς τάχιον φέρεσθαι·
εἴθ' ὅτι τὸ μείζον βάρος, καθάπερ φασι
τινες τῶν φυσικῶν, μᾶλλον ἐκρομβεῖν
δύναται καὶ διαστρέλλειν τὴν ἀέρα, εἴθ'
ὅτι τῷ μείζονι βάρει καὶ ῥοπὴ πλείων.
Παρέπεται δὲ πλείω ῥοπὴν μᾶλλον αὐ-
ξεῖν τὴν κατὰ κάθετον φορᾶν.

266. Ce que je viens de dire peut
être mis en lumière par l'exemple sui-
vant :

Que l'on prenne deux corps de
même substance et de même forme,
l'un pesant une mine et l'autre deux.
Qu'on laisse de haut tomber ces deux
corps. J'observe que le poids double
sera entraîné avec un excès considé-
rable de force vive ²⁶⁸. Même raisonne-
ment pour tout autre poids. Toujours,
proportionnellement, le plus lourd aura
le plus de force vive; soit parce que,
au dire de quelques physiciens, il fend
et écarte l'air avec plus de facilité; soit
parce qu'au poids le plus lourd corres-
pond une impulsion plus forte ²⁶⁹. Il
suit de là qu'une impulsion plus grande
ajoute à la force vive de chute.

267. Philon appuie sa démonstration sur des exemples qu'il serait trop long d'exposer, mais qui sont contraires aux principes, les mieux établis aujourd'hui, de la physique. Au fond, Philon sent d'instinct les phénomènes naturels. Mais il confond à chaque instant la vitesse d'un mouvement avec l'effet de force vive. Dans la comparaison qu'il donne ci-dessus de la chute des corps, j'ai respecté la distinction entre les deux faits, et restitué à chacun son rôle effectif. Chose remarquable, les connaissances scientifiques de Philon se montrent habituellement exactes, à la condition de rendre aux termes par lesquels il décrit des phénomènes certains une précision qui trop souvent semble impossible à sa plume.

ORIGINE DE L'INVENTION DES RESSORTS.

268. Quoi qu'il en soit, l'habile praticien arrive aux conclusions suivantes :

269. Τούτων δὲ τοιούτων ὑπαρχόντων ἐδείχθη σαφῶς τὸ ἐν ἡμιτόνιον μηδὲν συνεργοῦν τῇ τοῦ ἀγκῶνος φορᾷ διὰ τὸ ἰσοταχῆς τῷ ἄλλῳ. Καλῶς οὖν ἔχον ἐκρίθη τὸ περιελεῖν καὶ μετᾶραι τὸ μηθὲν ὠφελεῖν δυνάμενον τὴν τοῦ ὀργάνου δύναμιν. Νευρίων μὲν οὖν ἦν τῶν τῶν τόνων, καὶ ἐχόντων τὴν ὁμοίαν τάσιν τοῖς πρότερον, οὐκ ἐνδεχόμενον τὸ ἐν τῶν ἡμιτονίων περιελεῖν. Πῶς γὰρ ἔτι ὁ ἀγκῶν ἐδύνατο ἂν ὑπὸ τοῦ μόνου κρατεῖσθαι; προσεδεῖτο δὲ ἄλλης μεθόδου πρὸς τὸ καὶ αὐξῆσαι δύνασθαι τὴν τοῦ ἐνὸς ἡμιτονίου δύναμιν, τοῦ προσωρηισμένου πρὸς τὴν τοῦ ἀγκῶνος πτέρναν, καὶ τὸ ἄλλο περιελεῖν ἡμιτόνιον τὸ εἰς μὲν τὴν ἀποστολὴν τοῦ βέλους μηθὲν συμβάλλεσθαι δυνάμενον, εἰς δὲ τὴν καταγωγὴν ἀντιπράσσειν, καὶ δυσεργίαν τὴν μέλλουσαν λέγεσθαι.

269. Dans cet état de choses, il fut clairement prouvé que chaque moitié du faisceau n'ajoutait rien à la vitesse du bras, à cause de son identité de force avec l'autre. On conclut donc avec raison qu'il fallait enlever et supprimer ce dispositif, qui n'était d'aucun secours pour la machine. Or, le faisceau étant formé de cordons de nerfs, tendus d'après l'ancienne méthode, il n'était pas possible de n'en supprimer que la moitié²⁹⁰. Comment, en effet, avec l'autre moitié seulement, le bras eût-il pu déployer la moindre force? Il fallait donc recourir à un moyen nouveau, permettant d'obtenir plus de puissance qu'avec la moitié du faisceau appliquée au talon du bras, et de supprimer alors l'autre moitié, qui ne pouvait rien ajouter à la force balistique²⁹¹, et dont la résistance entravait la manœuvre²⁹².

Th. 69.
KR. 292.

FABRICATION DES RESSORTS DE BRONZE.

270. Κατεσκευάσθησαν γὰρ εἰς τὸν τρισπίθαμον καταπέλτην Λεπίδες χαλκαῖ, καὶ εἶχον μὲν τὴν προσωρηόριαν ταύτην. Ἦσαν δὲ αἱ λεπίδες ἐλάσματα χαλκᾶ, μῆκος μὲν ἔχοντα [δακτύλους $\overline{1B}$], πλάτος δὲ [δακτύλους \overline{B}], πᾶχος δὲ [δακτύλου τὸ δωδέκατον]. Αὗται δὲ ἐχωνεύθησαν μὲν χαλκοῦ παρασκευασθέντος ἐρυθροῦ ὡς χρηστοτάτου καὶ κε-

270. On fabriqua alors, pour la catapulte de trois empan, des lames ou RUBANS (Λεπίδες) de bronze, car on leur donna ce nom. Ces rubans étaient des RESSORTS (Ἐλάσματα) métalliques, ayant de longueur [12 doigts], de largeur [2 doigts] et d'épaisseur [$\frac{1}{12}$ de doigt]²⁹³. On les fondit en cuivre rouge bien préparé, de première qualité et purifié avec

Th. 70.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

καθαρμένον και αποπιθθέντος πλεονά-
κισ, εἴθ' οὕτως εἰς τὴν μῶν μιχθέντος
κασσιτέρου δλκῆς δραχμαὶ τρεῖς, και
τούτου κεκαθαρμένον και αποπιθμένου
περισσῶς.

K.R. 294.

271. Εἰτ' ἐγχυθεισῶν και ελασθει-
σῶν τῶν λεπίδων και λαβουσῶν τὰ δη-
λωθέντα μέτρα, οὕτω καμπίην ἐδάκαμεν
αὐταῖς πραιίαν πρὸς ἐμβολέα ξύλινον.
Και μετὰ ταῦτα ἐκροτήσαμεν ταῦτα
ψυχρὰς συνεχῶς και πολλὸν χρόνον, τη-
ροῦντες ἰσοπαχεῖς και ὀρθὰς κατὰ κρῶ-
ταφον και κατὰ πλάτος ἀσῖραβεῖς και
ἀρμοζούσας πάντοθεν πρὸς τὸν ἐμβο-
λέα. Μετὰ δὲ ταῦτα κατὰ ζεῦγος αὐτὰς
συνεθήκαμεν, τὰ κοῖλα πρὸς ἀλληλας
συζεύξαντες, και τὰ ἄκρα ρινήσαντες
εἰς ὄνυχα, και τόρμοις εἰς ἀλληλα συ-
ζεύξαντες.

272. Ἰσχὺν μὲν οὖν ἐλάμβανον αἱ
λεπίδες διὰ τὴν τοῦ χαλκοῦ κρᾶσιν· ὁ
γὰρ λευκότετος και καθαρώτατος χω-
νευθεῖς εἰς τὸ δυνατόν μηδενὸς μετασχῶν
ἰσχυρὸς τε και δλκὸς και νευρώδης ἐστίν.
Ἐκροτοῦντο δὲ ψυχρὰς συνεχῶς και πο-
λὸν χρόνον πρὸς τὸ τὴν ἐπιφάνειαν
αὐτῶν πυκνωθεῖσαν εὐτονίαν παρα-
σχεῖν.

273. Ἀμφίκυρτοι γὰρ συνερεισθεῖ-
σαι, καθὰ λέγομεν, παρὰ τὴν τοῦ ἀγ-
κῆνος παρετίθεντο πῖέρναν. Ὁ δὲ
ἀγκῶν τὴν πῖέρναν εἶχεν ἐπηρεισμένην

soin, à plusieurs reprises, puis mé-
langé, à raison de trois drachmes par
mine (trois pour cent) avec de l'étain
pur, bien nettoyé et corroyé.

271. Au sortir du moule, les ru-
bans furent aplatis et mis aux dimen-
sions ci-dessus. Puis ils reçurent une
courbure douce sur un GABARIT de bois
(Ἐμβολεύς). Ensuite je les battis à
froid sans relâche, pendant très-long-
temps, leur donnant une épaisseur
uniforme, ainsi que des arêtes recti-
lignes au pourtour du profil; et, dans
l'autre sens, une courbure régulière
épousant exactement celle du gaba-
rit. Enfin je les conjuguai deux à deux,
mettant en regard leurs parties con-
caves²⁹⁴. Les extrémités, limées avec
soin, s'assemblaient deux à deux au
moyen de tenons.

272. Les rubans empruntaient donc
leur force à la nature même du bronze.
Le plus blanc et le plus pur, quand
on le fond avec toutes les précautions
requises, donne un métal fort, souple,
élastique. Les ressorts furent battus à
froid²⁹⁵, sans relâche et pendant long-
temps, afin d'en durcir les fibres su-
perficielles et de leur procurer plus
de résistance. On leur donna, comme
j'ai dit, une double convexité.

INSTALLATION DES RESSORTS.

273. Cela fait, on installa les res-
sorts au droit du talon du bras. Celu-
ci s'appuyait donc contre les lames
flexibles. Lui-même pivotait autour

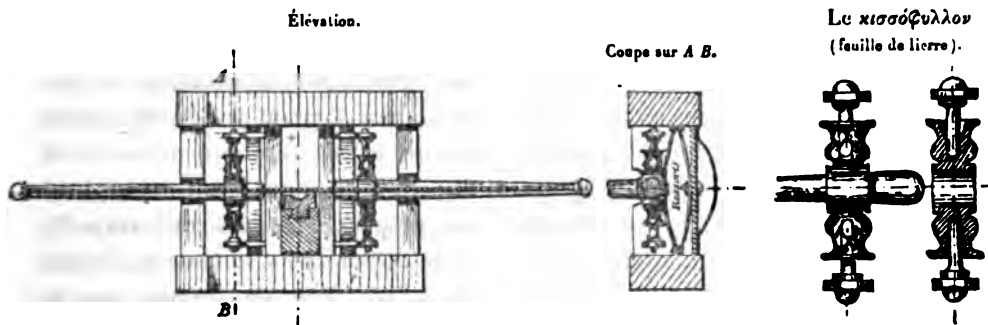
ἐπὶ τῶν λεπίδων αὐτὸς δὲ ἐπολεύετο
 περὶ ὀχέα σιδηροῦν παρακείμενον ἐκ-
 τὸς τῆς τοῦ ἀγκῶνος ἐπιφανείας καὶ
 συνεχόμενον ἐν τῇ πλινθίῳ κατὰ τὰ
 ἄκρα σιδηροῖς δεσμοῖς, οἱ καὶ τὰς λε-
 πίδας ἅμα περιεῖχον κύκλῳ πρὸς τὸ
 μὴ πονέσαι τὸ πλινθίον. Καὶ κατὰ τὴν
 ἐπιφάνειαν δὲ τοῦ ἀγκῶνος δακτύλιος
 χαλκοῦς προσέκειτο, καὶ πρὸς τὸν ἀγ-
 κῶνα προσκεκοινωμένος ἦν, δι' οὗ διέ-
 τρεχεν ὁ σιδηροῦς ὀχεύς πρὸς τὸ Κισ-
 σόφυλλον παρακτεινόμενον ἐξ αὐτοῦ διὰ
 τοῦτο.

d'un collier de fer extérieur, qui em-
 brassait le contour du bras²⁰⁶, et qui
 se reliait à la cage, par ses extrémités,
 au moyen d'étriers de même métal.
 D'ailleurs, pour ne point fatiguer le
 bâti, ces étriers, de forme arrondie,
 s'assemblaient avec les cadres des res-
 sorts. Enfin, le long du battant, se
 trouvait une douille en bronze, ajustée
 sur la surface du bras, et dans laquelle
 pénétrait le pivot de fer, au droit de la
 feuille de lierre (Κισσόφυλλον), dispo-
 sée en relief sur la douille²⁰⁷.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

Fig. 15. Engin chalcotone de Philon de Byzance.

(Catapulte à ressorts de bronze).



ÉLASTICITÉ DU SYSTÈME.

274. Τῆς οὖν δεδηλωμένης διασκευῆς
 ὑπαρχούσης συνέβαινε, καταγομένης τῆς
 τοξίτιδος, τὸν ἀγκῶνα πωλευόμενον περὶ
 τὸν ὀχέα τὸν σιδηροῦν, θλίβειν τῇ
 πτέρνῃ τὴν μίαν τῶν λεπίδων, ἢ κατὰ
 τὸ κυρτὸν μέρος πιεζομένη κατὰ ἄκρα
 καὶ προσηρησιμένη τῇ ἄλλῃ λεπίδι δι'
 αὐτῆς τε ἀπωροῦτο καὶ τὴν ἄλλην
 ἀπώρθου. Προσκεείμενον γὰρ ἦν καὶ τὸ
 τῆς ἄλλης μέσον πρὸς τῇ πλινθίῳ καὶ
 πρὸς τῆς περιέχουσιν αὐτὴν σιδηροῖς

274. Grâce à ce dispositif, continue
 Philon, lorsque la corde archère ve-
 nait à entraîner le bras²⁰⁸, celui-ci,
 pivotant librement dans son collier
 métallique, pressait du talon contre
 l'un des rubans, en appuyant sur la
 face convexe²⁰⁹. Ainsi comprimé, ce
 ruban se redressait, et transmettait
 son effort, par les extrémités, au se-
 cond ruban, qui se redressait pareille-
 ment. En effet le dos de celui-ci s'ap-

IA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

δεσμοῖς, ἐν μὲν τῇ καταγωγῇ, καθότι δεδηλώκαμεν· ἀναγκαῖον ἦν ἀπορβοῦσθαι τὰς λεπίδας διὰ τὸ αὐταῖς συνηρεῖσθαι· ἐν δὲ τῷ σχασθῆναι πάλιν ἐπὶ τὴν ὁμοίαν τοῦ σχήματος ἀποκαθίστασθαι τάξιν. Διὸ καὶ συνέβαινε μετὰ βίας πολλῆς διισταμένας αὐτὰς ἀπομοχλεύειν τὴν τοῦ ἀγκῶνος πτέρναν.

puyait contre le bâti et contre les armatures de fer, qui le maintenaient en position. Ainsi que je l'ai dit, l'entraînement de la corde³⁰⁰ avait pour effet de comprimer, redresser et arc-bouter l'un contre l'autre les deux rubans. La détente les ramenait à leur position primitive. S'éloignant alors violemment l'un de l'autre, ils réagissaient avec force contre le talon du bras.

ÉLASTICITÉ NATURELLE DE CERTAINS CORPS.

KR. 296. 275. Τάχα μὲν οὖν καὶ σοὶ δόξει τὸ εἰρημένον ἀπίστον εἶναι, καθάπερ καὶ ἄλλοις πλείοσιν. Οὐ γὰρ φάσκουσι δυνατὸν εἶναι καμπὴν ἐχούσας τὰς λεπίδας καὶ ὑπὸ τῆς τοῦ ἀγκῶνος βίας ἀπορρωθείσας μὴ οὐκ ὀρθὰς εἰς τὸ λοιπὸν διαμένειν, ἀλλὰ προκαθίστασθαι πάλιν ἐπὶ τὴν ἐξ ἀρχῆς ὑπάρχουσαν αὐτοῖς καμπήν. Περὶ μὲν γὰρ τὴν τῶν κεράτων φύσιν τὸ τοιοῦτον ὑπάρχειν, καὶ περὶ τινὰ τῶν ξύλων, καὶ τὰ τόξα τοιούτων γενέσθαι, τὸν δὲ χαλκὸν ἰσχυρὸν μὲν εἶναι φύσει καὶ σκληρίαν καὶ τόνον ἔχειν, καθάπερ καὶ τὸν σίδηρον, καμφθέντα μέντοι ὑπὸ τίνος βίας εἰς τὸ μετὰ ταῦτα διαμένειν τὴν καμπὴν ἔχοντα καὶ μὴ δύνασθαι ἑαυτῷ πάλιν ἀπορβοῦσθαι. Συγγνώμη οὖν ἔστω αὐτοῖς τοῦ ἐπὶ ταύτην τὴν δόξαν φέρεσθαι μὴ προῖσθηκόσι τὰ κατὰ μέρος.

275. Sans doute un pareil fait vous paraîtra, comme à beaucoup de personnes, incroyable. Il est impossible, dira-t-on, que des lames déjà courbées, puis redressées par l'effort du battant, ne restent pas indéfiniment rectilignes, bien loin de se détendre et de revenir à leur courbure première. A dire vrai, on admet que l'élasticité est une propriété naturelle de la corne³⁰¹ et de certains bois, comme on le voit dans l'arc. Mais on soutient que le bronze, bien que doué, comme le fer, d'une certaine rigidité, d'une certaine dureté et résistance, conserve néanmoins la courbure qu'il a reçue d'un effort puissant, et ne peut plus ensuite spontanément se redresser. Excusons l'objection, fondée sur une notion imparfaite des choses.

LAMES D'ÉPÉES CELTIQUES ET ESPAGNOLES.

276. Ὡφθη γὰρ ἡ τῶν προειρημένων λεπίδων ἐργασία διὰ τῶν Κελτικῶν καὶ Ἰσπανῶν καλουμένων μαχαίρων.

276. La propriété desdits ressorts fut, en effet, devinée à la vue des épées celtiques et espagnoles. Pour es-

Ταύτας γὰρ, ὅταν βούλωνται δοκιμαζειν, εἰ χρῆσται εἰσιν, ἐπιλαβόμενοι τῇ μὲν δεξιά χειρὶ τῆς μαχαίρας καὶ ἐπὶ τὴν κεφαλὴν θέντες πλάγιαν αὐτὴν κατὰ γουσίην ἐξ ἑκατέρου μέρους, ἕως ἂν τῶν ὤμων ἄψωνται· μετὰ δὲ ταῦτα ἀνῆκαν ὀξέως πᾶραντες ἀμφοτέρας τὰς χεῖρας. Ἡ δὲ ἀφεθεῖσα ἀπορθοῦται πάλιν, καὶ ὄστως ἐπὶ τὴν ἐξ ἀρχῆς ρυθμὸν ἀποκαθίσταται, ὥστε μηδεμιᾶς ἐννοίαν καμπῆς ἔχειν· καὶ ταῦτα πλεονάκις ποιοῦντων ὀρθαὶ διαμένουσιν.

THÉORIE DU BATTAGE.

277. Ἐξητάζετο οὖν, τίς ἐστὶν ἡ αἰτία, δι' ἣν κατευτονεῖν ὄστως συμβαίνει τὰς μαχαίρας ταύτας· ζητοῦντες δὲ εὐρισκον πρῶτον μὲν τὸν σίδηρον καθαρὸν ὑπάρχοντα κατ' ὑπερβολὴν, εἶτα εἰργασμένον ἐκ πυρὸς ὄστως, ὥστε μήτε διπλόην μήτε ἄλλο σῖνος ἐν αὐτῷ μηδὲν ὑπάρχειν, ἔντα δὲ καὶ τὸν σίδηρον τῷ γένει μήτε κατὰσκληρον λίαν μήτε μαλακὸν, μέσον δὲ τινα· μετὰ δὲ ταῦτα κεκροτημένας ψυχρὰς αὐτὰς νεανικῶς ὑπάρχειν· τουτὶ γὰρ εἶναι τὸ τὴν εὐτονίαν ποιοῦν· κροτεῖσθαι μέντοι μὴ μεγάλας σφύραις μήτε ἰσχυραῖς πηγάϊς· τὴν γὰρ βίαιον καὶ πλάγιαν πηγήν τὸν τε ρυθμὸν διασπρέφειν καὶ κατὰ βάθος ἰκνουμένην ἀποσκληρύνειν λίαν, ὥστε τὰς οὕτω κεκροτημένας, εἴ τις ἐπιβάλλοιτο κάμπειν, ἥτοι αὐτῷ μὴ ἐνδιδῆναι τὸ παράπαν, ἢ βιασθείσας συντριβεσθαι διὰ τὸ πάντα τὸν τὴν πυκνωθέντα ὑπὸ τῆς πηγῆς πυκνὸν ὑπάρχειν. Αἱ μὲν οὖν πυρώσεις τὸν τε σίδηρον καὶ χαλκὸν μαλακύνουσιν

sayer celles-ci, et pour juger de leur qualité pratique, on saisit une lame de la main droite et on se l'applique contre la tête. Puis, des deux mains, on en abaisse³⁰² les extrémités, jusqu'à ce qu'elles fléchissent au niveau des épaules. On lâche alors brusquement la lame qui, d'elle-même, redevient droite comme devant, sans conserver, même après des épreuves répétées, la moindre trace de courbure.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

277. On se demandait en vertu de quel principe ces lames possèdent une pareille élasticité³⁰³. On finit par comprendre que le fer, lorsqu'il est bien pur, et qu'on le corroie à la forge de manière à n'y laisser ni rouille ni paille, ne se montre par lui-même ni dur ni mou, mais plutôt d'une consistance moyenne; d'un autre côté, que ces lames, vivement³⁰⁴ battues à froid, acquièrent plus d'élasticité. C'est là, en effet, ce qui leur donne la souplesse. Toutefois il ne les faut battre ni avec violence ni avec de forts marteaux. Un battage exagéré et maladroit détruit l'arrangement des fibres et se répercute à trop de profondeur. Aussi bien, battues de la sorte, si l'on cherche à les faire ployer, elles s'y refusent absolument, ou bien se rompent sous l'effort, parce que leurs fibres, écrouies par le battage, ne peuvent plus se condenser davantage. Le passage au feu amollit le fer et l'airain, en les dila-

KR. 198.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ἀραιουμένων τῶν σωμάτων, ὡς φασιν, αἱ δὲ ψύξεις καὶ κροτήσεις σκληρύνουσιν. Ἀμφότερα γὰρ αἷτια γίνονται τοῦ πυκνοῦσθαι τὰ σώματα συντρεχόντων τῶν μορίων πρὸς ἄλληλα καὶ τῆς τοῦ κενοῦ περιπλακῆς συναιρουμένης.

278. Ἐκροτοῦμεν οὖν ψυχρὰς τὰς λεπίδας κατὰ ἀμφότερα τὰ μέρη, καὶ οὕτω τὰς ἐπιφανείας αὐτῶν συνέβαινε σκληρὰς γίνεσθαι, τὸ δὲ μέσον διαμένειν μαλακὸν διὰ τὸ μὴ διικνεῖσθαι τὴν πληγὴν κατὰ βάθος ἐλαφρὰν οὔσαν· Καθάπερ οὖν ἐκ τριῶν σωμάτων ἐγίνοντο συγκείμεναι, δύο μὲν σκληρῶν, εἰς δὲ τοῦ μέσου μαλακωτέρου, διὰ καὶ τὴν εὐτονίαν αὐταῖς συνέβαινε ὑπάρχειν, καθὼς ἀνώτερον ἐπεδείχθη.

Th. 72.

tant, comme on dit. Au contraire, la trempe et le battage durcissent ces métaux³⁰⁵. Ces deux causes expliquent d'ailleurs la contraction des corps par le rapprochement de leurs molécules et par la suppression des pores intermédiaires.

278. Je battis donc mes rubans à froid sur chaque face, et cela eut pour effet d'en durcir l'épiderme. L'intérieur, au contraire, demeura mou, grâce à la douceur du battage, qui ne pouvait se faire sentir à quelque profondeur. Les lames se trouvaient donc formées, pour ainsi dire, de TROIS MÉTAUX JUXTAPOSÉS : À L'EXTÉRIEUR, DEUX COUVERTES DURES ; À L'INTÉRIEUR, UN NOYAU MOU. De là, leur souplesse élastique, décrite plus haut³⁰⁶.

SUPÉRIORITÉ PRATIQUE DES ENGINΣ À RESSORTS.

279. Περὶ μὲν οὖν τῶν Χαλκοτόνων καὶ τῆς περὶ αὐτὰ γιγνομένης κατασκευῆς ἐπὶ τοσοῦτον εἰρησθῶ, μὴ καὶ μακρότερον ἐξενεχθέντες λάθωμεν παρεκβαίνοντες εἰς τοὺς φυσικοὺς ἐπιπλεῖον λόγους. Ἔτι δὲ σοὶ βραχέα προεμφανιοῦμεν περὶ τῆς εὐχρηστίας αὐτῶν· πρῶτον μὲν γὰρ ἐστὶν ἡ κατασκευὴ τῶν δεδηλωμένων παρὰ πολὺ τῶν ἄλλων εὐκοπωτέρα διὰ τὸ μήτε περίτρητα, μήτε χοινικίδας μήτε δεσμοὺς σιδηροὺς πολλοὺς καὶ ποικίλους ἔχειν, ἀλλ' ἀφελῆ τινα, καὶ λιτὴν καὶ εὐκοπον εἶναι τὴν κατασκευὴν αὐτῶν. Πρὸς δὲ τούτοις ἰσχυρὰ τέ ἐστὶ καὶ ἀφθάρτα μᾶλλον τῶν ἄλλων, ὡσὰν οὐ διὰ νεύραν ἀλλὰ διὰ χαλκοῦ τὴν ἐξάρ-

279. Des engins χαλκότονα et de leur structure actuelle, je borne ici mon exposé; en allant plus loin, je craindrais d'empiéter sans le vouloir sur des questions qui sont plutôt du domaine de la physique. J'ajouterai seulement quelques remarques sur les qualités pratiques du nouveau système. Et d'abord, témoin la description donnée plus haut, il est d'une facilité d'exécution supérieure. Cela tient à ce qu'il ne présente ni lucarnes, ni barillets, ni armatures de fer pombeuses et compliquées. Sa construction se trouve, au contraire, toute simple, tout unie, et partant très-facile. D'un autre côté, c'est une arme puissante,

τυσιν ἔχοντα. Τὸ δὲ μέγιστον καὶ πρω-
τεῦον μακροβολεῖται καὶ ταῖς πλῆγαῖς
ἐσὶν εὐτονα, ἔντε ταῖς ὑπαίθροις χρεῖαις
καὶ ἐν ταῖς ναυτικαῖς στρατιαῖς ἀπαθῆ
διαμένει διὰ τὸ μήτε βραχέντα αὐτὰ
μήτε νοτισθέντα μηδὲν δεινὸν πάσχειν.
Τῷ δὲ νεύρῳ πᾶν τὸ τοιοῦτόν ἐσὶ πω-
λέμιον, οὐδ' οἶόν τε νοτισθέντων τῶν
τόνων ἢ βραχέντων μὴ φθείρεσθαι τὰ
ὄργανα. Πολλάκις δὲ καὶ τὰ φυλασσό-
μενα περισσῶς σίγειν οἷς τόποις διὰ τὴν
τοῦ ἀέρος μεταβολὴν χεῖρονα αὐτῶν
παρὰ πολλὸν γίνεσθαι [συμβαίνει]. Ὁ
δὲ χαλκὸς ἐν τε τοῖς τοιούτοις ἐσὶν
ἀφθαρτος καὶ ἐν ταῖς χρεῖαις ἀπαθῆς
διαμένει, διὰ τὸ μήτε ῥήγνυσθαι μήτε
ἐπέκτασιν λαμβάνειν. Δύναται δὲ μετὰ
τὴν χρεῖαν εὐκόπως ἐξαιρεθεῖς ὁ τόνος
ἐκ τοῦ πλινθίου τίθεσθαι εἰς ἔλυτρον
ἐμβληθεῖς. Καὶ τοὺς ἀγκῶνας δὲ ἐσὶν
εὐκόπως ἐξελεῖν τῶν ὀχέων ἐξελκυσθέν-
των, ὥστε κατὰ πᾶν μέρος καὶ εὐσταλὲς
καὶ εὐσύνθετον εἶναι καὶ ἐν ταῖς ὁδοι-
πορίαις εὐφορτον.

moins sujette qu'une autre à se détra-
quer, car elle tient sa force balistique
NON DES NERFS, MAIS DU BRONZE ³⁰⁷. En-
fin sa qualité suprême, sans rivale,
c'est la longue portée et la vigueur de
son tir, qui ne s'affaiblit jamais durant
l'action, sur mer comme sur terre. Son
organe moteur est, en effet, à l'épreuve
de la rupture, de l'humidité ou de
tout autre accident. Pour les nerfs, ces
circonstances sont funestes. Dès que
les faisceaux sont mouillés ou rompus,
inévitablement la machine est bientôt
détraquée. Souvent même le soin
qu'on prend de l'abriter en un local
soustrait aux influences atmosphéri-
ques ne la sauve point d'une détério-
ration rapide. Le bronze, au contraire,
résiste à toutes les épreuves. L'usage
de l'arme, loin d'en rompre ou d'en
relâcher le ressort, met en évidence
toute sa vigueur pratique. Après l'ac-
tion, l'organe des ressorts ³⁰⁸, facile à
démonter, s'enlève de la cage et se
renferme dans un étui. Les bras se
retirent avec la même facilité ³⁰⁹. Par
conséquent, à tous les points de vue,
l'arme est économique, d'un assem-
blage commode, et portable en cam-
paigne ³¹⁰.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

KH. 300.

280. Tel fut le programme du χαλκότονον ὄργανον, dans les limites rationnelles des connaissances pratiques de Philon de Byzance et de ses contemporains. Fidèle à la loi du progrès, c'est-à-dire attentif à conserver, en les améliorant, les œuvres de ses prédécesseurs, Philon se montre plein de respect pour la tradition primitive. A son exemple, dans mes recherches sur la χειροβαλλίστρα, j'ai pris pour règle de ne

m'écarter jamais des indications précieuses du livre IV de Philon de Byzance. La description qu'il donne des pivots, des ressorts faciles à démonter, des battants d'une structure particulière, introduits par lui dans le *χαλκότονον*, devait éclairer pour moi d'une lumière vive le texte énigmatique de la *Chirobaliste*. Je dois au savant ouvrage de M. C. Wescher l'indice de plusieurs détails, précisés par la restitution des leçons authentiques correspondantes. Mais je dois, avant tout, à l'illustre émule de Ctésibius le fil d'Ariane qui m'a retiré, sain et sauf, de cet obscur et périlleux labyrinthe.

PARALLÈLE ENTRE LES *Καμβέσρια* D'HÉRON D'ALEXANDRIE ET LES *OSCILLA*
 OU *ANISOCYCLI* DU SCORPION, SELON VITRUE.

281. Pour compléter l'étude des origines et des perfectionnements des ressorts métalliques, appliqués à la balistique des anciens, je dois rendre compte du rapprochement que j'ai tenté de faire entre les ressorts ou *καμβέσρια* de la chirobaliste, et les *anisocycli* ou *oscilla*, assignés au scorpion par un passage extrêmement important de Vitruve³¹¹.

Dans mon *Introduction historique*, j'ai cité³¹² les divers témoignages qui font dériver la *manubaliste* du *scorpion* primitif. Que celui-ci d'abord ait été *euthytone*, Héron d'Alexandrie en fait foi. Mais qu'il soit bientôt devenu *palintone*, en conservant seulement la monture et le tiroir de l'euthytone, c'est ce qui résulte de la structure même de la chirobaliste.

282. Or, à propos du *scorpion*, voici le passage en question de Vitruve :

« *Organa autem unius ope (sic Codd. Par.) prudenti tactu perficiunt quod propositum est, uti SCORPIONIS SEU ANISOCYCLORUM VERSATIONES*³¹³. » C'est-à-dire : « Quant aux engins, l'aide d'un seul homme, adroitement mise en œuvre, comme dans le JEU DU SCORPION, JE VEUX DIRE DES ANISOCYCLES, suffit pour en assurer l'effet. »

283. Qu'étaient-ce donc que les anisocycles ?

J'observe d'abord que Vitruve assimile cet organe, formé de *cercles inégaux*, au scorpion lui-même. SEU exprime l'IDENTITÉ.

D'un autre côté, *versationes* signifie partout, dans Vitruve, *mouvement rotatoire*. Mais il peut s'appliquer également à l'*oscillation*, mouvement *rotatoire alternatif*. Sénèque³¹⁴ l'emploie dans ce sens, en parlant du mouvement *oscillatoire* qui accompagne le tremblement de terre.

Le scorpion, signalé ici par Vitruve, avait donc pour organe principal un mécanisme formé de *cercles inégaux*, à *détente vibratoire*, manœuvré par un seul homme et doué d'une *justesse remarquable*.

284. J'y verrais volontiers les *καμβέστρια* d'Héron, avec leurs *ovales* (*cercles inégaux*) compressibles, à l'exclusion des ressorts à boudin, rubans en spirale, engrenages, manivelles, etc., etc., proposés par les commentateurs³¹⁵.

285. Au surplus, l'expression « scorpionis seu anisocyclorum *versationes* » laisse entrevoir que Vitruve songeait, en rédigeant ce passage, à un double système de scorpion. Après *scorpionis*, il semble se raviser et s'appliquer à mieux préciser celui des deux types qu'il veut citer pour exemple. A côté du *scorpion sidérotone*, de la *manubaliste*, Vitruve connaissait bien l'ancien scorpion *névrotone*, dont il donne ailleurs³¹⁶ la description détaillée, et qui était manœuvré par deux servants. Mais le scorpion à *ressorts* est le seul qu'il ait pu avoir en vue dans le passage qui nous occupe.

286. Malheureusement, le terme *anisocyclorum*, donné par toutes les éditions, à l'exception de la première³¹⁷, ne se retrouve dans aucun manuscrit de Vitruve. La remarque est de Schneider³¹⁸. Le mot *ἀνισόκυκλος* ou *ἀνισόκυκλον* est inconnu dans les lexiques grecs; et, s'il fallait le maintenir dans Vitruve, *anisocycli* serait préférable au neutre *anisocycla*, adopté par tous les commentateurs.

287. Schneider observe qu'*anisocyclorum* est une conjecture de Giocundo, deuxième éditeur de Vitruve³¹⁹, connu pour la témérité de ses interprétations.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

A la place de ce mot, Sulpicius met *latiniso scidorum*. En outre, dans deux mss. très-anciens (x^e et xi^e siècle) de Paris, je lis :

et *LATIONISOS CICLORUM* (Cod. Par. lat. 10277)³²⁰.
LATIONIS OSCICLORUM (Cod. Par. lat. 7227)³²¹.

288. Deux autres mss. plus récents (xiv^e et xv^e siècle) de Paris donnent :

et *LATINI SCASCICLORUM* (Cod. Par. lat. 7228)³²².
LATINI SOSCIDORUM (Cod. Par. lat. 7382)³²³.

289. Schneider cite les variantes analogues de quelques autres mss. de Vitruve³²⁴. Celui de Franeker³²⁵, le plus célèbre de tous, donne :

LATIONISOSCICLORUM.

Les autres se rapprochent sensiblement des formes citées plus haut.

290. Enfin le savant éditeur de Vitruve signale³²⁶ la correction *Latinis oscillorum* proposée par Is. Voss, qui voit dans les *oscilla* « un jeu spécial connu des acrobates et inventé PAR LE ROI LATINUS; » sans doute l'*escarpolette* ou la *balançoire*. « Hæc Vossius, quæ equidem non intelligo! » ajoute Schneider.

291. Observons, comme il le dit lui-même, que, les divers manuscrits de Vitruve dérivant tous d'un original unique, leurs nombreuses variantes sont exclusivement l'œuvre des copistes³²⁷. Parmi celles qu'on vient de lire, la désinence *isociclorum* paraît dominer. *Scidorum*, donné par Sulpicius et par le manuscrit 7382 de Paris, résulte simplement de la liaison de *c* avec *l* à la suite, changée en *d* par le copiste : *cl = d*. Mais *lati*, tête du mot, se retrouve partout identique. Les plus anciens manuscrits de Paris donnent même très-distinctement, *lationis*. Comment interpréter cette énigme?

292. La conjecture de Voss, dégagée de son bizarre commentaire, rétablirait ainsi le passage de Vitruve : « SCORPIONIS SEU LATINIS OSCILLORUM VÉRSATIONES. » C'est-à-dire : « LE BATTEMENT DU SCORPION OU, « POUR LES LATINS, DES OSCILLA (*ressorts*). »

Oscillum correspond, en effet, au mouvement *pendulaire*. Tertulien³²⁸ l'applique au *va-et-vient* des coups du bélier. *Versationes*, on l'a vu, a la même signification dans Sénèque, mais Vitruve l'applique d'ordinaire au mouvement *rotatoire continua*. *Oscillorum versationes* impliquerait donc l'idée du *battement angulaire*, tel que celui des bras du scorpion. Or ces bras faisaient partie intégrante de l'organe balistique.

293. Il y a plus : *Oscillum* dérive d'*os, bouche*, que l'on retrouve dans *oscitare, bâiller*. Le *va-et-vient* de la bouche, dans la mastication, a fourni l'étymologie figurative du terme *oscillari, osciller*. Dans les *ovales* des *καμβέσρια*, une déformation analogue à celle de la bouche se produit à chaque coup. Une fois l'engin armé, les ovales s'ouvrent et se rapprochent de la forme circulaire. De là, ainsi qu'on le verra plus loin³²⁹, l'étymologie figurative de *καμβέσρια*, mot qui signifie *ressorts grinçants*. Je le fais dériver, en effet, de *καμπ*, radical de *κάμπειν, courber, cambrer*; et de *σῆρι*, radical de *stridere dentibus, grincer des dents, ouvrir la bouche en rond, en cœur*; les deux radicaux étant soudés ensemble par un *ε* euphonique, moyennant le changement de *π* en *ς*, *sons identiques* à la suite de *μ* : *καμπ-σῆρι-ον = (καμς)έ(σῆρι)ον*.

Ces diverses analogies conduiraient donc à penser que Vitruve, arrêté par un terme grec de ce genre, aura tenu à l'expliquer *en latin*, respectant autant que possible l'étymologie métaphorique du texte original.

294. Ainsi, soit que l'on adopte la leçon de Voss ou la conjecture de Giocundo, le passage précité de Vitruve laisse entrevoir, dans le *scorpion* portatif, un organe *oscillant, élastique, puissant et sûr*. A tous les points de vue, entre les *ovales* d'Héron et les *anisocycli*, entre les *καμβέσρια* et les *oscillorum versationes* de Vitruve, l'analogie est frappante. D'où l'on pourrait conclure que l'auteur latin, en citant pour modèle d'engin de précision le *scorpion*, a voulu signaler la *χειροβαλλίστρια* elle-même.

295. Si cette conjecture paraît plausible, il en résultera :

1° Que les engins balistiques à *ressorts de métal*, inventés en Égypte

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

moins de deux siècles avant l'ère chrétienne, étaient connus à Rome du temps de César Auguste.

2° Que ces engins, mus par *un seul homme*, étaient portatifs et du type *scorpion*, servant exclusivement à lancer des *dards*, comme les *scorpions névrotones* d'Héron, de César et de Vitruve.

3° Que si ces derniers, d'épure *euthytone*, au dire d'Héron et de Vitruve, étaient appliqués en grand dans les légions romaines, il faut admettre, comme le prouve la *Chirobaliste*, que les *scorpions à ressorts* étaient *palintones*, ce qui en assurait la commodité et la puissance. A module égal, nous avons vu que le *palintone* à fibres tordues est de trois à quatre fois plus fort que l'*euthytone*³³⁰. Avec les ressorts métalliques, sa puissance était plus que double.

4° Que les machines à *ressorts* étaient renommées pour la simplicité et la précision de leur manœuvre.

5° Que les Romains avaient créé, dans leur propre langue, un terme équivalent, pour l'étymologie figurative, au nom donné primitivement par les Grecs aux ressorts de ces engins.

6° Que l'adoption des ressorts par les Romains fut assez prompte; les conquérants, fidèles à leur coutume, ne mettant aucun retard à munir leurs légions d'une arme sûre, portative et puissante, comme l'était la *manubaliste*.

7° Enfin, qu'à l'époque des campagnes de Gaule (58 à 45 av. J. C.) cet engin figurait déjà probablement dans l'artillerie de campagne. Dans César, *scorpio* est toujours une machine à lancer des traits³³¹. *Balista* se dit habituellement du jet des pierres³³². Vitruve respecte cette classification. Mais il range la *catapulte* à côté du *scorpion*, tandis que, dans César, la catapulte est un *pierrier*³³³; ce qui ferait supposer que le grand historien donnait ce nom au *pierrier-fronde*, c'est-à-dire à l'engin *μονάχων* des Grecs, à battant vertical. Toutes ces machines étaient *névrotones*. César les appelle en bloc *tormenta*³³⁴. Mais on lit dans Hirtius³³⁵: « Scorpionum, catapultarum, ceterorumque telorum... mag-
nam copiam habebat. » Les *manubalistes* figuraient donc probablement, vers l'an 46 avant J. C., dans le matériel de la campagne d'Afrique.

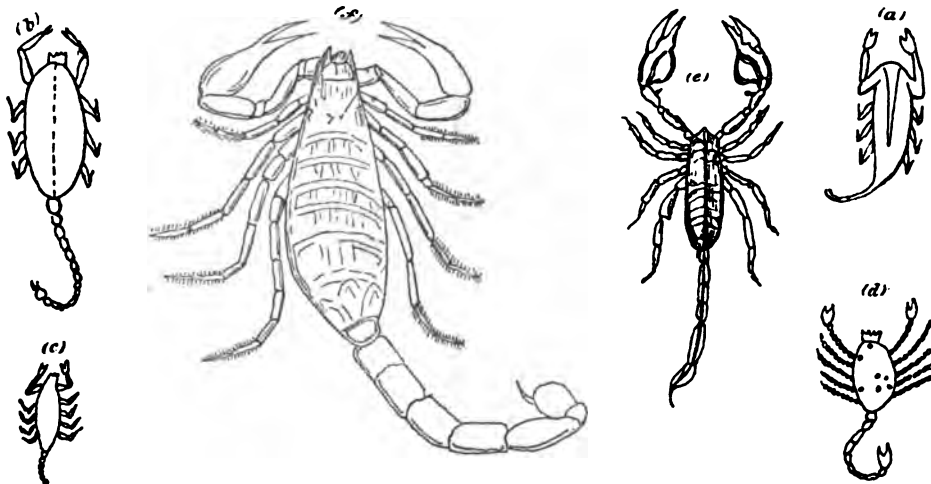
RESTITUTION DU SCORPION PAR ANALOGIE FIGURATIVE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

296. Nous avons donné, au sujet du *scorpion*, les définitions diverses fournies par Tertullien, Végèce et Ammien Marcellin. Ces auteurs les appuient sur la ressemblance du dard de l'insecte avec la flèche subtile et mortelle de l'engin de même nom. Héron d'Alexandrie, plus ancien et mieux renseigné, attribue le nom de *σκορπίος*, appliqué à l'arme de guerre, à une similitude de forme, ἀπὸ τῆς περὶ τὸ σχῆμα ὁμοιότητος³³⁶. L'analogie du dard est donc insuffisante.

297. Nous reproduisons ci-dessous (fig. 16) plusieurs croquis de l'insecte, d'après les monuments antiques et d'après les données de la science entomologique.

Fig. 16. Scorpions.



a Scorpion du planisphère du petit appartement du temple de Tentyris (Denderah) d'après Denon³³⁷.

b Scorpion du Zodiaque du plafond du portique de Tentyris, d'après Denon³³⁸.

c Le même d'après Dupuis³³⁹.

d Scorpion du planisphère des travaux de Thésée, d'après Dupuis³⁴⁰.

e Scorpion roussâtre, d'après M. Duméril³⁴¹.

f Scorpion roussâtre (*occitanus*), d'après M. Blanchard³⁴².

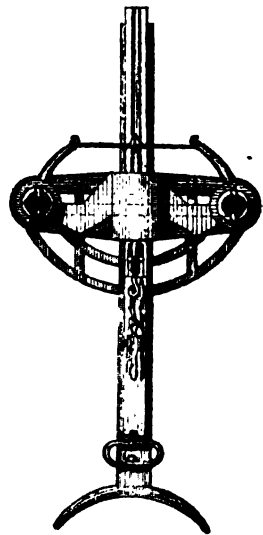
298. Les figures ci-dessus diffèrent sensiblement les unes des autres, dans le détail des formes du corps, des pattes, de la queue et

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

du dard du scorpion. Ces formes peuvent correspondre à plusieurs espèces distinctes. J'ai vu moi-même en Espagne des scorpions vivants, dont la queue avait une longueur double environ de celle du corps. Mais un point sur lequel tout le monde est d'accord, c'est celui des bras armés de pinces, qui se trouvent *en avant du corps* de l'insecte, et qui lui servent pour saisir et approcher de sa bouche l'objet qu'il veut dévorer. Ces deux bras sont coudés, à l'instar des bras humains; seulement le bras, comme l'avant-bras, demeure horizontal. C'est dans cette analogie de forme qu'il faut chercher la ressemblance entre le *scorpion* de guerre et l'*insecte*, signalée par Héron. Or cette ressemblance n'existe qu'à la condition de supposer l'engin *palintone*.

299. La figure 17 ci-dessous représente un croquis explicatif de l'analogie.

Fig. 17. Restitution du *Σκορπίδιον*.



Les avant-bras (*battants* de l'engin) sont seuls mobiles. Les *tables* du bâti sont découpées de manière à simuler la forme des bras. Les *barillets* représentent l'articulation des coudes. Il n'est pas douteux que les scorpions *névrotones*, les *σκορπίδια* d'Archimède, étaient dessinés d'après ce principe. C'étaient de petits engins; les madriers for-

mant les tablettes, découpées en bras, ne pouvaient, en effet, excéder les dimensions habituelles du bois.

300. Le détail *retractu tela vegetantem* appliqué au scorpion par Tertullien est très-exact. C'est la traduction même du mot *παλίντονον*. A l'instant où le trait part, les avant-bras s'écartent brusquement du corps du bâti; ils *reculent*, pour ainsi dire, en s'éloignant du centre de la machine. Ils lancent le projectile par une sorte de *ruade*, *retractu*.

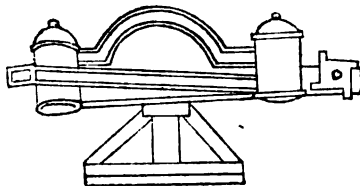
Les considérations ci-dessus ne peuvent laisser subsister aucun doute sur le caractère *παλίντονον* du *scorpion* antique et de son dérivé la *chirobaliste*.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ENGINS DE LA COLONNE TRAJANE.

301. Il y aurait encore à rechercher les traces de cet engin sur les bas-reliefs de la colonne Trajane. Plusieurs d'entre eux n'offrent aucune apparence de bras latéraux. Ils seraient donc *palintones*. Ce seraient des *balistes*, *scorpions* ou *manubalistes*. Leur organe balistique, caché dans des tourelles formant les ailes de l'embrasure, était probablement analogue, peut-être même en tout semblable aux *καμβέσιρια*. Les tourelles, peu volumineuses, permettent de le supposer. Des faisceaux névrotones seraient plus encombrants. Cependant ces tourelles sont surmontées de chapeaux qui sembleraient indiquer la présence de barillets. Dans toutes les figures de ces engins, l'embrasure est absolument libre. Il n'y a pas de trace de colonnettes. C'est un progrès sur la *χειροβαλλίστρα*; mais il n'était guère applicable qu'à des machines sur affût fixe ou roulant. Le poids des tourelles permettait d'y arc-bouter directement le linteau de l'embrasure.

Fig. 18.



LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Je crois devoir réserver pour un grand travail d'ensemble, que je prépare sur l'Artillerie antique, l'étude détaillée de la question. Pour le moment il me suffit de signaler les analogies qui précèdent, et de les rendre intelligibles par la figure 18 ci-dessus, empruntée aux bas-reliefs de la colonne Trajane, et qui représente une *manubaliste* des Daces.

TROISIÈME PARTIE.

STRUCTURE ET DIMENSIONS DE LA CHIROBALISTE D'HÉRON D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
L'ALEXANDRIE

302. Au § XII de l'*Introduction historique*³³³, j'ai donné un tableau d'ensemble des manuscrits aujourd'hui connus de la *Χειροβαλλίστρα*. Avant de présenter la traduction de l'opuscule, je crois devoir compléter le tableau des manuscrits en indiquant, avec la date de chacun d'eux, les sigles abréviatives choisies antérieurement pour les désigner, et aussi l'endroit où l'opuscule d'Héron se trouve dans ces manuscrits. Je complète ces données par quelques explications sur les notations spéciales de mon nouveau commentaire.

MANUSCRITS.	FOLIOS.	SIÈCLE.	NOTATIONS OU SIGLES.			OBSERVATIONS SUR LES NOTATIONS OU SIGLES du nouveau commentaire paleographique.
			Présente édition.	Édition Vincent.	Édition Wescher.	
1° PRINCIPAUX.						
1. Myss, Paris, <i>suppl. gr.</i> 607.....	<i>Ol. μα. Ol. μν.</i> 56 r° à 58 v°	av. le x ^e	M	M	M	Les passages empruntés à M. Wescher, dans le commentaire nouveau, sont imprimés en italiques. — Les sigles libres, telles que M, F ₁ , P ₇ , P ₈ , P ₉ , indiquent des variantes déjà éditées. — La parenthèse (M) ou (F ₁ , P ₂ , P ₇) indique des variantes inédites avant ce jour. Les éditions antérieures sont indiquées par les abréviations suivantes: Bou BALD = BALD (Augsbourg, 1616, petit in-4°) — Tm. ou Tmév. = Tmévnot (<i>Math. vet.</i> Paris, 1693, grand in-8°). Pa = PAOU (1 ^{re} édition, Paris, 1866, grand in-8°) — Vr ou Visc. = VISCAVY (Paris, 1866, petit in-8°) (Pa) = (PAOU), édition actuelle.
2. Vienne 120, <i>olim</i> 113..	12 r° à 14 v°	xvi ^e	F	.	F	
3. Médicis, Paris 2442, de la recension byzantine..	68 v° à 70 v°	xi ^e	P	F	P	
4, 5, 6. Vatican, 1164, 219 et 220 (recens. byz.)	107 v° à 109 v° 17 v° à 20 v°	xv ^e , xv ^e	V V ₁ V ₂	.	V V ₁ V ₂	
2° SECONDAIRES.						
7. Vienne 140, <i>olim</i> 110..	59 v° à 63 r°.	xvi ^e	F ₁	L	F ¹	
8. Paris, 2435, rec. byz...	14 r° à 16 r°	xvi ^e	P ₁	A	P ²	
9. <i>Id.</i> 2436, <i>id.</i> ...	10 v° à 12 v°	xvi ^e	P ₂	B	P ³	
10. <i>Id.</i> 2437, <i>id.</i> ...	17 r° à 19 v°	xvi ^e	P ₃	C	P ⁴	
11. <i>Id.</i> 2438, <i>id.</i> ...	14 v° à 17 r°	xvi ^e	P ₄	D	F ³	
12. <i>Id.</i> 2439, <i>id.</i> ...	58 r° à 61 r°	xvi ^e	P ₅	E	P ⁵	
13. <i>Id.</i> 2445, <i>id.</i> ...	127 v° à 129 v°	xvi ^e	P ₆	G	P ⁶	
14. <i>Id.</i> 2521, <i>olim</i> 4717, Colbert. Recens. byzant.	21 v° à 24 v°	xvi ^e	P ₇	H	P ⁷	
15. Paris, 26, <i>suppl. grec</i> , recens. byzant.....	21 v° à 23 r°	xvi ^e	P ₈	I	P ¹⁰	
16. Paris, 244, <i>suppl. grec</i> , recens. byzant.....	29 r° à 30 v°	xvii ^e	P ₉	K	P ¹¹	

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ΗΡΩΝΟΣ ΧΕΙΡΟΒΑΛΛΙΣΤΡΑΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ¹.

STRUCTURE ET DIMENSIONS DE LA CHIROBALISTE D'HÉRON.

303.

[Α. ΣΥΡΙΓΓΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΩΓΙΔΟΣ ΚΑΤΑ-
ΣΚΕΪΗ.]

[I. SYRINGIS DIOSTRÆ ET CATA-
GOGIDIS CONSTRUCTIO.]

[I. COULISSE, TIROIR ET CROSSE*.]

B. 64. Th. 115.
Pr. 18. Vt. 46.
W. 123.

ἄ. Γεγονέτωσαν κανόνες
δύο πελεκινωτοί², οἱ ΑΒΓΔ³,
ἐν τετραγώνοις πελεκίνοις⁴,

1. Fiant regulæ duæ AB
et GD, in quadrangulos car-
dines securiclatæ, quarum al-

1. Soient deux pièces^b
AB et GD, profilées à rai-
nure et languette en queue

¹ Ἡρωνος Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία] Titulum hunc ex Th. dedit Wescher. Habent (P₁ P₄ P₅) Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ tantummodo habet F. — Συμμετρίαις MPV F₁ (P₁ P₂ P₃ P₄ P₇ P₈ P₉) — Ἡρωνος Ἀλεξανδρέως ex F₁ ponit Vincent — Τοῦ αὐτοῦ Ἡρωνος Baldus. — Χειροβαλλίστρας (P₈). || ² πελεκινωτοί] sic codd. et edit. omni., præter F, ubi πελεκίνω τῷ ἰ legitur. || ³ οἱ ΑΒΓΔ] sic in codd. plerisq. minusculis litteris legitur; verum ubique uncialibus exarat Wescher. Prior unciales admisit Vincent. — ἀβ γδ Baldus — αβ, γδ primus divisi — οἱ αὐ. γδ habet F, ex confusione litterarum β et ω. — οἱ α β γ δ habet (P₇). || ⁴ ἐν τετραγώνοις πελεκίνοις] sic codd. plerisq. et edit. omnes. — πελεκίνοις omittit. F. — τετραγώνοις F₁ — τετραγώνω (P₅) — τετραγώντες (P₉).

* Les cinq paragraphes de la *Chirobaliste* ne portent aucun titre spécial dans les manuscrits, ils sont seulement séparés par les figures. Baldi et Thévenot se sont abstenus de les distinguer par des sous-titres. Dans ma première édition, je n'ai donné de sous-titre qu'à la traduction. M. Vincent, le premier, a intitulé les SS, κεφάλαιον Α, Β, etc., entre crochets. M. Wescher les désigne, à la marge, par πρῶτον, δεύτερον, etc. . . Θρώρημα. Ce dernier terme existe, en effet, dans le corps du texte. En outre, il admet les sous-titres suivants : [Κανὼν Θήλυς, κανὼν ἄρρη] — [Περὶ τῆς Κλείσεως] — [Καμβέστρια] — [Καμάριον] et [Κανοικίδῃ]. Les titres

étant facultatifs, j'ai composé les miens, à la manière de ceux d'Athénée (Th. 1 à 11; W. 3 à 36) et de Jules l'Africain (Th. 275 à 316).

^b Pièces, Κανόνες. Le mot κανὼν a en grec la même signification vague que le mot pièce en français. Faute d'équivalent, les Latins le traduisent par *regula* (cf. Vitruve, *Schn.* I, 290-296), mais seulement lorsqu'il s'agit d'une pièce de bois rectiligne. Thévenot rend κανόνες par *canones*, qui n'explique rien. En 1862, j'avais traduit ce mot par *règles*, qui a trop de précision pour rendre partout le sens du grec. M. Vincent a conservé le mot *règles*.

ὡν ἑήλως⁵ μὲν ἐσίλω ὁ AB⁶,
ἀρήρη⁷ δὲ ὁ ΓΔ.

β. Καὶ τὸ μὲν μήκος ἐχέτω
ὁ AB⁸ πώδας τρεῖς⁹ καὶ δακ-
τύλους τέσσαρας¹⁰, τὸ δὲ
πλάτος δακτύλους¹¹ ΓC¹², τὸ
δὲ πᾶχος δακτύλους ΔC¹³.

tera sit femina AB, altera
vero masculus GD.

2. Longitudinem autem ha-
beat AB pedum trium et di-
gitorum quatuor, latitudi-
nem autem digitorum III ac
dimidii, crassitudinem autem
digitorum IV cum dimidio.

d'aronde⁴. De ces deux piè-
ces, soit AB la femelle et
GD le mâle⁴.

2. La pièce AB doit me-
surer : longueur, trois pieds
et quatre doigts⁵; largeur,
3 doigts et demi; et épais-
seur, 4 doigts et demi⁶.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

⁵ ἑήλω] sic plerique codd. et edit. omnes. — ἑήλωσ habet P — ἑήλωσ V (P₇) — ἑήλωσ (F₁ P₃) ἑήλωσ (P₂). || ⁶ ὁ AB] sic omnes codd. et edit., excepto F, ubi ὁ ἀὼ legitur, ex confusione litterarum β et ω. || ⁷ (ἀρήρη)] sic MFPV (P₁ P₃ P₄ P₅ P₆) Baldus. Ex Th. dederam. Ponit Vincent — ἀρηρη F₁ (P₁ P₄) Wescher — ἀρηρη (P₇) — ἀρηρη (P₆). || ⁸ ὁ AB] ὁ ἀὼ iterum F. || ⁹ (πώδας τρεῖς)] ex F₁ scripsi, quippe fit numerus certior, quum in bonæ notæ codice vocabulo integro exaratus invenitur. — πώδας Γ vel γ̄ vel γ' ceteri codd. — γ Baldus. — γ' ex Th. dederam. — γ̄ ponit Vincent. — Γ Wescher. || ¹⁰ τέσσαρας] ex (P₁ P₆) scripsi; jam prius ex Th. dederam. — Δ plerique codd. Ponit Wescher; — Δ dederat Baldus. Ponit Vincent. || ¹¹ πλάτος δακτύλους] sic Wescher ex F — πλάτος habet M. — Post. πλάτος inserant ἐχέτω PV, et ceteri codd. Baldus. Ex Th. inserueram. Ponit Vincent. Omittunt MF, recte ut videtur, nam redundat; ex Wescher omisi. || ¹² (ΓC)] sic Wescher. Habent plerique codd. verum minusculis exaratum. — δC Baldus. — γ'ς" ex Th, dederam; γ< Vincent. — Mendose γ̄ habent (P₄ P₆). — In (P₄) post γ̄ legitur τὸ δὲ πλάτος ὡς βC· τὸ δὲ πᾶχος δακτύλων ὁ ad· Ἐχέτω δὲ τὸ βάθος τοῦ αB κανόνος, κ.τ.λ. || ¹³ (ΔC)] ex Wescher scripsi. Habent MF. — δC" vel δC ceteri codd. — δ Baldus — δ'ς" ex Th. dederam — δ< scripsit Vincent.

* Mot à mot : « À PROFIL EN FER DE HACHE, DE FORME QUADRANGULAIRE; *πελεκινωτοί*... ἐν τετραγώνοις πελεκίνοις. » Le fer de hache grec répond à l'image moderne de la queue d'aronde. Dans la *Bélopée* (Th. 123, KR. 204, W. 75), Héron appelle *σωλήνα πελεκινοειδῆ* la rainure en queue d'aronde, et *ἀρήρη ἰσομήκης* la languette de même profil, *εμβολίδες (ἀρμοσίδες)* dans la rainure de la coulisse du gastraphète. Un peu plus loin, cette rainure est appelée *πελεκίνος*. Peut-être voudrait-on distinguer *πελεκινωτός*, à queue d'aronde saillante; et *πελεκίνος*, à queue d'aronde rentrante. On traduirait alors : « Soient deux pièces... munies de queues d'aronde, « de forme quadrangulaire et profilées, l'une « en saillie et l'autre en creux. » Je n'oserais l'accorder. En effet, on lit plus loin (*Chirob.* I, 8) : ἡ μὲν ΕΔ ἐσίλω ἀρήρη πελεκίνος, καὶ ἀρμοσίδες γεγοῦνται τῷ ἑήλωι πελεκίνω τοῦ AB σωλήνος. — Thévenot traduit simplement : *in quadratis dolatis*. Vitruve (*Schn.* I, 291) dé-

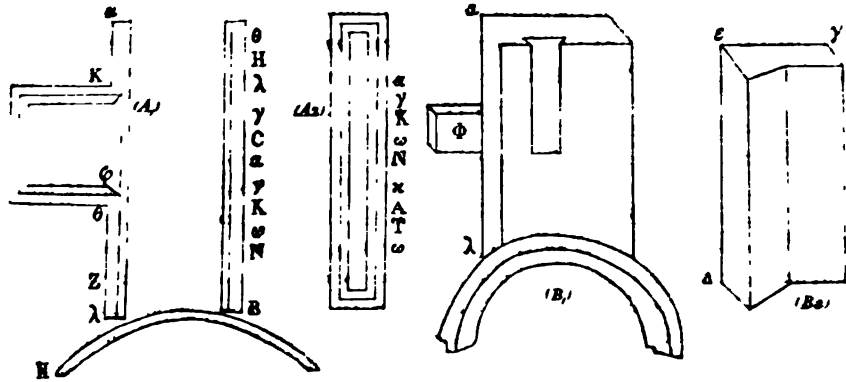
signe la queue d'aronde par *securiclatas cardo*, que j'ai adopté pour ma traduction latine. M. Vincent traduit : *façonnées en fer de hache quadrangulaire*. Le terme *façonnées* manque de précision; *profilées* peut seul convenir pour désigner des pièces rectilignes de section transversale uniforme sur toute la longueur.

⁴ Pièce femelle, pièce mâle, expressions figurées, empruntées aux Grecs et aux Latins par la technologie moderne. Dans la *Bélopée* (TH. 124, KR. 204, W. 77) Héron appelle la pièce femelle *σύριγξ*, COULISSE; et la pièce mâle *διώστρον*, TIROIR. Ces noms conviennent parfaitement pour la *Chirobaliste*; toutefois, dans la traduction française, je laisse partout les termes vagues, afin de montrer les difficultés particulières qui s'opposaient à l'interprétation. Si les diverses pièces de la machine y portaient les noms que leur assigne la *Bélopée*, la reconstruction du système eût été beaucoup plus facile.

⁵ Le pied grec, de 308 millimètres de lon-

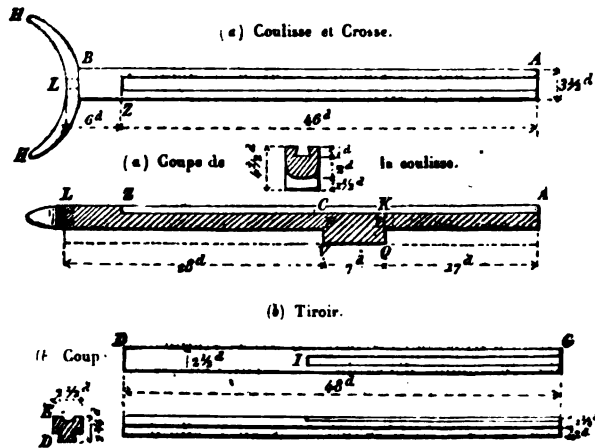
LA
CHIROBALISTE
D'HERON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 19. Coulisse, Crosse et Tiroir de la Chirobaliste d'après les manuscrits.



(A₁) et (A₂), ms. de Mynas — (B₁) et (B₂), ms. de Médecins (Paris), 1522.

Fig. 20. Restitution de la monture de la Chirobaliste.



γ. Ὁ δὲ ΓΔ τὸ μήκος ἐχέ-
τω πλάτος Γ¹⁴, τὸ δὲ πλάτος
ὡς [δακτύλους]¹⁵ ΒC¹⁶, τὸ δὲ
πλάτος δάκτυλον Αδ¹⁷.

δ. Ἐχέτω δὲ τὸ βάθος ὁ
σωλήν τοῦ ΑΒ κανόνος δάκ-
τυλον ἕνα¹⁸. Τοῦ δὲ ΑΒ¹⁹

3. *Habeat autem GD lon-
gitudinem pedum III, latita-
dinem [digitorum] quasi II
ac dimidi, crassitudinem di-
giti I et partis quartae.*

4. *Canaliculi autem regulae
AB crassitudo sit digiti unius.
Excavetur autem regula AB*

3. La pièce GE doit me-
surer : longueur, 3 pieds ;
largeur, environ 2 [doigts]
et demi : et épaisseur, 1 doigt
et quart⁵

4. La rainure profilée
dans la pièce AB mesure un
doigt de profondeur⁴. Sa

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

W. 124.

¹⁴ (πλάτος Γ)] sic Wescher ex codd. præcipuis — γ̄ vel γ' ceteri et Baldus — γ' ex Th. dederam — γ̄ scripsit Vincent. || ¹⁵ [δακτύλους]] unciis seclusum ex Wescher scripsi. Omittunt ceteri add. et edit. excepto Vincent, qui recte conjecit restituendum, verum unciis omissis scripsit, quasi ex aliquo excerptum codice. — πλάτων δύο, δακτύλων ε Baldus marg. || ¹⁶ (BC)] ex Wescher scripsi. Dedit Baldus. Habent codd. plerique. — δύο ἡμῖσι (P₁ P₂ P₃ P₄) ex Th. dederam. Minoribus illis codicibus auctoritas incerta. — βC scripsit Vincent. || ¹⁷ Αδ'] sic Wescher ex Vincent, quasi prior iste ex F₁ restituerit. Primus ipse δδ' conjeceram; αδ' scripsit Vincent. — Α δαχέτω M — ἕνα F — α· ἐχέτω habet F₁ — ὁ ΑΔ habent PV — ὁ δδ' (P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) — ὁ δὲ αδ' (P₁ P₂ P₃) — εαδ Baldus, unde Th. || ¹⁸ δάκτυλον ἕνα] scripsi ex F, cujus auctoritas certiorum numerum efficit. — δάκτυλον Α quasi ex M ponit Wescher; verum prior δάκτυλον α dederat Vincent. — Mendosæ ΑΕ vel αε ponunt ceteri codd. ipseque Baldus. αε Th. unde α'ε' prius conjeceram. || ¹⁹ Τοῦ δὲ ΑΒ] et sequentia usque ad σεωληνίστω desunt in F₁.

gueur se divise en 16 doigts de 19 millimètres. Le pied et le doigt sont les seules mesures usitées par Héron dans la *Bélopée* et dans la *Chirobaliste*. Mais ce dernier traité n'offre pas la moindre trace du calcul des dimensions par module, méthode si familière aux ingénieurs grecs et romains. Je démontrerai que la *Chirobaliste* a son module particulier, de 3 doigts et demi, dont les subdivisions permettent de retrouver exactement un grand nombre de dimensions de l'engin, laissées vagues par l'auteur.

⁴ La coulisse mesure donc : longueur = 52 doigts = 988 millimètres; largeur = 66 $\frac{1}{2}$ millimètres; épaisseur = 85 $\frac{1}{2}$ millimètres.

⁵ Le tiroir mesure donc : longueur = 912 millimètres, largeur = 47 $\frac{1}{2}$ millimètres, épaisseur = 23 $\frac{1}{2}$ millimètres. — Pour la largeur, le texte dit τὸ δὲ πλάτος ΩΣ [δακτύλους] ΒC, ENVIRON 2 $\frac{1}{2}$ doigts. D'où vient cette restriction? Dans la coulisse, la largeur est de 3 $\frac{1}{2}$ doigts, c'est-à-dire, comme on le verra bientôt, de 1 module. Philon et Vitruve ne disent rien de cette largeur normale de la coulisse, qui se

trouve ici restituée par la *Chirobaliste*. La largeur du tiroir a pu être fixée d'une façon analogue; or les 2 $\frac{1}{2}$ doigts ci-dessus expriment environ $\frac{2}{3}$ de module. La dimension juste, dissimulée sous le ὡς δακτύλους ΒC, serait donc égale à $\frac{2}{3}$ de 3 $\frac{1}{2}$ doigts, soit à 2 $\frac{1}{2}$ doigts. Le degré d'approximation serait de $\frac{1}{3}$ de doigt = 3 millimètres environ. Mais, tout bien considéré, 2 $\frac{1}{2}$ doigts, étant le double de la hauteur du tiroir, dont la section a 2 de base pour 1 de hauteur, sont la dimension vraie. — Voir la discussion de l'emploi abusif du mot ὡς, spécial à Héron d'Alexandrie, S XVI de l'Introduction historique (cf. n^o 128-130).

⁴ Thévenot traduit ἐχέτω δὲ τὸ βάθος τοῦ ΑΒ κανόνος par *tubus canonis AB habeat in profunditate*. J'emprunte à Vitruve (Schn. I, p. 291) l'expression correcte *canaliculi... crassitudo*. — Dans la phrase suivante, M. Vincent substitue κανόνος à σωλήνος, fourni par la plupart des manuscrits. Pourtant la rainure de la coulisse justifie bien ce nom de σωλήνος que l'auteur lui donne, à défaut peut-être du terme spécial.

IA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Vt. 48.

σωλήνος²⁰ ἢ μὲν AZ²¹ σεσω-
ληνίσθω²² οὐσα ποδῶν BC
δακτύλων ζ²³· λοιπὴ ἄρα
ἔστιν ἢ ZΛ²⁴ δακτύλων ζ²⁵.

ε. Ἀπειλήφθω²⁶ δὲ πάλιν²⁷ τοῦ AB κανόνος ἢ ΛΘ²⁸
ποδὸς A ἡμίσεως²⁹ καὶ δακ-
τύλων Δ³⁰· ἢ δὲ AK³¹ ποδὸς
ἑνός³² καὶ δακτύλου ἑνός³³.

in canaliculam AZ, ad longi-
tudinem pedum 11 cum dimi-
dio et digitorum VI; exstat
igitur spatium ZL digitorum
VI.

5. Sumatur autem nunc e
regula AB longitudo LC pe-
dis 1 cum dimidio et digitorum
1V; longitudo quoque AK pe-
dis unius et digiti unius; exstat

longueur, comptée de A en
Z sur la pièce AB, est de
2 pieds et demi et 6 doigts.
La portion restante ZL¹ est
ainsi de 6 doigts.

5. Maintenant, le long
de la pièce AB, prenons la
longueur LC, de 1 pied et
demi et 4 doigts; puis, la lon-
gueur AK, de 1 pied et un

²⁰ σωλήνος] deest in MF. Habent PV, ceterique codd. Ponit Baldus. Ex Th. dederam. — κανόνος, omissis uncis, substituit Vincent; uncis vero seclusum admisit Wescher: verum regulæ AB, in quam σεσωληνίσθω canalī AZ ad longitudinem κλι digitorum, σωλήνος melius quam κανόνος vocem congruere patet. || ²¹ ἢ μὲν AZ] sic Wescher quasi ex MF. Prior Vincent. — ὁ μὲν OZ ponunt PV, minoresque codd. Baldus et Th. — ἢ μὲν οὐ prius conjeceram. || ²² σεσωληνίσθω] ἐσιλω- νείσθω habet F. — σεσωμηνίσθω (P₇) — σεσωληνίσθω (P₈). || ²³ [BC δακτύλων ζ]] sic quasi ex codd. præcip. dedit Wescher — βζ²³ δακτύλων ζ habent ceteri — βζ δακτύλων ζ Baldus — β' ζ²³ δακτύλους ζ' Th. β' ζ²³ [καὶ] δακτύλων ζ' prius conjeceram — BZ δακτύλους ζ Vincent. || ²⁴ ZΛ] sic codd. omnes et Baldus. Ex Th. dederam. — ZB coniecit Vincent ponitque Wescher, non recte, ut mihi vide- tur, quippe ἢ λοιπὴ [γραμμῆ] non aliter potest ex figura (confer W. p. 125) quam notatione ZΛ designari. || ²⁵ ζ] sic plerique codd. Baldus, Vincent et Wescher ponunt. — εξ (P₁ P₃) unde Th. ex quo dederam. || ²⁶ [Ἀπειλήφθω] ἀπηλήφθω F. || ²⁷ [πάλιν] Omisit Vincent. || ²⁸ ἢ ΛΘ] ἢ [μὲν] ΛΘ uncis seclusum ponit Vincent; ΛΘ figuræ (confer W, p. 125) congruit — ἢ ΛΘ ex MF ponit Wescher, — ἢ αθ habent PV et cet. codd., ex confusione uncialium A et Λ. — Post αθ ponit ἀπὸ αε Baldus, — ἢ αθ' Th. — ἢ αθ ex mutila figura conjeceram. || ²⁹ ποδὸς ἄ ἡμίσεως] sic W ex M — ποδὸς ἑνός ζ²⁹ habet F — ποδὸς AC habent PV — ποδὸς αζ vel αε' codd. ceteri — ἀπὸ αε Baldus — α' ε' ex Th. dederam — αζ Vincent. || ³⁰ [Δ] τέσσαρας (P₆) — δ Vincent. || ³¹ AK] sic W. quasi ex MF. Prior Vincent. — K vel κ cet. codd. Bald. et Th. — βκ prius conjeceram. || ³² ποδὸς ἑνός] sic prius ex Th. dedi. Habent F (P₁ P₈) — ποδὸς ἄ habent MPVF₁ (P₁ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₉) Wescher — ποδὸς α Baldus et Vincent. || ³³ δακτύλου ἑνός] sic prius ex Th. dedi. Habent F (P₁) — δακ- τύλου A habent MPV. Ponit W. — δακτύλου α cet. codd. Bald. et Vincent.

Il est difficile de comprendre comment Héron d'Alexandrie, dont la *Bélopée* contient le répertoire complet de la nomenclature balistique, se montre aussi indécis dans la description des pièces les mieux connues de la *Chirobaliste*, telles que la *coulisse*, le *tiroir* et la *crosse* (voir cependant *Introd. histor.* S XVII).

¹ La distribution des lettres sur la figure du manuscrit de Mynas (voir M. Wescher, p. 125,

fig. 38), reproduite à l'appui (fig. 19) du présent paragraphe, montre que ZL est la seule nota- tion logique pour la portion *pleine* de la *coulisse* à l'arrière du *tiroir*. M. Vincent la rem- place par ZB: tous les manuscrits et éditions donnent ZL. — M. Vincent traduit ποδῶν BC δακτύλων ζ par 2 pieds $\frac{1}{2}$ et 6 doigts ENVIRON, restriction absente du texte; 46 doigts sont la longueur exacte.

λοιπή ἄρα ἡ ΚΘ³⁴ ἔσται δακτύλων Ζ³⁵.

ς. Ἀπειλήθω³⁶ δὲ πάλιν τοῦ ΑΒ κανόνος, τοῦ πάχους τῶν ΔC³⁷ δακτύλων, δάκτυλος ΑC³⁸. καὶ³⁹ τετμήσθω ἕως τῆς ΑΚ⁴⁰ καὶ τῆς ΛΘ⁴¹, ὥστε⁴² εἶναι τὸ ΚΘ⁴³ μέρος τῶν αὐτῶν⁴⁴ δακτύλων ΔC⁴⁵, τοῦτέστι⁴⁶ τὴν ΧΨΥΦ⁴⁷.

igitur spatium KC digitorum VII.

6. Sumatur autem rursus e digitorum IV et dimidii regula AB crassitudine digitus I ejusque dimidium, et excidatur [lignum] juxta AK et LC, ita ut pars exstans KC, eorundem digitorum IV et dimidii, deformetur in QVFU.

doigt¹. La portion restante KC^k mesure donc 7 doigts.

6. En outre, sur les 4 doigts et demi d'épaisseur de la pièce AB, prenons une bande de 1 doigt et demi; puis, découpons-la de A en K et de L en C, de manière à conserver à la portion KC les 4 doigts et demi primitifs¹; on obtiendra ainsi une forme [saillante] telle que QVFU.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³⁴ ΚΘ] πθ prius ex Th. dedi — ἔσται ἡ πθ invertit F, — πθ Baldus, — ΘΚ conjecit Vincent mendose, quippe ex figura cod. M (cf. W. p. 125) litteræ regularum AB et ΓΔ descriptivæ DESCENDENDO ordinantur, unde ΚΘ non ΘΚ legendum esse patet. ASCENDENDO quidem legitur ἡ ΑΘ (ut supra, not. 28) sed quæ longitudo AB IMA PARTE regulæ AB IN ALTUM necesse est numeretur. || ³⁵ Ζ] sic W. quasi ex MFPV, — ζ habent F₁ (P₁ P₄ P₅ P₇ P₈) Ponunt Baldus et Vincent, — ἐπὶ (P₁ P₃ P₉). Ex Th. dederam. || ³⁶ Ἀπειλήθω] ἀπηλήθω F F₁ — ἀπειλήθω Th. || ³⁷ τῶν ΔC] sic Wesc. quasi ex M. — habent PV, — τῶν δζ vel δζ' ceteri, excepto τῶν Δ (F₁) — τῶν δζ Bald. — τῶν δζ' ex Th. dederam — δζ Vincent. || ³⁸ ΑC] sic W. quasi ex M. — AZ habent FPV — αζ', αζ', αζ' ceteri codd. et Bald. — α' ζ' ex Th. dederam — αζ Vincent. || ³⁹ (καὶ)] Omittunt (P₁ P₉) Baldus. || ⁴⁰ (ΑΚ)] sic omnes, — αθ prius conjeceram. || ⁴¹ (ΛΘ)] sic omnes. — βκ prius conjeceram. — Post λθ lacunam quamdam F₁ indicare videtur. || ⁴² (ὥστε) ἕως τε (P₁) — ὥς τε Bald. Th. || ⁴³ ΚΘ] sic recte MF₁ Wescher — δκ Baldus — θκ cet. codd. Ex Th. dederam. Ponit Vincent, invita figura codd. M et F₁ (cf. Wescher, p. 125). || ⁴⁴ (τῶν αὐτῶν)] sic omnes. Quid vero F? || ⁴⁵ ΔC] sic W. quasi ex MPV — δζ, δζ vel δζ cet. codd. — δζ Baldus, — δζ' ex Th. dederam — δζ Vincent. || ⁴⁶ τοῦτέστι] τοῦτέστι ex Th. prius scripseram. || ⁴⁷ τὴν ΧΨΥΦ] sic W. ex MF, — τὴν ex Th. omiseram. Omittunt cet. codd. Baldus et Vincent.

¹ D'après les manuscrits, la longueur LC se mesure à l'arrière, et AK à l'avant de la coulisse. M. Vincent a observé cette indication. Dans Thévenot, la plupart des lettres de renvoi du texte manquent sur la figure (p. 116), et laissent ce point indéci. Dans ma première édition j'avais interverti la position des deux lignes LC et AK, considérant l'avantage qui en résultait pour le centre de gravité de la machine, rapproché ainsi de l'épaule de l'archer. On trouvera dans la synthèse de la Chirobaliste, la justification graphique de LC = 28 doigts = 532 millimètres, et AK = 17 doigts = 323 millimètres.

^k M. Vincent écrit CK au lieu de KC. On peut voir sur le manuscrit de Mynas (Wesch. p. 125 et ci-dessus, fig. 20) que les longueurs AB et GD de la coulisse et du tiroir se lisent DE HAUT EN BAS. Il faut donc lire de même KC, pour la portion de 7 doigts = 133 millimètres située entre les lignes LC et AK. A la vérité, celles-ci se lisent en sens inverse l'une de l'autre; mais cela tient à la nécessité de les compter respectivement à partir de l'une des extrémités de la coulisse.

¹ Mot à mot : De sorte que la portion KC soit toujours de 4 $\frac{1}{2}$ doigts [d'épaisseur]. — Ita ut pars θκ sit eorundem digitorum quatuor et dimidio (Thévenot). — Il en résulte que QVUF est

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ζ. Γεγονέτω δὲ καὶ σε-
ληνοειδὲς⁴⁸ τι⁴⁹ σχῆμα τὸ
HB[H]⁵⁰, καὶ τρηθὲν⁵¹ ἐν μέσῳ
τετραγώνῳ τρήματι⁵², συμ-
φυῆς⁵³ γεγενήσθω τῷ AB⁵⁴
ἄκρῳ τοῦ⁵⁵ AB κανονίου, ὡς
τὸ σχῆμα ὑπόκειται.

η. Τοῦ δὲ ΓΔ σωλήνος⁵⁶,

7. Fiat quoque lunatum
quoddam [lignum] HB[H], in
medio perforatum quadran-
gulo foramine, quo aptetur ex-
tremæ parti regulæ AB, juxta
figuram supra descriptam.

8. Regulæ autem GD por-

7. Soit encore une pièce
HB[H], en forme de crois-
sant^m, s'adaptant par une
mortaise carrée pratiquée en
son milieu, avec l'about LB
de la pièce AB, comme l'in-
dique la figure [20].

8. Enfin, la languette GD,

⁴⁸ σεληνοειδὲς] sic W. ex MF. Habet quoque F₁ — σωληνοειδὲς ex Th. dederam. Pounut cet. codd. Baldus et Vincent. || ⁴⁹ τι] omittit F. || ⁵⁰ HB[H] sic ex fig. cod. M restituendum mihi videtur — νβ̄ habet F. — NB̄ habet P. — Frequens ista H et N uncialium confusio — ηβ̄ habent F₁ (P₁ P₂ P₃ P₄ P₇ P₈ P₉). Ex Th. dederam — νβ̄ (P₁ marg. P₄ P₈) Th. marg. — τὸν β̄ Baldus, — BH Vincent, invita figura codd. M et F₁ (cf. W. p. 125). — HB Wescher ex MV. || ⁵¹ (τρηθὲν)] πρηθὲν F₁. || ⁵² τρήματι] sic W. quasi ex MPV — σχήματι (P₁) unde Th. — τρήματι marg (P₁) et Th. Prius conjecit Baldus. Posui ipse. Ponit Vincent. || ⁵³ συμφυῆς] prius omiseram — συμφυῆς τε. F. || ⁵⁴ τῷ AB] sic W. quasi ex F. Ponit Vincent — at τῷ λβ̄ prior conjeceram — τῷ AB habet M, unde τῷ δβ̄ F₁ — τὸ λβ̄ (P₉) Baldus — τῷ αβ̄ (P₁) unde Th., ex confusione A et Λ uncialium. || ⁵⁵ (τοῦ)] Omittit (P₉). || ⁵⁶ σωλήνος] sic ex Th. dedi. Habent codd. omnes et Baldus, — κανόνος, uncis omissis, quasi ex aliquo codice substituit Vincent. — [κανόνος] igitur ponit W, mendose: quippe regulæ ΓΔ, in quam σεσωληνίσθω ἢ ἐπιτοξίτιε, QUO CANALE dirigitur spiculum, vox σωλήν rectissime applicatur: canaliculi enim bujus ad bessem regulæ ΓΔ longitudo extenditur.

un *tasseau en relief*, comme je l'ai annoncé dans ma première édition. M. Vincent traduit comme s'il y avait *ὅστε τὸ ΚΘ εἶναι μέρος κ.τ.λ. de sorte que KC ne soit plus qu'une partie, etc.*, ce qui implique un *creux* au lieu d'un *relief*. La *coailisse* conserverait alors, sur toute la longueur, une épaisseur démesurée ($4 \frac{1}{2}$ doigts = 96 millimètres), au lieu des 3 doigts = 57 millimètres, résultant du découpage du *tasseau*. Pour appuyer son interprétation, M. Vincent semble lire *εἶναι μέρος* au lieu de *μέρος εἶναι*. Or il n'est pas douteux que τὸ ΚΘ μέρος est une expression indivisible, signifiant *la portion KC*. La construction naturelle de la phrase l'indique suffisamment. La *Bélopée* et la *Chirobaliste* fournissent de nombreuses notations semblables, dans les renvois du texte aux figures. En grec, les lettres indicatives *précèdent toujours* le nom de la pièce ou de la ligne qu'elles servent à désigner: τὸ ΘΚ μέρος en est un exemple. Si l'auteur avait voulu dire *ὅστε τὸ ΚΘ εἶναι μέρος τῶν αὐτῶν δακτύλων ΔC*, il aurait écrit *ὅστε*

τὴν ΚΘ [γραμμὴν] εἶναι μέρος κ.τ.λ.; comme on peut le voir au § IV, 1, de la *Chirob.*: *ἔχον τὴν μὲν ΓΕ ποδὸς ἑνός. . . μήκος ἑκατέρας τῶν AZ*. — L'interprétation de M. Vincent est donc un contre-sens, dénoncé d'ailleurs par les figures de tous les manuscrits.

^m Mot à mot: *Une pièce de forme lunaire*. Thévenot donne *σωληνοειδὲς*, terme qui s'applique mal à la *forme arquée*, ainsi que l'a fait remarquer M. Miller (*Jour. des Sav.* avril 1868, p. 254) à propos de la traduction à *branches courbes*, donnée à cette expression par M. Vincent. *Σεληνοειδὲς* est le terme juste, fourni par le manuscrit de Mynas et par les deux manuscrits (F et F₁) de Vienne, et rétabli par M. Wescher. M. Vincent (*Chirob.* p. 25) le mentionne, à la vérité, parmi les variantes du manusc. 140 (*olim* 110) = F₁ de Vienne; mais il n'en a pas tenu compte dans sa restitution du texte grec. La pièce *lunaire* en question n'est autre chose que le *refouloir* (*καταγωγίς*) ou la *crosse* du *graphète* de la *Bélopée*. (Voir plus haut, p. 58,

ἡ μὲν ΕΔ ἔστω ἀρῆν⁵⁷ πε-
λεκῖνος, καὶ ἀρμοσίδς⁵⁸ γε-
γονέτω⁵⁹ τῷ Θήλει⁶⁰ πελε-
κίνοῦ τοῦ ΑΒ σωλήνος τῷ ΑΖ⁶¹
μέρει, τουτέστι⁶² τὸ ΔΕ⁶³
μέρος τοῦ ΓΔ⁶⁴ κανόνος.
[Σχῆμα K.]

tio ED masculas sit securicla-
tus, apteturque feminæ secu-
riclatæ canaliculi AB ad
longitudinem AZ, quæ pars
fit DE ejusdem GD regulæ.
[Figura 20.]

organe mâle de la pièce GD,
doit s'emboîter exactement
dans la rainure en queue
d'aronde de la pièce femelle
AB, dont le creux AZ cor-
respond à la saillie DE de
la pièce GD*. [Figure 20.]

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

304.

[B. ΚΑΡΙΣΤΟΣ ΕΞΑΡΤΗΣΙΣ.]

[II. DE VINCULIS ORGANI.]

[§ II. DÉTAILS DE LA BATTERIE.]

α. Νῦν δὴ¹ τὰ περὶ τῆς
Κλείσεως² ἐκθησόμεθα.

1. Nunc vero ea quæ ad
organi vincula pertinent expo-
namus.

1. Décrivons maintenant
le mécanisme du dé clic*.

B. 64. Th. 116.
Pr. 20. Vt. 50.
W. 125.

⁵⁷ ἀρῆν] sic primus dedi. Habent FPVF(P₁); in P₁ autem correctum ex ἀρῆεν apparet. Ponit Vincent. — ἀρῆεν scripsit W. — ἀρῆεν M (P₂P₁P₃P₄P₅P₆P₇P₈P₉) Bald. et Th. || ⁵⁸ ἀρμοσίδς] ἀρμοσίως MF₁. || ⁵⁹ γεγονέτω] γεγονέσθω F. || ⁶⁰ (τῷ Θήλει) τῷ Θήλυ (P₄) — τῷ Θήλυ (P₅). || ⁶¹ (τῷ ΑΖ)] sic W. quasi ex MFPV. Ponit Vincent. — τῷ αζ F₁ (P₂P₃P₄P₅P₆P₇P₈) Bald. Th. — τὸ αζ (P₁) — τῷ αβ (P₁P₂) τῷ οζ conjeceram prius. || ⁶² τουτέστι] sic W. quasi ex conjectura. Prior Vincent — τουτέστι F₁ Bald et Th. — τοῦτ' ἐστὶ scripseram prius. || ⁶³ τὸ ΔΕ] sic MFP. Quid vero V? Ponunt Vincent et Wescher, — τὸ δε (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇P₈). Ex Th. τὸ δε dederam. — τοῦ δε F₁ — τῷ δε (P₇P₈) Baldus. || ⁶⁴ (τοῦ ΓΔ)] sic præcipui codd. Ponunt Vincent et W. — τοῦ γδ codd. pleriq. minores — τῆς γδ (P₃P₄) Bald. — τοῦ γδ ex Th. prius scripseram.

¹ Νῦν δὴ] sic Vincent et W. ex MFP et W. ex V. — νῦν δὴτα V₂ — Αῦ δὲ Baldus — νῦν δὲ cet. codd. Ex Th. dederam. || ² Κλείσεως] Restituit Vincent. Ponit Wescher. — κλίσεως cet. codd. et ed.

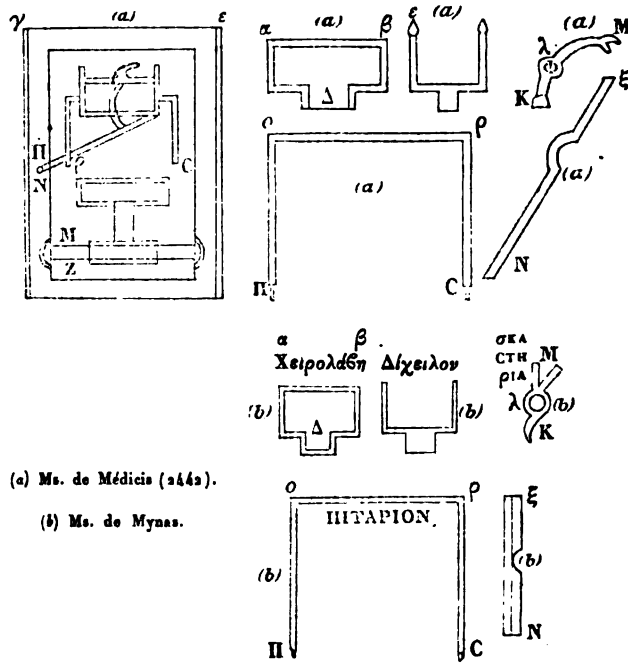
fig. 3; Th. 124, 125; KR. 204; et W. 78.) Elle servait à ramener en arrière le tiroir, l'archer pressant du ventre contre le fond de la crosse. Peut-être le mot *crosse* dérive-t-il de sa forme en croix primitive, ou mieux encore de celle du croissant fixé à la queue des arbalètes antiques? — Outre la pression du ventre, le poids de l'arme concourait à la mise au bandé, lorsque l'archer butait contre terre la pointe du tiroir.

* Les termes τῷ ΑΖ μέρει, τὸ ΔΕ μέρος, confirment la note^m ci-dessus. Ἀρμοσίδς se dit toujours d'un assemblage de deux pièces mobiles, l'une par rapport à l'autre, d'une articulation libre (voir *Chirob.* V, 2). Συμφωνίς se dit d'un assemblage rigide. (*Chirob.* III, 3, 5, 7; V, 3.)

* Dé clic, Κλείσεως. Cette correction heureuse de κλίσεως, donné par tous les manuscrits, est due à M. Vincent. Thévenot traduit κλίσις par *inclinatio*. Primitivement, M. Vincent lisait κλησις, mouvement. Dès l'origine, j'ai proposé de traduire κλίσις par *dé clic* ou *batterie*; ce que justifie la leçon définitive κλεισις. Elle ne signifie pas la *clef de l'arme*, comme l'avance le *Journal des Savants* (avril 1868, p. 254), mais plutôt l'ensemble de la serrure, s'il est permis d'employer ici cette expression. En fait, la *batterie* des machines de jet antiques a une grande analogie avec le *dé clic* d'une sonnette; son fonctionnement est le même. Voilà pourquoi, outre l'avantage de l'harmonie imitative, le mot *dé clic* me paraît présenter la meilleure

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

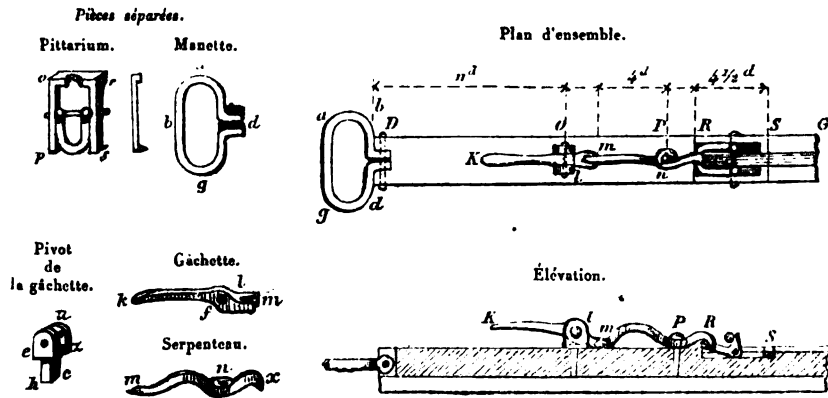
Fig. 21. Batterie de la Chirobaliste d'après les manuscrits.



(a) Ms. de Médecis (2442).

(b) Ms. de Mynas.

Fig. 22. Restitution de la Batterie.



β. Γεγονέτω ἐξ ὕλης³ σιδηρᾶς χειρολάβη ἢ ΑΒΓΔ⁴, *manubrium abgd, quemad-*
 τῶ σχήματι⁵ οἷα⁶ ὑπογέ- *modum infra delineatum;*
 γραπται, δίχηλον⁷ δὲ τὸ ΕΖ⁸ *fiat quoque [ferrum] bifidum*
 μέρος ἔχον· τὸ δὲ⁹ ΖΘ¹⁰ τὸρ- *ad partem ez, habens cardi-*
 μος¹¹ ἐσίτω τετράγωνος, σχα- *nem zc quadrangulum; claus-*
 στήρια δὲ ΚΑΜ¹², δρακόντιον *trum autem fiat klm, ma-*

2. Soit d'abord une ma-
 nette *abgd*, en fer rond³, de la
 forme dessinée ci-contre [fig.
 22] puis une fourchette⁴ *ez*,
 munie d'un tenon carré *zc*;
 ensuite une gâchette⁵ *klm*,
 un serpentéau⁶ *nx*; et enfin

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

³ ἐξ ὕλης] sic MFF₁ (P₁ P₃ P₄ P₅ P₆) Bald. Ex Th. dederam. Ponunt Vincent et Wescher. — ἐκ ξύλωνος P — ἐκ ξύλων V (P₂ P₅ P₆ P₇) — ἐξ ὕλης (P₆ marg) — ἐκ ξύλων Th. marg. || ⁴ ΑΒΓΔ] sic W. ex MPV — αὐ γδ habet F — αβγδ cet. codd. — αβγδ Baldus. Ex Th. dedi. Ponit Vincent. || ⁵ (τῶ σχήματι)] omiseram prius. || ⁶ οἷα] οἷα MF₁. Baldus. || ⁷ δίχηλον] sic Wescher quasi ex MF. Prior Baldus. Ponit Vincent. Habent (P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) — δίχην V et P (P₃). Litteram H prima manu superinductam coniecit Wescher — δίχην F₁ (P₁ P₃). Ex Th. dederam. || ⁸ (ΕΖ)] sic Wescher. — εζ ceteri codd. — εζ Baldus. Ex Th. dederam. Ponit Vincent. || ⁹ ἔχον· τὸ δὲ] sic dedi prius ex Th. Habent P (P₁ P₃ P₅ P₆) Baldus — ἔχον τὸ δὲ habent M (P₂ P₄ P₅ P₇) — ἔχον τὸ ΖΘ (P₆) ἔχον ὁ ponit Wescher. Prior Vincent: mendose, quippe ut σχαστήρια, sic δίχην τὸ εζ μέρος ἔχον ex γερονέτω dependit. || ¹⁰ ΖΘ] sic dedi ex MFP. — ζθ cet. codd. — ζθ Baldus Th. — ηθ conieceram prius. Ponit Vincent. — ΕΖΗΘ coniecit Wescher. || ¹¹ (τόρμος)] sic Vincent et Wescher ex FP. — Habent (P₁ marg. P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) Baldus. Th. marg. — τὸρμος M — τὸρμος F₁ (P₁ P₂ P₈) Ex Th. scripseram. || ¹² ΚΑΜ] sic Wescher quasi ex M. — κλμ conieceram primus. Ponunt F₁ Vincent. — κλμρ FPV (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) Baldus — κλμρ Th.

traduction de *κλείσις*. En latin, je traduis ce terme par *operis* ou *organi vincula*, à l'instar d'Ammien Marcellin (*Res. gest.* xxiii, 4). — *Délic* traduit exactement *κατάκλεισις* de la *Bélopée*.

^b *En fer rond, ἐξ ὕλης σιδηρᾶς*. — Thévenot traduit par *ex ferro*, et M. Vincent en *métal de fer*. Les mots vagues *e materia ferrea* suffiraient au latin. Mais voici les raisons qui me font préciser davantage en français. Les anciens employaient certainement le *fer rond*, forgé, ou peut-être même étiré à la filière en baguette cylindrique. Dans cette forme, on peut admettre qu'ils vissent une analogie avec celle du bois, qui est rond. Entre *ἄλη* (bois) et *filum*, *fil*, ne pourrait-on pas reconnaître une parenté étymologique? Il en résulterait que, chez les Grecs, le terme *ἄλη σιδηρᾶ* signifierait littéralement *fil de fer*, ou généralement *fer rond*. Sous cette forme, le métal se prêtait bien mieux, en effet, à la fabrication de la *manette* de la *Chirobaliste*, puisqu'il suffisait de le ployer

à chaud suivant le contour prescrit: *ἄλη σιδηρᾶ* présente ainsi un sens éminemment pratique.

^c *Fourchette, δίχην*. Dans la *Bélopée στήματα* ou *κατοχαίσις*, *supports* ou *amarres* (Th. 124, KR. 204, W. 78 et p. 58, plus haut).

^d *Gâchette, σχαστήρια*. *Clastrum* (cf. *Am. Marc. loc. cit.*), *terrou*. Thévenot traduit par *schasteria*. La *Bélopée* (*loc. cit. et passim*) et Philon de Byzance (*passim*) appliquent *σχαστήρια* à la détente ou *gâchette* de tous les engins.

^e *Serpentéau, δρακόντιον, draconium* (Thév.). C'est la *griffe, χείρ*, de la *Bélopée* et du liv. IV de Philon. M. Vincent traduit *δρακόντιον* par *serpentin*. Il assure (*Chirob.* p. 51), mais à tort, que *δρακόντιον* est un terme employé dans la *Bélopée*; et il soupçonne, à tort également, la *gâchette* et le *serpentin* d'avoir pris la place l'un de l'autre (*ibid.* p. 51). Aussi les figures 6 et 7 de sa planche II montrent le *serpentin* à l'arrière de la *gâchette*, sur la queue du tiroir: dispositif contraire à la description de l'auteur grec et à toute la tradition sur ces matières.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

δέ τὸ ΝΞ¹³, *πιτάριον*¹⁴ δὲ τὸ
ΟΠΣΕ¹⁵.

γ. Καὶ τετρήσθω ἡ ΑΒΓΔ¹⁶
*χειρολάθη*¹⁷ κατὰ τὸ Δ¹⁸. ὁ δὲ
ΓΔ¹⁹ *κανὼν*²⁰, ὁ ἐν τῷ πρώ-
τῳ *Θεωρήματι*, τετρήσθω
κατὰ ΜΝΞ²¹, καὶ κατὰ μὲν
τὰ ΜΝ²² *στρογγύλω*²³ τρή-

*nus autem nx, bidens autem
oprs.*

3. *Perforetur autem juxta
d manubrium abgd; regula
autem GD, quæ in primo ar-
gumento, perforetur juxta M,
N, X; ad partes quidem M et
N rotando foramine juxta [re-*

*un pittarium' oprs, [ou
amarre à double branche].*

3. La manette *abgd* doit
être percée d'un trou *d*. De
même, la pièce *GD*, décrite
au précédent paragraphe¹,
doit être évidée en *M, N, X*;
en *M* et *N*, l'évidement sera

¹³ τὸ ΝΞ] sic Wescher quasi ex M, — τὸ ΝΞ primus conjeceram. Ponit Vincent, — τὸ ΝΞ habet F₁, — τὸν Ξ habet F, — τὸ ΜΞ habent PV (P₁ marg. P₂P₄P₅P₆) — τὸ ΜΞ (P₁) Th. — τὸ ΜΞ (P₂ P₇) Baldus, — τὸ ΜΡ (P₅). || ¹⁴ *πιτάριον*] *πιτάριον* P, — *πιγγάριον* F, — *πιτάριον* PV (fig.). || ¹⁵ (ΟΠΣΕ)] sic Wescher quasi ex codd. || ¹⁶ *αβγδ*] ex Th. dederam. Ponunt F₁ (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇) Baldus. Vincent, — *αω. γδ* habet F. || ¹⁷ (*χειρολάθη*)] *χειρολάθη* (P₅ marg.). || ¹⁸ Δ] sic Wescher quasi ex MFPV, — δ plerique codd. — τὸ τέταρτον (P₄P₆) — δ Baldus. Ex Th. dederam. Ponit Vincent. || ¹⁹ (ὁ δὲ ΓΔ)] sic Vincent, — ὁ δὲ γδ conjeceram prior. — Habent FPV, — γδ omittit F₁ — ΕΔ ponit Wescher ex M, — ὁ δὲ εδ (P₁P₂P₄P₇P₈) Th. — ὁ δὲ (P₂) — ὁ ζεδ (P₆) Baldus. || ²⁰ (*κανὼν*)] *κανὼν* (P₂). || ²¹ κατὰ ΜΝΞ] sic Wescher quasi ex PV, — κατὰ ΜΝΞ habent F₁ (P₁P₆P₇) — τὸ ΜΝΞ V (P₁). Ex Th. dederam, κατὰ μὲν ΜΝC habet M, — Μ, Ν, Ξ ponit Vincent, κατὰ τὸ ΜΝΞ (P₂) Baldus, — κατὰ ΜΝΞ (P₄P₆), — κατὰ τὸ ΜΟΞ (P₄P₆). || ²² μὲν τὰ ΜΝ] sic Wescher quasi ex FPV, — μὲν τὰ Μ, Ν, Vincent, — τὰ ΜΝC habet M, — μὲν τὰ ΜΝ ex Th. dedi. Habent (P₁P₂P₇P₈) — τὰ μὲν ΜΝΞ habet F₁ — τὰ μὲν τὰ ΜΝ (P₂) — τὰ μὲν ΜΝ (P₆) — τὰ μὲν ΜΝ (P₄P₆) Baldus — τὰ μ (P₆). || ²³ *στρογγύλω*] *στρογγύλω* F.

¹ *Pittarium*, *πιτάριον*, pièce en forme de Π, *ancre double* ou *amarre à double branche*. Dès ma première édition, j'en ai fait l'*amarre* de la batterie, clouée sur le dessus du tiroir; rôle que M. Vincent attribue également au *pittarium*, mais en le laissant libre de pivoter autour de son extrémité postérieure (pl. II. fig. 6). Je maintiens définitivement ma première opinion. Le *πιτάριον* ne me paraît pas pouvoir remplir d'autre fonction que de fixer la bascule à fleur du tiroir. Les *crochets* de l'*amarre*, qui sont d'ailleurs figurés dans les manuscrits, se logent, par rabattement, dans des entailles latérales pratiquées sur le dessus du tiroir. A l'avant, la traverse du *πιτάριον* s'encastre dans le bois à l'entrée de la cannelure. Elle est même entaillée suivant la courbure de cette rigole, comme on le voit sur la figure des manuscrits.

² Ce renvoi au § I montre la liaison qui existe entre les diverses parties du texte. Le tiroir ὁ ΓΔ *κανὼν* ὁ ἐν τῷ πρώτῳ *Θεωρήματι*, y est expressément indiqué avec ses lettres

figuratives, et l'auteur les répète avec soin, chaque fois qu'il revient à cette pièce. Exemples (§ II, ci-dessus) : *λαβόντες οὖν τὴν ΔΟ ἐπὶ τοῦ ΓΔ κανόνος* (alin. 5); — *τρήσαντες... τὸν ΓΔ κανόνα κατὰ τὸ Π (τὸν ἐν τῷ πρώτῳ Θεωρήματι)* (alin. 6); — *οὕτω καθέμεν ἐν τῷ ΓΔ κανόνι, ὅστις ἐστὶν ἐν τῷ πρώτῳ Θεωρήματι* (alin. 7). Ce sont les seules mentions, parmi les pièces de la batterie, du tiroir ΓΔ, pièce unique du § I rappelée dans le § II. Le tiroir seul reçoit, en effet, les pièces de la batterie. Mais l'auteur, pour éviter toute confusion, rappelle sans cesse que ΓΔ *κανὼν* appartient au premier paragraphe. Quant aux lettres indicatives des diverses pièces de la batterie, elles suivent, sans autre complication, l'ordre alphabétique naturel. Le débrouillement des alphabets distincts, quoique semblables de ce § II, qui a coûté des années à M. Vincent (*Op. cit.* p. 13), se bornait donc, au fond, à discerner la pièce *GD*, siège des diverses pièces de la batterie (voir ma 1^{re} édit. p. 21, note 1).

ματι²⁴ διαμπερές²⁵, κατὰ δὲ²⁶ τὸ Ξ παραλληλογράμμω²⁷· και²⁸ οὕτως ἐνηρμόσθω²⁹ ἢ χειρολάβῃ, ὡς ἴς περόνην³⁰ διὰ τῆς MN διωσθῆναι και διὰ τοῦ Δ τρήματος τῆς χειρολάβῃς κοινωθῆναι³¹.

δ. Τρήσαντες δὲ τὸ ΕΘ³² δίχην³³ κατὰ ΤΥ³⁴ και τὴν ΚΑΜ σχασίηριαν³⁵ κατὰ τὸ

gulæ] crassitudinem; ad partem vero X quadrangulo; atque sic aptetur manubrium ut, trajecta per M et N, itemque per foramen d manubrii fibula, compingatur.

4. Deinde perforatis bifido [ferro] ec juxta t, u, clastroque klm juxta f, trajectaque

un trou rond, foré de part en part; tandis qu'en X sera pratiquée une entaille droite, où doit s'encastrier¹ la manette, assujettie par une goupille traversant les trous M et N, ainsi que l'œil d de la manette¹.

4. De même, on perce un œil dans chaque branche t, u de la fourchette, et en

LA
CHIROPALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

²⁴ τρήματι] τρήματι F. || ²⁵ διαμπερές] διαπεράσθω F. || ²⁶ (κατὰ δὲ)] και κατὰ δὲ (P₅). || ²⁷ παραλληλογράμμω] sic restitui prius ex conjectura. Habent MFF₁, Ponunt Vincent et Wescher, — παραλληλογράμμω P (P₁P₃P₆P₇) Baldus, — παραλληλογράμμος V (P₁P₄P₆P₉) — παραλληλόγραμμος (P₈) — παραλληλογράμμος Th. || ²⁸ (και)] Omittit (P₈). || ²⁹ (οὕτως ἐνηρμόσθω)] οὕτως ἐνηρμόσθω Vincent — οὕτως ἐνηρμόσθω (P₈). || ³⁰ περόνην] περόνην ην habet M — περόνη ην F₁. || ³¹ κοινωθῆναι] sic Wescher ex V₂ marg. Ponunt (P₈P₉) — κινωθῆναι (P₁) — και κινωθῆναι (P₇) — κενωθῆναι M — και κινωθῆναι FPV (P₁P₄P₆) — κοινωθῆναι V₁ — και κοινωθῆναι (P₄) — και κινωθῆναι (P₈) Baldus, — και κοινωθῆναι (P₈P₉) — κινωθῆναι (P₈). Ex Th. dederam — κινωθῆναι F₁ — κινωθῆναι V₂ et Vincent, non recte, quippe κινέω (longe diversum sensu) nusquam vero κινώω a Græcis usurpatur. || ³² ΕΘ] sic Wescher quasi ex MF — εθ prior Vincent ex (P₈P₉) — εθ codd. ceteri. Baldus et Th. — εζηθ prius conjeceram. || ³³ δίχην] sic Wescher quasi ex M. Dederat Baldus. Habent F₁ (P₁P₂P₃P₄P₆P₇P₉). Ponunt Th. et Vincent, — δίχειλον PV, ubi litteram H prima manu superinductam notat Wescher. — δίχειλον (P₈) prius scripseram. || ³⁴ κατὰ ΤΥ] sic dedi ex MFF₁ (P₈P₇), — κατὰ τὸ τυ (P₁). Ex Th. prius scripseram, — κατὰ [τὰ] τ, υ, ponit Vincent, unde κατὰ [τὰ] ΤΥ Wescher, — κατὰ τγ (P₂) — κατὰ τὸ τις (P₃) — κατὰ τος (P₄) Baldus — κατὰ τς (P₆) — κατὰ τὸ τῶς (P₈) — κατὰ τὸ τος (P₉). || ³⁵ σχασίηριαν] σχισίηριαν F.

¹ Οὕτως ἐνηρμόσθω ἢ χειρολάβῃ. J'ai fait observer (§ I, note n) que ἀρμολός et ἀρμόζω, son primitif, désignent en général un assemblage non rigide, ou bien encore l'assemblage rigide de pièces formées de substances différentes, comme bois et fer (voy. Chirob. V, 2). La manette n'était donc pas absolument fixée au tiroir. Pour la commodité de la manœuvre, le plan de la manette, à l'instant où l'archer bandait l'arme, était perpendiculaire au tiroir, position la plus naturelle pour la fonction de la main. Après le service, la manette pouvait se rabattre sur le tiroir même. Tout au moins conservait-elle une certaine liberté de mouvement autour de sa goupille.

¹ L'assemblage de la manette avec le tiroir, de

la gâchette avec la fourchette, du serpenteau avec le tiroir, est caractérisé par le terme κοινέω, dont la restitution est due à M. Wescher. Thévenot écrit κινέω, dont le sens est moins admissible. J'avais suivi cette leçon dans ma première édition. M. Vincent emploie le barbarisme κινώω (κινωθῆναι, p. 50, lig. 36; et partout ailleurs κινωῦμεν). La forme la plus voisine de κινώω est κινέω, dont le sens est ici inapplicable. Κοινωθῆναι et κοινωῦμεν sont d'ailleurs fournis par plusieurs manuscrits. (Voy. le Comm. paléog. § II, 31, 39, 52, 63.) — Κοινώω caractérise l'assemblage de deux pièces pivotant l'une par rapport à l'autre, mais ne pouvant se séparer; ἀρμολός exprime l'emboîtement libre, et συμφυής, l'emboîtement rigide.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Vt. 52.

W. 172.

Φ, και ἐμβαλόντες³⁶ ἀπὸ τῶν
δι' ἀμφοτέρων τῶν ὀπῶν³⁷
τῶν ΤΥΦ³⁸, κοινοῦμεν ὄσπε³⁹
περὶ αὐτὴν κινεῖσθαι⁴⁰ τὴν
σχαστήριαν⁴¹ ἀνεμποδί-
στως⁴². Ἐχέτω δὲ ἡ σχαστή-
ρια⁴³ ἐντομὴν⁴⁴ τὴν ΔΜ ἐχου-
σαν κατὰ μῆκος δάκτυλον
ένα⁴⁵.

Ἐ. λαβόντες οὖν τὴν ΔΟ⁴⁶
ἐπὶ τοῦ ΓΔ⁴⁷ κανόνος δακτύ-
λων ἸΑ⁴⁸, καὶ τρήσαντες κα-

per ambo foramina t, u et f
fibula, ita aptetur ut circa fi-
bulam claustram plane versa-
tile permaneat. Habent autem
claustram incisionem lm ad
longitudinem digiti unius.

5. Sumpto igitur super re-
gula GD intervallo DO digi-
torum XI, incisoque [ligno]

f dans la gâchette klm ; puis,
à l'aide d'une gouppille logée
dans les trousⁱ t, u et f,
s'installe la gâchette, de ma-
nière à pouvoir pivoter libre-
ment. La gâchette présente
en lm une fente longitudi-
nale d'un doigt de profon-
deur.

5. Cela fait, on prend sur
la pièce GD une longueur
DO de 11 doigts¹; on en-

³⁶ ἐμβαλόντες] sic Wescher ex M. — ἐμβάλλοντες cet. codd. et edit. || ³⁷ τῶν ὀπῶν] τῶν μέρων M — ὁ τῶν ὀπῶν (P₃P₄), — ἡ ὁ τῶν ὀπῶν (P₆P₇). || ³⁸ τῶν ΤΥΦ] sic Wescher ex MFPV. Habent F₁ (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇), — τοῦ τυφ (P₉) Baldus. Ex Th. scripseram — τῶν τ, υ [καὶ τοῦ] φ conjecit Vincent. || ³⁹ κοινοῦμεν ὄσπε] sic Wescher ex PV. Habent (P₂P₃P₄P₅P₆P₇P₈) Baldus — κινουμένοις τε MFF, — κινουμένοις ὄσπε (P₁). Ex Th. dederam prius — κινουμένοις ὄσπε conjecit Vincent. || ⁴⁰ κινεῖσθαι] κινῆσθαι F. || ⁴¹ (σχαστήριαν)] χαρίαν ἰσης (P₃). || ⁴² ἀνεμποδίστως] sic plerique codd. et edit. Habent V₂ marg (P₄ marg) Baldus marg. — ἐμποδίστως V₂ (P₄P₅) Baldus — ἀνεμποδίστως κτλ. usque ad ΔΜ desunt in F₁. || ⁴³ ἡ σχαστήρια] ἐσχαστήρια M — ἡ σχαστήριαν (P₃). || ⁴⁴ (ἐντομὴν)] ἐντολήν (P₄P₅P₆). || ⁴⁵ ένα] sic Wescher ex F. Ponit (P₈). — ā seu a' ceteri codd. et edit. || ⁴⁶ ΔΟ] sic Wescher quasi ex MF. Prior restituerat Vincent, — Δθ ponunt PV ex confusione uncialium O et Θ, — λδ habet F₁ — δθ (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇P₈) Baldus et Th. — γο prius scripseram. || ⁴⁷ (ΓΔ)] sic Wescher quasi ex codd. — γδ ex Th. dederam prius. Habent cet. codd. et Baldus, — ΔΓ ponit Vincent, mendose : quippe GD regulæ litteræ descriptivæ ex figura DESCENDENDO legendæ. || ⁴⁸ δακτύλων ἸΑ] sic recte Vincent — δακτύλου ια dederat Baldus. — δάκτυλον ια habent (P₄P₅P₆) — δάκτύλου ε (P₅) — δακτύλων ε' ex Th. dederam. Habent E₁ (P₁P₂P₃P₄P₇) — δακτύλων E ex M. ponit Wescher — δακτύλων τὸ ε habet F.

ⁱ Δι' ἀμφοτέρων τῶν ὀπῶν. Le terme ὀπή, trou rond, signifie littéralement un œil, expression très-familière aux artisans modernes.

¹ Δακτύλων ἸΑ. Cette cote de 11 doigts est due à Baldi. Elle existe dans les mss. 2438, 26 (supp. gr.) et 244 (supp. gr.) de Paris. M. Vincent, en l'adoptant, y a trouvé le prétexte de substituer la gâchette au serpentéau (voy. note * ci-dessus). La gâchette, claustrum totius operis vincula continens, comme dit Ammien, doit être la pièce la plus voisine du tireur. Héron en place le pivot à 11 doigts de la queue du tiroir. Puis, à 4 doigts en avant du bec de la gâchette, pivote le serpentéau, intermédiaire

entre la gâchette et la bascule qui retient la corde archère. Cette forme allongée de la batterie a pour objet de permettre à la bascule d'aller saisir la corde qui fonctionne dans la région extérieure de l'arme, eis τὸ ἐκτὸς μέρος, dit la Bêloπέε. De cette manière, la gâchette ou pièce de calage, claustrum, demeure constamment à portée de l'archer, ἐν τῷ ἐντὸς μέρῳ, en arrière de la cage. Voilà pourquoi il a fallu, dans la Chirobaliste, introduire une pièce intermédiaire, le δρακόντιον, transmettant à distance, de la gâchette à la bascule, le mouvement de détente exécuté par l'archer. M. Vincent admet la leçon δακτύλων ἸΑ au lieu de δακτύλων Ἐ de la plu-

τά τὸ Ο, καθίεμεν⁴⁹ τὸ ΕΘ⁵⁰ δίχηνλον⁵¹ καὶ κοινοῦμεν⁵², ὥστε ἀκίνητον διαμένειν.

ζ. Ἐπειτα⁵³ τρήσαντες τὸ ΝΞ⁵⁴ δρακόντιον κατὰ τὸ Ν⁵⁵, καὶ τὸν ΓΔ⁵⁶ κανόνα κατὰ τὸ Π⁵⁷ (τὸν ἐν τῷ πρώτῳ⁵⁸ Φεωρήματι) ἀπέχον⁵⁹ τοῦ Μ δακτύλου Δ⁶⁰, καὶ καθέντες διὰ τε τοῦ τρήματος⁶¹ τοῦ δρακόντιου καὶ τοῦ Π περόνην⁶², κοινοῦμεν ὥστε⁶³ εὐχερῶς⁶⁴ κινεῖσθαι τὸ ΝΞ⁶⁵ δρακόντιον περὶ αὐτήν.

6. *Perforatis deinceps manu nx juxta n, regulaque GD (quæ in primo argumento) juxta P, intervallo ab m digitorum iv, per manus foramen perque P fibulam ita aptamus et compingimus, ut manus nx circa ipsam plane versatilis permaneat.*

taille [le bois] en O, et l'on y encastre la fourchette *ec*, en l'enfonçant jusqu'au refus¹.

6. On perce ensuite en n le serpenteau *nx*, et en P la pièce GD (du précédent paragraphe), à 4 doigts de m [bec de la gâchette^m]. Puis, à travers l'œil du serpenteau et le trou P, on loge une goupille, qui maintient l'assemblage du serpenteau *nx*, en lui laissant la liberté de pivoter.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

B. 65.
Th. 117.

⁴⁹ καθίεμεν] κἀθισμεν M. || ⁵⁰ (ΕΘ) sic Wescher. — *ec* dederant Bald. Th. et Vincent. — *ηθ* (P₉) — *εζηθ* prius conjeceram — *ec* ceteri codd. || ⁵¹ δίχηνλον] sic Wescher quasi ex MF. Dederant Baldus. Th. et Vincent. Habent F₁ (P₁P₂P₃) — δίχηνλον P (P₂) cum littera H prima manu, ut notat Wescher, superscripta, — δίχηνλον V (P₁ super δίχηνλον. P₂P₃P₄P₅P₆P₇) Th. marg. ex quo prius scripseram. || ⁵² κοινοῦμεν] sic Wescher ex MPV. Habent (P₂P₃P₄P₅P₆P₇) Baldus. — κινουόμεν F₁ (P₁P₂P₃P₄). Ex Th. dederam, — κινουόμεν Vincent. || ⁵³ Ἐπειτα] ἐπιτα M ex iotacismo. || ⁵⁴ τὸ ΝΞ] sic W. quasi ex P secunda manu correctum, — τὸ νξ ex Th. dederam. Ponit Vincent. Habent F₁ (P₁) — τὸ νξ (P₆) — τὸν ξ habent MFV (P₂P₃P₄P₅) — τοῦ ξ (P₃P₄P₅) Baldus. || ⁵⁵ τὸ Ν] sic Wescher quasi ex FPV — τὸ ν (P₁P₂...P₈P₉) Bald. Ex Th. dederam. Ponit Vincent. — τὸν Ν habet M, — τὸ Νξ habet F₁. || ⁵⁶ τὸν ΓΔ] sic W. quasi ex MFPV. Ponit Vincent. — τὸν γδ ex marg. Th. dederam. Habent F₁ (P₁P₂P₃P₄P₅P₆P₇) Baldus. — τὸ Νγδ (P₆) — τὸν νγδ Th. || ⁵⁷ τὸ Π] sic Wescher quasi ex M. Habet F₁ — τὸ π prius conjeci. Ponit Vincent. — τὸν π ceteri codd. Baldus et Th. — Post τὸ π (τὸν ἐν τῷ πρώτῳ Φεωρήματι) ex Wescher et Vincent parenthesi seclusi. || ⁵⁸ πρώτῳ] sic W. quasi ex MF. Prior Vincent. Habet F₁ — α ceteri codd. — α Baldus — α' ex Th. scripseram. || ⁵⁹ ἀπέχον] ἀπέχων MF. || ⁶⁰ (Δ) sic pler. codd. — δ cet. et Vincent. — δ Bald. — δ' ex Th. scripseram. || ⁶¹ διὰ τε τοῦ τρήματος] τε τοῦ κτλ. usque ad ὥστε desunt in P₁, unde uncis seclusit Th. — In P διὰ τὸ εὐχερῶς substituit secunda manus. || ⁶² περόνην] περόνην F. || ⁶³ κοινοῦμεν ὥστε] sic W. (P₂P₃) Desunt in F₁, — κινουόμενος τε MF — κινουόμεν ὥστε cet. codd. Bald. ex Th. dederam, — κινουόμεν Vincent. || ⁶⁴ (εὐχερῶς)] διὰ τὸ εὐχερῶς P₁ ut supra (61). || ⁶⁵ τὸ ΝΞ] sic W.

part des manuscrits; mais il intervertit la gâchette et le serpenteau, et place le pivot de ce dernier à 4 doigts de la queue du tiroir; ce qui est contraire aux indications du texte. Dans la *Synthèse de la Chirobaliste*, je démontrerai l'exactitude technique de la leçon δακτύλων ΙΑ. (Voy. ci-après, n° 372-383.)

¹ Jusqu'au refus, se dit d'un pieu que l'on

enfonce à coups de mouton, lorsqu'il cesse de descendre sensiblement. C'est le cas, ὥστε ἀκίνητον διαμένειν, du tenon de la fourchette, qui doit être forcé dans le corps du tiroir.

^m Ἀπέχον τοῦ Μ δακτύλου Δ. Or la gâchette a pour notation ΚΑΜ (voy. S II, 2, ci-dessus); et il est dit (*ibid.* 4) qu'elle présente en ΔΜ une fente longitudinale d'un doigt de profondeur, év-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ζ. Καὶ πάλιν ἀποσλήσαν-
τες ἀπὸ τῆς χειρολάξης⁶⁶
τῆς [AB]ΓΔ⁶⁷ τὴν ΕΡ⁶⁸, τι-
τρῶμεν κατὰ τὸ Ρ, καὶ πάλιν
ἀπ' αὐτοῦ⁶⁹ μετρήσαντες δακ-
τύλους ΔC⁷⁰, ὡς τὴν ΡΣ⁷¹,
τιτρῶμεν κατὰ τὸ Σ, καὶ οὐ-
τω καθίεμεν⁷² [τὸ πικτάρ-
ριον]⁷³ ἐν τῷ ΓΔ κανόνι, ὅς-
τις⁷⁴ ἐστὶν ἐν τῷ πρώτῳ⁷⁵
θεωρήματι. Ἐξῆς κείται⁷⁶.
[Σχῆμα KB.]

7. *Abscedentes deinceps a manubrio* [ab]gd usque ad xR, *insecamus* [lignum] juxta R; *abhinc autem rursus metimur digitos IV cum dimidio, insecamusque juxta S; ibique* [pittarium seu anchoram] *compingimus cum regula GD quae in primo argumento. Sequitur figura* [22].

7. Enfin, s'éloignant tous jours de la manette [ab]gd, de la quantité xR, on entaille [le bois] en R; puis, à partir de R, mesurant 4 doigts et demi, on entaille de nouveau en S, où s'installe [le pittarium ou amarre], ainsi adapté à la pièce GD décrite au premier paragraphe. Voir la figure [22, p. 124].

— τὸ NĒ habet F₁ — τὸ νξ prior conjeci. Ponit Vincent, — τὸν ξ MFPV (P₁ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇) Bald. — τὸ ξ (P₁ P₉) Th. || ⁶⁶ (χειρολάξης) χειρολάξης (P₇). || ⁶⁷ [AB]ΓΔ sic W. — [αξ]γδ prior restitui, — αξγδ uncis omissis, quasi ex aliquo cod. ponit Vincent. — ΓΔ vel γδ cet. codd. — γδ Bald. et Th. || ⁶⁸ (ΕΡ) sic W. Prior Vincent. — Ερ codd. omnes. Bald. et Th. — πρ prius conjeceram. || ⁶⁹ (ἀπ' αὐτοῦ) sic Wescher. Prior Vincent. — Ponunt omnes codd. Bald. et Th. — ἀπὸ τοῦ π prius conjeceram. || ⁷⁰ (ΔC) sic Wescher. Habent MFPV — δς cet. codd. — δ Baldus, — δς'' ex Th. dederam, — δς Vincent. || ⁷¹ ὡς τὴν ΡΣ sic W. Prior Vincent. — Habent FPVF₁ (P₂ P₃ P₅ P₆) Bald. et Th. — ὡς τὴν CP habet M. — ὡς τὴν ρς (P₁ P₃) — ὡς τὴν ρς (P₄ P₆) — ὡς τὴν ρρ (P₆) — ὡς τὸ πς prius conjeceram. || ⁷² οὕτω καθίεμεν sic ex Th. dederam. Habent F (P₁ P₃ P₆) — [καὶ] οὕτω Vincent, — οὕτως mendose ex MPV ponit Wescher. Habent F₁ (P₁ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇) Baldus. || ⁷³ ([τὸ πικτάρριον]) sic jam prius restituendum conjeci. — Omittunt omnes codd. et edit. — Omissit quidem, verum in convertendo reddidit Vincent. || ⁷⁴ ὅστις sic W. quasi ex M. — Ex Th. dederam. — Ponunt pleriq. codd. et Vincent. — ὅς τις PV, — ὅς F, — ὅς τις Baldus. || ⁷⁵ πρώτῳ sic W. Prior Vincent — α codd. omnes, — α Baldus, — α' ex Th. dederam. || ⁷⁶ Ἐξῆς κείται] omittunt MFF₁.

τομὴν τὴν AM ἔχουσαν κατὰ μῆκος δάκτυλον ἕνα. Le point M doit donc désigner la pointe du bec même de la gâchette; ce qui détermine la position du pivot du serpentéau à L'AVANT et à 4 doigts du bec de la gâchette.

⁷³ J'ai expliqué ci-dessus (§ II, note¹) la fonction définitive du pittarium, sorte d'ancre à double branche, servant à fixer la bascule sur le dessus du tiroir. La bascule, dont le texte ne parle pas, se trouve indiquée très-nettement par les figures de tous les manuscrits. Elle a sensiblement la forme de la lettre II renversée. Peut-être était-elle comprise, avec l'ancre à

double branche, dans la dénomination de πικτάρριον. Elle se rabat, lors de la détente, sur le plan du tiroir; puis elle va saisir la corde archère, à l'aide de ses deux doigts qui se relèvent spontanément. Le serpentéau la cale aussitôt dans cette position, et la gâchette cale à son tour le serpentéau. Lorsqu'on presse la détente, la bascule se rabat vivement, la corde part. — M. Vincent, dans sa traduction, a réintégré le mot pittarium; mais il n'a pas osé restituer πικτάρριον dans le texte grec. Il assigne d'ailleurs à la pièce une fonction inadmissible.

305.

[Γ. ΠΩΣ ΔΕΙ ΤΑ ΚΑΜΒΕΣΤΡΙΑ ΚΑΤΕ-
ΚΕΥΑΣΘΑΙ.][III. QUONAM MODO Καμβέστρια
CONSTRUANTUR.]

[§ III. STRUCTURE DES RESSORTS.]

α. Κατεσκευάσθωσαν¹ δὲ
καὶ τὰ καλούμενα Καμβέστρια
τρόπῳ τοιῶδε·

β. Ποιήσαντες γὰρ σιδη-
ροῦς² κανόνας τέσσαρας³,
μῆκος ἔχοντας ἑκάτερον δακ-
τύλους IC⁴, πλάτος δὲ δακτύ-

1. *Construantur item ea
quæ Καμβέστρια vocantur,
ejusmodi.*

2. *Conflentur porro laminæ
ferreæ quatuor, quarum sit
singulæ longitudo digitorum
x cum dimidio, latitudo autem*

1. L'appareil des ressorts⁵
doit également être cons-
truit de la manière suivante.

2. On prépare quatre ru-
bans de fer, mesurant cha-
cun : longueur, 10 doigts et
demi⁶; largeur, un peu plus

¹ Κατεσκευάσθωσαν] sic Wescher ex Vincent. — κατασκευάσθωσαν reliqui. || ² σιδηροῦς] ὀδηγοῦς F₁, qui sequentia omittit usque ad verba ἔχοντες συμφυεῖς. || ³ τέσσαρας] sic Wescher. — Habet F₁, Δ habent MPV, — δ vel δ' cet. codd. — δ Baldus, — δ' ex Th. scripseram, — δ Vincent. || ⁴ δακτύλους IC] sic Wescher quasi ex M. — Numerum IC prior sed cum δακτύλων dedit Vincent, — IC⁷ habet F₁ ediditque primus Lambecius. — δακτύλους εἰκοσι cet. codd. Baldus. — δακτύλων εἰκοσι ex Th. dederam. Error fluxit ex similitudine litterarum uncialium IC cum littera K = εἰκοσι.

* Καμβέστρια, ressorts. On a vu dans l'Introduction historique (n° 32 à 72) les hypothèses diverses formulées jusqu'ici sur les καμβέστρια, entre autres celle de M. H. Martin (de Rennes). Voici maintenant (*Chirob.* de M. Vincent, p. 29) l'opinion du même savant sur ce mot « barbare. » « C'est un mot grec mal formé, » dit-il, mais c'est un mot grec puisqu'il vient « de κάμπω. La forme classique serait τὰ καμπήρια. Les soldats macédoniens, byzantins, alexandrins, des Ptolémées, disaient τὰ καμβέστρια. Ce mot n'est nullement latin, car, en latin, il ne pourrait être rapproché que de *campēstria*, pluriel neutre de *campēstris*. Or l'instrument en question n'avait rien de *campêtre*. » (Voy. Meister, p. 19.) — Que Καμβέστρια n'est pas latin, cela est hors de doute. Mais que ce même terme, dont la désinence seule semble altérer la forme grecque, soit une expression *barbare*, je ne crois pas qu'il y ait de motif suffisant pour l'affirmer. Partout, dans la nomenclature des anciens, les noms techniques se trouvent choisis avec une admirable justesse. On a vu plus haut (n° 229-234) le *πάλιντον τόξα* du vieil Homère lui-même trou-

ver son explication dans le vocabulaire de la charpenterie militaire. En fait d'antiquité, un respect scrupuleux envers les plus humbles vestiges éloigne moins de la vérité qu'une critique indisciplinée.

Quant à l'étymologie du mot Καμβέστριον, on a vu précédemment (n° 281 à 296) sur quelles conjectures je propose de l'établir.

⁵ 10 doigts et demi, δακτύλους IC. — Baldi et Thévenot donnent δακτύλους εἰκοσι. L'erreur provient de la notation K̄, confondue d'abord avec IC, puis transformée en εἰκοσι (K̄ exprime le nombre 20). Lambecius (*Comment. Bibl. Vind.* p. 194) a le premier signalé la leçon IC, que MM. Vincent et Wescher ont appuyée depuis sur le manuscrit de Mynas, sans donner aucune autre raison de leur préférence. Dans ma première édition, les δακτύλους εἰκοσι de Thévenot m'avaient fait supposer aux καμβέστρια une forme compliquée et peu favorable à l'effet de ressort. La réduction à 10 $\frac{1}{2}$ doigts des rubans montants simplifie et renforce à la fois les καμβέστρια. Cette dimension équivaut d'ailleurs à 3 modules, ce qui suffirait a priori, pour en attester l'exactitude.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

B. 65. Th. 117.
Pr. 22. Vt 54.
W. 128.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 23. Καμβόλια ou Ressorts d'après les manuscrits.

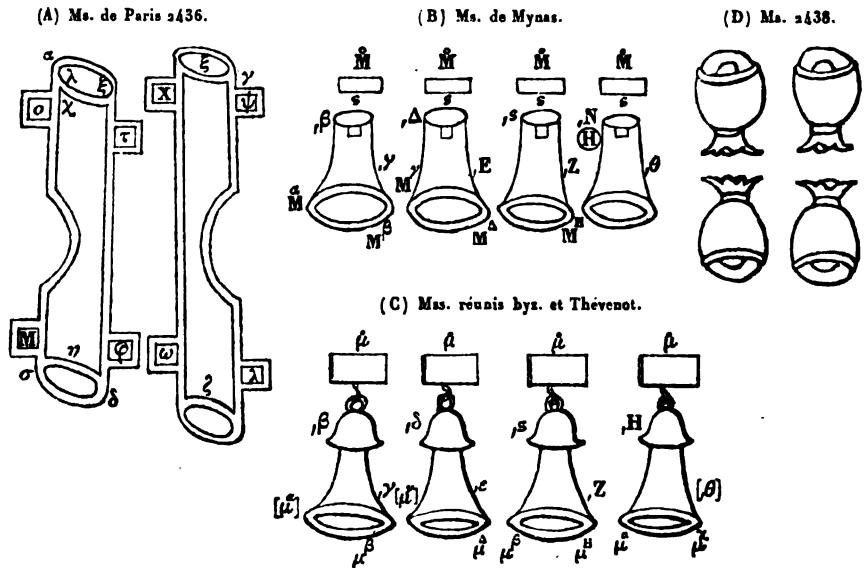
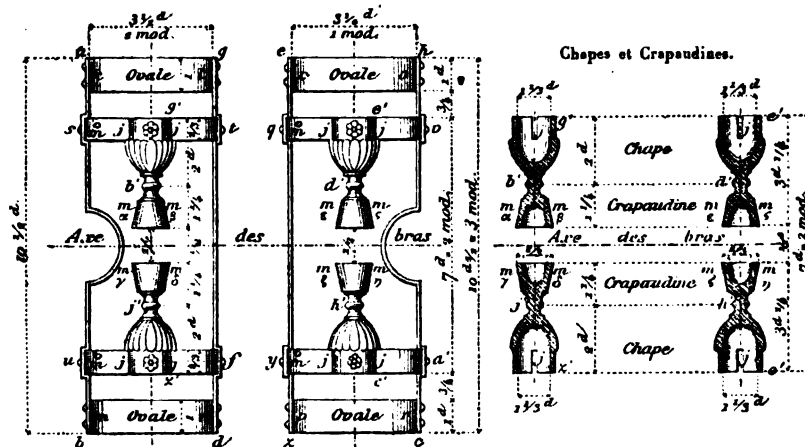


Fig. 24. Restitution des Καμβόλια.

Cadres - Ressorts.



λου διμοίρου⁵ μικρῶ πλειῶν⁶,
πάχος δὲ⁷ ὅσπε μὴ εὐχερῶς⁸
κάμπτεσθαι⁹.

γ. Ἐσίωσαν δὲ οἱ AB ΓΔ
EZ ΗΘ, οἷοι εἰσι¹⁰ τῶ σχή-
ματι καταγεγραμμένοι¹¹, ἐ-
χοντες συμφυεῖς κρήκους τοὺς
ΚΑ ΜΝ ΞΟ ΠΡ¹², τὸ εὖρος¹³
έχοντας δακτύλους δύο¹⁴, τὸ
δὲ πλάτος δάκτυλον ἕνα¹⁵,
τὸ δὲ πάχος τὸ αὐτὸ¹⁶ τοῖς
κανονίοις.

⁵ δακτύλου διμοίρου] sic W. ex PV. Habent (MF₁ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇) Baldus. — δακτύλου διμοί-
ρον prius conjeceram. || ⁶ μικρῶ πλειῶν] sic corrigendum conjeci, — μικρῶ πλειῶν ponit Wescher.
Prius ex Th. dederam. Ponit Vincent. Habent (PP₁ P₂ P₃ P₄ P₇ P₈) — μικροῦ πλειῶν M., — μικροῦ
πλειῶν F₁ — μικρῶν πλειῶν V (P₄) Bald. — μικρῶ πλειῶν (P₅) — μικρῶν πλειῶν V marg. — μικρὸν
πλειῶν (P₉). || ⁷ πάχος δὲ] πάχος ΔΕ ponunt PV(P₇). || ⁸ εὐχερῶς] εὐμερῶς M. || ⁹ κάμπτεσθαι] sic W.
quasi ex PV. Ex Th. dedi. Ponit Vincent. — κλήπτεισθαι M., — κλέπτεισθαι F₁ — κάμπτεσθαι (P₇) —
κάμπτεται Baldus, — κάμπτεσθαι Bald. marg. || ¹⁰ οἷοι εἰσι] sic W. ex M. Habet F₁, — οἷον εἰσι
PV (P₁ P₂ . . . P₈ P₉) Bald. et Th. — οἷοι εἰσι prius scripseram. Ponit Vincent. || ¹¹ (καταγεγραμμέ-
νοι) καταγεγραμμένοι (P₁ P₃) — καταγεγραμμένος (P₅). || ¹² (ΚΑ ΜΝ ΞΟ ΠΡ)] sic Wescher, — κλ, μν,
ξο, πρ ex Th. dederam, — ΚΑ, ΜΝ, ΞΟ, ΠΡ ponit Vincent, — κλμνξοπρ F₁ (P₅ P₆) — κλμνοξοπρ
(P₅ P₆) — κλ, μν, ξο, πρ (P₁) — κλμνξοπρ (P₂) — κλμνξοπρ (P₃) — κδμνξοπρ (P₄) — κδμνξοπρ
(P₇) — κδμνξοπρ Baldus. || ¹³ εὖρος] εὖρος M. || ¹⁴ δακτύλους δύο] sic W. quasi ex F. Ex Th. dede-
ram. Ponit Vincent. Habent F₁ (P₁ P₂ P₃) — δακτύλους Β ponunt MPV, — β ceteri codd. — β Bald. ||
¹⁵ δάκτυλον ἕνα] sic W. ex F., — δακτύλου ἑνος (P₁ P₂ P₃). Ex Th. dederam. Ponit Vincent. —
δακτύλου Α ponunt MPV, — δακτύλου α codd. ceteri, — δάκτυλον α Baldus. || ¹⁶ τὸ αὐτὸ] sic W.
quasi ex MFPV. Habent pleriq. codd. min. Ponit Baldus. Ex Th. marg. dederam. Habet F₁ marg.
Ponit Vincent. — τὸ αὐτὸ habent (P₁ P₂) Ponit Th.

⁵ Un peu plus de 1 doigt $\frac{2}{3}$, πλάτος δὲ δακτύ-
λου διμοίρου μικρῶ πλειῶν. — Tous les manus-
crits et éditions donnent πλειῶν ou πλειῶν. Je
fais accorder πλειῶν avec πλάτος, qui est neutre.
Voilà une quantité approximative, dont la
notion du modale permet de retrouver la va-
leur exacte. Ce module étant de $3\frac{1}{2}$ doigts, sa
moitié = $1\frac{1}{4}$ doigt excède à peine le $1\frac{1}{4}$ doigt ci-
dessus. La différence est celle de 1.75 sur 1.67,
soit 8 centièmes seulement, ou $\frac{1}{12}$ de la dimen-
sion totale, ou $1\frac{1}{2}$ millimètre. Telle est la me-
sure exacte du μικρῶ πλειῶν d'Héron.

3. Sint autem istæ ab, gd,
ex, hc, ea quæ infra figura
delineatur. Iisdem aptentur
collaria kl, mn, xo, pr, quo-
rum vacuum pateat ad digi-
tos duo; horum autem sit la-
titudine digiti unius, crassitudo
autem eadem quæ laminarum.

d'un doigt et deux tiers⁵;
quant à l'épaisseur, elle est
telle que les lames ne puis-
sent ployer qu'avec diffi-
culté⁴.

3. Soient ab, gd, ez, hc
(figure 24, page 132) ces
montants, conjugués avec
des ovales kl, mn, xo, pr,
ayant d'ouverture 2 doigts.
Les rubans des ovales ont
un doigt de large; leur épais-
seur est la même que celle
des rubans.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

⁴ Πάχος δὲ ὅσπε μὴ εὐχερῶς κάμπτεσθαι. Bien
que cette épaisseur des ressorts soit indétermi-
née dans le texte, j'en donnerai plus loin la
valeur rigoureuse, déduite du tracé des ovales
conjugués avec les rubans. Elle est de $\frac{1}{12}$ de
modale = ($\frac{1}{12}$ doigt), à la condition que chaque
ovale soit formé d'un seul ruban, dont les extré-
mités s'assemblent, par recouvrement, avec le
rivet qui fixe l'ovale à l'un des montants du
cadre, comme l'indique le croquis de ce détail
dans les figures 31 et 32 (voir plus loin, n° 322
et 328).

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.
W. 129.

δ. Ἐστω δὲ τὸ¹⁷ μεταξὺ
διάστημα τῶν κανονίων¹⁸ δακ-
τύλων ΓC¹⁹.

ε. Γεγονέτωσαν²⁰ δὲ²¹ καὶ
πιτάρια τὰ ΣΤΥΦΧΨΩ
Α, συμφυσῆ²² τοῖς²³ ΑΒ ΓΔ
ΕΖ ΗΘ κανονίοις, ἔχοντα²⁴
πλάτος καὶ πᾶχος τὸ αὐτὸ
τοῖς κανονίοις, τὸ δὲ εὖρος²⁵
δακτύλου διμοῖρον²⁶.

ς. Ἐστῶσαν δὲ καὶ κύλιν-
δροι²⁷ χαλκοῖ κούφοι²⁸, οἱ

4. Sit autem laminarum
intervallum digitorum trium
cum dimidio.

5. Fiant quoque pitάρια
sua auriculæ s, t, u, f, q, v,
y, ρ', laminis ab, gd, ez, hc
aptatæ, quarum latitudo et
crassitudo sit eadem quæ la-
minarum; foramen autem ha-
beant bessis digiti.

6. Sint quoque cylindri
ænei leves b'g', d'e', j'z', h'c',

4. L'écartement des mon-
tants doit être de 3 doigts
et demi*.

5. Soient encore des bri-
des[†], telles que s, t, u, f, q,
v, y, a', rivées sur les ru-
bans ab, gd, ez, hc, dont
elles ont la largeur ainsi que
l'épaisseur, avec un évide-
ment de deux tiers de doigt.

6. Soient enfin de légères
chapes tournées, en bronze[‡],

¹⁷ (Ἐστω δὲ τὸ) ἔστω δὲ πλάτος τὸ (P₅). || ¹⁸ τῶν κανονίων] sic ex Th. dedi. Ponit Vincent. Ha-
bent (P₁P₂P₃...P₈P₉) Baldus — τῶν Ν κανονίων F₁ — κανόνων ex M ponit W. || ¹⁹ (ΓC) sic W.
quasi ex MFPV. Habent (P₂P₇) — γc vel γc' ceteri codd. — γc Baldus, — γ'c' ex Th. dederam, —
γλ scripsit Vincent. || ²⁰ Γεγονέτωσαν] γεγονέστωσαν F. || ²¹ (δὲ) Omittit (P₅). || ²² τὰ ΣΤΥΦΧΨΩ
Α συμφυσῆ] sic W. Unciales Vincent signo (?) separat — τὰ σ, τ, υ, φ, χ, ψ, ω, α, jam prius coniec-
eram — ψ et Α desunt in M — τὰ cτ. υφ. χψ. αω. συμφυσῆ F. — τὰ ΣΤΥΦΧΨΩ. c συμφυσῆ P. — τὰ ΣΤΥΦ
ΨΧΩ, α συμφυσῆ V. — τὰ στυφχω. α συμφυσῆ F₁ (P₁P₂P₄P₇) — τὰ cτ υφ. χψω, συμφυσῆ (P₁) — τὰ
σλ. υφχ. ψω. α συμφυσῆ Th. — τὰς τῶν υφχψω. α συμφυσῆ (P₂P₃P₉) Baldus, — τὰ cτ τοῖς υφχψω.
α συμφυσῆ (P₆). || ²³ τοῖς] τῆς VF₁ (P₂P₃P₄P₅P₆P₇). || ²⁴ ἔχοντα] κτλ. usque ad τοῖς κανονίοις
omittunt PV (P₁P₂...P₈P₉) Baldus. Th. et ipse ego prius. Lacunam primus complevit Vincent. ||
²⁵ τὸ δὲ εὖρος] sic jam prius dedi. Ponunt Baldus et Vincent. Quasi ex conjectura ponit Wescher,
— τὸ δὲ εὖρον M, — τὸ δὲ εὖρος F, — τὸ δ' εὖτερος (P₄) — τὸ δ' εὖρος Th. || ²⁶ δακτύλου διμοῖρον]
sic quasi ex conjectura ponit Wescher. Jam prius conjeci. Ponit Vincent, — δακτύλου διμοῖρον MP
(P₃P₄P₅P₆P₇P₈P₉) Baldus, — δακτύλου διμερον F, — δακτύλου διομοῖρον V, — δακτύλον διμοῖρον
F₂ (P₁P₂) Th. — δακτύλον διομοῖρον (P₁ marg) Th. marg. || ²⁷ κύλινδροι] κολίινδροι M. || ²⁸ (χαλκοῖ

* 3 doigts et demi. — Dans l'alinéa 3 pré-
cédent, Héron dit que ces rubans sont rivés
avec des colliers, συμφυσῆς κρίκους, ayant 1 doigt
d'ouverture libre (εὖρος est la largeur d'un évi-
dement). L'écartement des rubans étant de
3 $\frac{1}{2}$ doigts = 1 module, les colliers en question
sont donc de forme ovale. Leur grand axe ré-
pond à l'intervalle des rubans. Ils sont eux-
mêmes formés de bandes d'acier flexibles; et,
lorsque l'appareil est actionné par les battants,
les ovales se déforment, s'ouvrent en se rappro-
chant de la forme circulaire. Telle est l'inter-
prétation naturelle des alinéas 3 et 4 ci-dessus.
M. Vincent, au lieu de colliers ovales, propose
des rondelles plates, rivées aux montants, et per-
cées d'un trou central, pour recevoir les barilletts,

freins, faisceaux élastiques (réduits à un fil uni-
que, mince et fort, par le savant académicien),
en un mot tout l'appareil névrotone ordinaire.

† Des brides, πιτάρια. — Ces brides, nette-
ment figurées, dans tous les manuscrits, vers
les extrémités des rubans droits et du côté ex-
térieur, n'ont embarrassé aucun éditeur. Il reste
pourtant à savoir à quel intervalle l'une de
l'autre se trouvent les deux brides d'un même
montant, pour recevoir convenablement les
étriers des pivots. Cet écartement sera déterminé
plus loin (n^o 327, 328) dans la Synthèse de la
Chirobaliste.

‡ Κύλινδροι χαλκοῖ κούφοι, de légers cylindres
en bronze. — Κύλινδρος se dit d'une pièce façon-
née au tour, d'un profil quelconque. Dans ma

,ΒΓ, ΔΕ, Ζ, Η, Θ²⁹, μήκος
έχων έκαστος³⁰ δακτύλων
δύο³¹, πάχος δέ ίσον τῶ
των³² κανονίων³³, τὴν δὲ διά-
μετρον τοῦ εὔρους δακτύλου
Α και γ'³⁴.

ζ. Ἐχέτωσαν δὲ και συμ-
φυσίς³⁵ κρήκους περικειμέ-
νους τῇ κυρτῇ ἐπιφανείᾳ τῶν
κυλίνδρων³⁶, τοὺς MM MM
MM MM³⁷, ἀπέχοντας ἀπὸ
τῶν ,Β, Δ, Ζ, Η³⁸ δάκτυλον

quorum quisque longitudinem
habeat digitorum 11, eam au-
tem crassitudinem quæ lami-
narum; diametrum autem,
juxta foramen, digiti 1 et ter-
tiæ.

7. Habeant quoque [cylin-
dri] collaria m_am_β, m_γm_δ,
m_εm_ς, m_ηm_η, circumfixa
convexæ cylindrorum superfi-
ciei, intervallo ab b', d', j',
h', digiti unius cum quarta

telles que b'g', d'e', j'z', h'c',
ayant chacune deux doigts de
long, même épaisseur que
les rubans, et, du côté évidé,
un diamètre de 1 doigt un
tiers.

7. Avec ces chapes, et du
côté de leur surface convexe,
doivent faire corps des crapau-
dines, m_am_β, m_γm_δ, m_εm_ς,
m_ηm_η, s'étendant à 1 doigt
un quart [des extrémités] b',

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

κούφοι] χαλκουφοί (P₃P₄P₅) — χαλκούφοι Baldus. || ²⁹ ΟΙ ,ΒΓ, ΔΕ, Ζ, Η, Θ] sic quasi ex con-
jectura ponit W. — οί βγ, δε, ζζ, ηθ ex Th. jam prius dederam. Unciales eodem modo divisas
substituit Vincent. — οί βγ, δε, ζζ, ηθ (P₃P₄P₅) — οί ,ΑΒ, ΓΔ, ΕΖ, ΗΘ habet M, — οί αβγ, δεζ.
ζηθ habet F — ό ΒΓΔΕΖΗΘ habent PV — οί αβγ, δεζ, ηθ habet F₁ — οί βγ, δε, ζζ, ηθ (P₁P₂)
ό βγ δε ζζ ηθ (P₂) — ό βγ, δε, σζ, νο (P₃) — οί βγ, δεζ, νο (P₄) — ό βγ δε σζ ηο (P₄) — ό βγδε,
μζο Baldus. || ³⁰ έχων έκαστος] sic Wescher ex F — έκαστος έχων invertunt cet. codd. et edit. ||
³¹ δακτύλων δύο] sic Wescher quasi ex M. Prior Vincent. Habet F₁ — δακτύλων Β ponunt PV, —
δακτύλων β (P₄P₅) — δακτύλων β vel β' cet. codd. — β Baldus, — β' ex Th. dederam. || ³² (ίσον τῶ
των)] sic restitui ex F₁ — ίσον τῶν cet. codd. et edit. || ³³ κανονίων] sic Wescher quasi ex M. Jam
prius ex Th. dedi. Ponit Vincent. Habent F₁ (P₁P₂) — κανόνων PV (P₁ marg. P₃P₄P₅P₆P₇)
Baldus. Th. marg. — τοίς κανόσι (P₃). || ³⁴ δακτύλου Α και γ'] sic Wescher. — Prior δακτύλου άγ'
conjeceram, — δακτύλου άγ' scripsit Vincent, — δακτύλου ΔΓ ponunt MFV, — δακτύλου ενα και γ'
habet F, — δακτύλων άγ' habet F₁ — δακτύλων άγ (P₂P₃) — δακτύλων αγ Baldus, — δακτύλων άγ'
Th. || ³⁵ συμφυσίς] συμφυσίς F. || ³⁶ κυρτή επιφανεία τῶν κυλίνδρων] Post κύρτη cetera desunt in F
usque ad initium Γεγονέντω δὲ sequentis argumenti. — κυρτή φωνεία V₂ marg. — κυρτή επιφωνεία
τῶν βυλίνδρων (P₄P₅). || ³⁷ τοὺς MM MM MM MM] sic Wescher, signo M ex figura cod. M resti-
tuo. Signum octavum quasi M prior addendum conjeceram. Addit et Vincent, — τοὺς M M M M M M M M
habet MPV, — τοὺς omittit F₁ habetque μμμμμμ, — τοὺς μμμμμμ cet. codd. et Th. — μμ εἰ μμμ
Baldus. || ³⁸ ,ΒΓ, Δ, Ζ, Η] sic Wescher quasi ex cod. M figura. Prior dedit Vincent. — ΒΔ και habet
M, — ,Β, Δ, Ζ, Η habent PV — βγ και η habet F₁ — β, δ, ζ, η (P₁P₂) — β, δ, ζ, η (P₂) — β δ π η (P₃) —

première édition, j'avais disposé ces chapes en
clochettes suspendues à des pitons; trompé en
cela par la figure (p. 118) de Thévenot, tirée
d'un manuscrit où les prétendus crochets de
suspension sont tout simplement le signe ζ ou c
(sigma lunaire) servant de renvoi au texte. Mon
interprétation actuelle est rigoureusement con-
forme au sens naturel du grec. Je recommande
au lecteur l'examen des figures 31, 32 et 33,

et la démonstration que j'en donne plus loin
(n^{os} 321 à 331). Aux yeux de M. Vincent, les
κύλινδροι χαλκοί κούφοι sont des pièces ana-
logues aux barilletts du système névrotone. Le
détail D (fig. 23 ci-dessus) donne le croquis
des chapes, d'après le manuscrit de Paris 2438,
qui se rapproche le plus de la forme restituée
dans le présent travail.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Αδ³⁹, πλάτος δὲ ἐχέτωσαν
δακτύλου δίμοιρον⁴⁰, πᾶχος
δὲ τὸ ἴσον τῶν κανονίων.

ἦ. Οἱ δὲ Β, Γ, Δ, Ε, Σ, Ζ,
Η, Θ⁴¹ κύλινδροι⁴² ἐντομάς
ἐχέτωσαν κατὰ διάμετρον
τὰς ςς [ςς]⁴³, εἰς ἄς⁴⁴ κανό-
νια ἐμβεβλήσθω ἀρμολὰ κα-
τὰ πρόταρον, τὰ ΜΜ ΜΜ⁴⁵,
μῆκος ἔχον⁴⁶ ἐκάτερον⁴⁷ δακ-
τύλους Ἰ⁴⁸, πλάτος δὲ δακτύ-
λου δίμοιρον⁴⁹. [Σχῆμα ΚΔ.]

parte; latitudinem autem [col-
laria] habeant bessis digiti,
eam autem quæ laminarum
crassitudinem.

8. *Cylindri autem b'g',*
d'e', j'z', h'c', *habeant inci-*
suras j. j. [j, j.] *secundum*
diametrum, quibus aptentur
per tempora laminæ m̄, m̄,
m̄, m̄, *eminentes singulæ ad*
digitos x, habentes autem lati-
tudinem bessis digiti. [Figura
24.]

d', j', h' [des chapes]; ces
crapaudines, dont la largeur
est de deux tiers de doigt^h,
doivent avoir même épais-
seur que les rubans ci-des-
sus.

8. Les chapes b'g', d'e',
j'z', h'c', présentent, suivant
un plan diamétral, des fentes
j, j, [j, j], recevantⁱ de pro-
fil des lames m̄, m̄, m̄, m̄,
ayant 10 doigts de longueur.
avec une largeur de deux
tiers de doigt^j. [Figure 24.]

βδς ἦ (P₄ P₅) Baldus, — βδςη — (P₅) βδςη (P, P₅) — β, δ, ς, η ex Th. dederam. || ³⁹ Α δ' Α και δ' vel Αδ' plerique codd. — αδ' ex Th. dederam, — α και δ' Vincent, — Α και δ' Wescher, — Αςδ' habent P₄ P₅ P₇ P₉. Ponit Baldus. || ⁴⁰ δακτύλου δίμοιρον] sic Wescher quasi ex MPV. Prior dedit Vincent, — δακτύλου δίμοιρον (P₂ P₃ P₄ P₅ P₇ P₈ P₉) δακτυλον δίμοιρον F₁ (P₁). Ex Th. dederam. || ⁴¹ Οἱ δὲ Β, Γ, Δ, Ε, Σ, Ζ, Η, Θ] sic W. quasi ex M. Prior Vincent. — Ipse οἱ δὲ αβ, γδ, ςζ, ηθ coniec-
ceram prius, — οἱ δὲ β, γ, δ, ς, ζ, η, ο ponit Th. — οἱ δὲ β, γ, δ, ε, ζ, η, ο habet F₁ — οἱ ΔΒΓΔ ΕΖΗΘ habent PV, — οἱ δ, β, γ, δ, ε, ζ, η, ο (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇) — οἱ δβγδεο (P₅ P₆) — α δβγδεο Baldus. || ⁴² κύλινδροι] sic W. quasi ex M. Prior Vincent. Habet F₁. Omittunt PV (P₁ P₂ . . . P₈ P₉) Baldus et Th. Ipse quoque omiseram. || ⁴³ ςς [ςς]] sic conieci restituendum — ςςςς coniecit W. ex codd. M, figura. || Prior iv signa ς, ς, ς, ς, dedit Vincent — ςς ponunt tantummodo cet. codd. et edit. || ⁴⁴ ἄς] omitt. MF₁. || ⁴⁵ τὰ ΜΜΜΜ] sic W. Habet F₁ — τὰ omittit M — τὰ Μ, Μ, Μ, Μ prior Vincent — ΜΜΜ habent PV — μμμμ (P₁ P₂ P₃ P₄) Th. — μμμς (P₄ P₅ P₆ P₉) Baldus, — μμμξ (P₇) — μμ, μμ prius coniec-
ceram. || ⁴⁶ ἔχον] sic W. quasi ex conjectura. Ponunt Bald. Th. et Vincent. Ipse dederam, — ἔχων M. || ⁴⁷ ἐκάτερον] ἐκατέρου Bald. marg. || ⁴⁸ δακτύλους Ἰ] δακτύλους Γ aut γ codd. ex confusione uncialium I et Γ. || ⁴⁹ δακτύλου δίμοιρον] sic W. quasi ex M. Ex Th. dedi prius. Ponit Vincent, Habent F₁ (P₁ P₅ P₈ P₉) — δακτύλου, δίμοιρον PV (P₂ P₃ P₄ P₆ P₇) δακτύλους δίμοιρον Baldus.

^h Ces colliers, faisant corps avec les chapes du côté bombé de ces dernières, περικειμένους τῇ κυρτῇ ἐπιφανείᾳ τῶν κυλινδρῶν, sont les *crapaudines* mêmes des pivots. Ceux-ci sont de simples *tourillons* transversaux ajustés sur les *battants*. On doit admettre que les *crapaudines*, formant le prolongement des *chapes*, sont du même morceau que celles-ci. Cette interprétation peut se concilier avec *συμφυεῖς*, qui indique d'ordinaire l'assemblage de deux pièces distinctes, mais fixées l'une à l'autre d'une manière rigide.

ⁱ Ces fentes diamétrales sont clairement indiquées fig. 24. Les *étriers* qui s'y ajustent s'engagent, par les extrémités opposées, dans les *brides rectangulaires* (πυλάρια) des rubans montants. L'auteur n'indique pas l'épaisseur de ces *étriers*; elle doit cependant se prêter au jeu de flexion des ressorts. M. Vincent assigne aux *étriers* le rôle de *clavettes* ou *freins* du système *névrotone*.

^j Il faut remarquer l'uniformité d'épaisseur assignée par Héron aux rubans, colliers ovales.

[Δ. ΚΑΜΑΡΙΟΙ ΚΑΙ ΚΑΙΜΑΚΙΟΙ ΚΑΤΑ
ΣΚΕΪΗ.][IV. PORTIGUS ET SCALE CON-
STRUCTIO.][§ IV. STRUCTURE DU PORTIQUE
ET DE L'ÉCHELETTE.]

ἄ. Γεγονέτω δὲ καὶ¹ τὸ
καλούμενον Καμάριον², τῷ
σχήματι ὅσον ὑπογέγραπται
τὸ ΑΒΓΔΕΖΗ³, ἔχον τὴν μὲν
ΓΕ⁴ πωδὸς ἐνὸς καὶ δακτύ-

1. *Fiat quoque id quod*
Kamáριον seu Porticus voca-
tur, ea quæ infra ABGDEZH
figura delineatur, cujus GE
longitudo pedis sit unius et di-

1. Soit encore^a la partie
nommée *Arcade*^b, représen-
tée en *ABGDEZH* sur la
fig. [26, p. 138]. De *G* en *E*,
elle mesure un pied 7 doigts

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

B. 65. Th. 118.
Pr. 24. Vt. 58.
W. 130.

¹ Γεγονέτω δὲ καὶ] sic W. ex F. — γέγονεν δὲ M. — γεγονέτω καὶ PV (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) Baldus. Ego ipse prius. Vincent. — δὲ καὶ omittunt F₁ (P₈) Th. || ² καμάριον] μακρίον M. || ³ τὸ ΑΒΓΔΕΖΗ] sic Wescher quasi ex M. Prior Vincent. — τὸ. αβ. γδ εζη habet F. — τὸ αβγδεζη habet F₁ — τὸ α Baldus. Ex Th. prius dederam. || ⁴ ἔχον τὴν μὲν ΓΕ] sic W. quasi ex MF. Prior Vincent Habet F₁. — ἔχοντι τοῦδ' IE ponunt P (P₁ marg.) — ἔχοντι τὴν IE habet V. — ἔχοντι τὴν μὲν ie (P₁ P₂ . . . P₈ P₉) Baldus. — ἔχοντι τὰς μὲν ie Th. — ἔχοντι τὰς μὲν ee

brides, chapes et crapaudines. Elle doit s'étendre aux étriers des pivots. Elle avait pour principe de permettre de découper les bandes formant les rubans, ovales, brides et étriers, dans une même plaque de métal. L'industrie antique fournissait sans doute l'acier sous forme de planches minces ou tôles, de dimensions limitées et d'épaisseurs graduées. Toutes les pièces flexibles ont ici $\frac{1}{2}$ de doigt, dimension qui révèle suffisamment une épaisseur du commerce.

^a Γεγονέτω δὲ καὶ τὸ . . . κ.τ.λ — La liaison δὲ καὶ montre l'intimité existant entre les § III et IV. Thévenot et M. Vincent omettent δὲ. Baldi omet καὶ. Les mots δὲ καὶ se trouvent également au début des § III et V. Ces liaisons, avec les renvois continuels du § II au § I, m'avaient fixé, dès l'origine, sur l'unité du système de la Chirobaliste (voy. ma 1^{re} édit. p. 29).

^b *Arcade*, Καμάριον, littéralement : petite voûte. On a vu, dans l'Introduction historique, les efforts tentés par Baldi et sanctionnés par l'école à sa suite, pour rattacher le καμάριον, machine supposée spéciale, aux Καμαρίν' d'Héron, dont parle Eutocius. La voûte sert ici, non-seulement à orner la cage où se trouve installé l'organe balistique de l'arme, mais encore

à faciliter la pose du trait sur le tiroir, en offrant à l'archer un débouché suffisant pour passer la main. L'ouverture de la voûte est, en effet, de 5 doigts. (Cf. ma Lettre à M. Vincent, 1863, p. 40, note 1.) D'un autre côté, l'invention de la Chirobaliste eut pour objet, ainsi qu'on l'a vu dans la première partie du présent travail, de créer une arme portative s'éloignant le moins possible des formes officielles de l'artillerie contemporaine. Telle fut l'idée mère de l'adoption des ressorts. L'arcade, montée sur de légères colonnettes et réduite à une sorte de toit, avec une petite voûte centrale, favorisa la réduction du poids de la cage. Il en fut de même de l'échelette, formée de deux longerons, flanqués d'arcboutants qui rappellent les tables du bâti de l'enthytone, découpées en arc de cercle à la partie postérieure. (Voy. plus haut, fig. 11, p. 74.) Du reste, dans le système des ressorts, toutes les réactions sont horizontales, tandis que les faisceaux névrotones comprimaient violemment, dans le sens vertical, les écussons et les pieds-droits. Ces pièces exigeaient donc une épaisseur énorme; celle des écussons atteignait un module. A tous les points de vue, les ressorts fournirent la solution d'une arme à la fois puissante, solide, portative.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 25. Échelette et Portique d'après le manuscrit de Mynas.

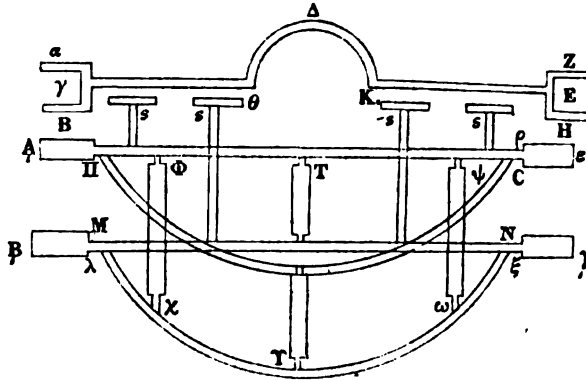
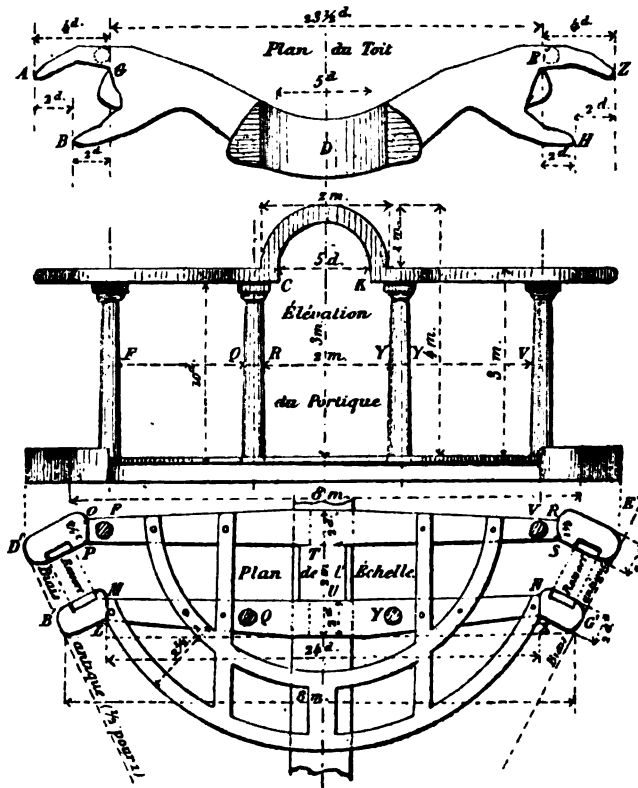


Fig. 26. Restitution du Portique ou Cage.



λων \overline{ZC}^5 , τὸ δὲ διάστημα τοῦ
Καμαρίου⁶ τὸ ΘΚ⁷ δακτύλων
Ε.

$\overline{\beta}$. Τὸ δὲ μήκος ἐκατέρας⁸
τῶν ΑΖ⁹ δακτύλων Δ, ἐκα-
τέρας¹⁰ δὲ τῶν ΒΗ¹¹ δακτύ-
λων Β¹². τὸ δὲ μεταξύ διά-

gitorum VII cum dimidio; in-
tervallum autem CK porticus
sit digitorum quinque.

2. Longitudo autem utrius-
que A et Z sit digitorum IV,
utriusque vero B et H digito-
rum II. Intervallum autem

et demi de longueur^c. L'ou-
verture de la voûte CK est
de 5 doigts^d.

2. Chacune des branches
A et Z est en saillie de 4
doigts, et chacune des bran-
ches B et H de 2 doigts^e.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

prius conjeceram. || ⁵ \overline{ZC}] sic Wescher, — ζς Baldus, — ζ'ε' ex Th. dederam, — \overline{ZC} scripsit Vincent.

⁶ τοῦ καμαρίου] κηρίου (P₃P₄) — καμαρίου (P₄ marg.) — τοῦ καμαρίου κηλ. usque ad διάστημα τῶν
AB desunt in F. || ⁷ ΘΚ] sic Wesch. quasi ex M. Prior Vincent. Habet F₁, — OK habent PV, ex
confusione uncialium O et Θ, — $\overline{\alpha\kappa}$ ceteri codd. — $\alpha\kappa$ Baldus. Ex Th. dederam. || ⁸ ἐκατέρας]

sic Wescher quasi ex M. Prior Baldus. Ponit Vincent. Habet F₁, — ἐκατέρου PV (P₁P₆). Ex Th.
dederam. || ⁹ ΑΖ] sic Wescher quasi ex M, — A, Z prior Vincent, — $\overline{\alpha\zeta}$ habet F₁, — ΑΞ habent
PV unde $\overline{\alpha\zeta}$ cet. codd. — $\alpha\zeta$ Th. — $\alpha\beta$ Baldus. Ipse ego prius. || ¹⁰ ἐκατέρας] sic Wescher quasi ex

M. Ponit Vincent. Dederat Baldus. Habet F₁, — ἐκατέρου PV (P₁P₆). Ex Th. dederam prius. ||

¹¹ ΒΗ] sic W. Prior Vincent, — βη codd. excepto τβη (P₄) — βη Baldus et Th. — ζη ego prius. ||

¹² δακτύλων Β] δύο habent (P₁P₄P₆P₉) Baldus. Ex Th. dederam.

^c C'est la distance, de fond à fond, des ou-
vertures des deux mains. Dans la *Synthèse de la*
Chirobaliste, je démontrerai (n^o 358 et suiv.)
l'existence de ces deux mains, dont le groupe
symbolique a servi à fixer le nom de l'arme. Ma
première édition montrait le toit terminé par
des fourchettes droites, à branches égales, entre
lesquelles se logaient les καμδέσρια. La dis-
cussion approfondie de ce détail nous conduira
bientôt à la réintégration des mains ci-dessus.
M. Vincent adopte les fourchettes primitives.

^d L'ouverture (5 doigts = 95^{mm}) indique suf-
fisamment un plein cintre. Les figures de tous
les manuscrits confirment cette interprétation;
je l'ai adoptée dès l'origine. M. Vincent (*Chirob.*
pl. III, fig. 8) forme la voûte d'une doucine à
double courbure, dont il est impossible de
fixer les naissances. Où prend-il les 5 doigts du
texte?

^e Dans ma première édition, les quatre bran-
ches ci-dessus sont égales, mais les fourchettes
sont assujetties au biais extrême de l'échelette.
L'insuffisance des lettres de renvoi de la figure
(p. 119) de Thévenot avait d'ailleurs laissé in-
décis pour moi le sens du biais. Dans les divers
manuscrits, l'obliquité extrême de l'échelette

semble converger vers la pointe du tiroir, et
j'avais adopté cette indication, à laquelle
M. Vincent s'est également conformé. Mais il ne
peut rester aucun doute sur la convergence du
biais vers la crosse de la machine. Voici pourquoi :

1^o Les branches A et Z de la fourchette
sont situées, d'après les figures des meil-
leurs manuscrits, sur l'avant du toit, et les
branches B et H sur l'arrière. Or A et Z sont
en saillie de 4 doigts, et B et H de 2 doigts
par rapport aux fonds G et E des fourchettes.
Le biais du toit converge donc vers l'arrière.

2^o De même, le longeron d'avant de l'éche-
lette, noté OPRS sur les figurés des manus-
crits, a 26 doigts de long, et le longeron d'ar-
rière LMNX a seulement 24 doigts. Dans
l'échelette, comme dans le toit, le biais converge
donc vers l'arrière de l'arme.

3^o Cette orientation du biais est d'ailleurs con-
forme à celle des ailes du Palintone, ainsi que
je l'ai démontré le premier dans la *Bélopée*.

Quant à sa grandeur dans la *Chirobaliste*,
elle résultera de la *synthèse* de la machine. Dès
à présent, je puis annoncer que ce biais mesure
 $\frac{1}{2}$ de base pour 1 de hauteur, absolument comme
dans les Palintones (Th. 132, KR. 218,

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

σημα τῶν AB καὶ [τῶν] ZH¹³
ὡς δακτύλων¹⁴ ΓC¹⁵. πᾶχος
δὲ ἐχέτω ἴσον τῶν προειρη-
μένων¹⁶ κανονίων¹⁷.

W. 131. γ. Τὸ δὲ καλούμενον Κλι-
μάκιον¹⁸ ἔστω τὸ¹⁹ ΑΜΝΞ

quod patet inter A et B item
que inter Z et H sit quasi di-
gitorum III cum dimidio.
Crassitudo vero [cujusque A,
B, Z, H] sit eadem quæ in
supradictis regulis.

3. Fiat quoque LMNX,
OPRS, quod Κλιμάκιον seu

Les intervalles AB et ZH
sont d'environ 3 doigts et
demi^f. L'épaisseur des quatre
branches [A, B, Z, H] doit
être égale à celle des pièces
dont on vient de parler^g.

3. Soit, en outre, la par-
tie nommée Échelette, telle

¹³ (τῶν AB καὶ ZH)] sic Wescher ex MFPV, — τῶν αβ καὶ ζη habent F₁ (P₂ P₃ P₅ P₆) Baldus. Ex Th. dederam, — τοῦ αβ καὶ ζη (P₁ P₄ P₇ P₈ P₉) — τῶν AB καὶ [τῶν] ZH Vincent. || ¹⁴ (ὡς δακτύλων)] sic Wescher quasi ex MPV. Ponit Baldus. Ex Tb. dederam. Ponit Vincent, — ὡ δακτύλων (P₂ P₄) — τῶν δακτύλων (P₉). || ¹⁵ ΓC] sic Wescher quasi ex MPV, — γϵ^g F₁ (P₁ P₆) — γϵ cet. codd. — γ'ϵ^g ex Th. dederam, — γ< scripsit Vincent, — α Baldus. || ¹⁶ (προειρημένων)] προειρημένων ex errore typographico prius dederam. || ¹⁷ (κανονίων)] omittunt (P₅ P₉) Baldus. || ¹⁸ Κλιμάκιον] sic Wescher quasi correctum ex M, ubi καμακίον ex confusione uncialium Α et Α in ΚΑ.ΜΑΚΙΟΝ irrepsit. At prius ipse ex Th. κλιμάκιον dedi. Ponit Vincent, — κλιμακίον V, — κλιμακίον P sec manu correctum, — καμάριον F₁, — κλιμακίον (P₂ P₄ P₆ P₇ P₉) Baldus, — κλιμακί (P₅). || ¹⁹ τὸ] omittunt

W. 94). C'est ce double principe, découvert par moi dans la *Chirobaliste*, qui m'a fait reconstruire exactement, pour la première fois, l'épure des écussons de la *Bélopée*, et retrouver dans le texte même de ce traité la preuve du battement extérieur des palintones. En outre, l'épure du biais de la *Chirobaliste* m'a permis de fixer la position exacte de la cage des engins névrotones, par rapport au corps de ces machines. J'en ai conclu, enfin, que le système de l'artillerie des anciens reposait sur des principes certains et invariables, dont la précision n'avait pas encore été même soupçonnée. (V. plus haut, fig. 9, p. 69.)

^f Comme de 3 $\frac{1}{2}$ doigts, ὡς δακτύλων ΓC. Voilà une sorte d'approximation dont il faut rendre compte. Les mains tenaient serrés, entre le pouce et l'index, les cadres des καμῆσθρια composés, comme on l'a vu plus haut (§ III, 2, note^d) de 2 lames verticales espacées de 3 $\frac{1}{2}$ doigts = 1 module, et de $\frac{1}{12}$ doigt d'épaisseur chacune. La largeur extérieure des cadres était ainsi de 3 $\frac{1}{2}$ + $\frac{1}{6}$ = 3 $\frac{2}{3}$ doigts. Ces cadres étaient donc comprimés, mais de leur épaisseur seulement, entre les branches ou doigts des mains découpées dans le toit. Cette compression initiale donnait plus de vigueur à la détente. Les

échancrures du toit rappellent d'ailleurs les lacernes névrotones, dont le diamètre excédait 1 module, afin de tenir compte de l'épaisseur des barillets. J'ai déjà signalé (§ III, 4, note^e) l'analogie de la largeur des cadres à ressorts avec le diamètre des faisceaux névrotones. Ces considérations m'ont suggéré l'idée de prendre 3 $\frac{1}{2}$ doigts pour le module de la *Chirobaliste*, quantité dont les multiples se retrouvent, en effet, dans toute l'épure de l'arme. M. Vincent (*Chirob.* p. 42 et 43) évalue, dans une note spéciale, le module à 2 doigts, à cause des 2 doigts de largeur (εἶπος) des ovales, qu'il prend pour des rondelles, percées d'un trou central de 2 doigts de diamètre, servant de siège à des barillets névrotones.

^g Τῶν προειρημένων κανονίων. — Les pièces en question sont la voûte et la plate-bande du toit. Il est naturel que les branches extrêmes de celui-ci aient une épaisseur égale à la sienne. J'avais supposé jadis, et M. Vincent a maintenant cette opinion, qu'il s'agit ici de lames des καμῆσθρια; mais n'oublions pas que toute l'arcade est en bois, ce qui rend ce rapprochement impossible.

ΟΠΡΣ²⁰, ἐκ δύο κανόνων²¹ τῷ σχήματι²² οἶον²³ ὑπογράφαι, μήκος ἔχων ὁ μὲν ΟΠΡΣ²⁴ κανὼν²⁵ ποδὸς ἐνὸς²⁶ καὶ δακτύλων ἰ²⁷, ὁ δὲ ΑΜΝΞ ποδὸς ἐνὸς²⁸ καὶ δακτύλων ἡ²⁹, πλάτος δὲ πρὸς τοῖς ΓΤ³⁰ μέρεσι³¹ δακτύλους β³², πρὸς δὲ τοῖς [ΑΜΝΞ] ΟΠ ΡΣ³³ δάκτυλον³⁴ ἓνα τέταρτον³⁵. πᾶχος δὲ³⁶ ἐκάστου

Scala vocatur, ex duabus regulis compaginatum, ea quæ infra figura delineatur; quarum altera OPRS habeat longitudinem pedis et digitorum x, altera vero LMNX pedis et digitorum viii. Utriusque autem latitudo juxta T, U, sit digitorum ii, juxta vero [LM, NX] OP, RS, digiti unius et partis quartæ; crassitudo au-

que LMNX, OPRS, consistant en deux longerons, fig. [26, p. 138], dont l'un OPRS mesure 1 pied et 10 doigts, et l'autre LMNX un pied et 8 doigts de longueur^b. Leur largeur, en T et U, est de 2 doigts; en [LM, NX], OP, RS, elle est d'un doigt et quart^c. Quant aux sabots LB', NG', OD', RE', ils

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

B. 66.

Baldus et Th. Ipse ego prius. || ²⁰ (ΑΜΝΞ ΟΠΡΣ) sic Wescher. Prior Vincent. — λμξοπρς Th. — λμξ, οπρς ego prius. — λμξοπρς habet F₁ — λμξοπρς (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆) — λμξοπργ (P₄ P₅) Baldus. — λμξ (P₅) qui sequentia οπρς κτλ. usque ad ποδὸς ἐνὸς omittit ex repetitione signi λμξ. || ²¹ κανόνων] sic Wescher quasi ex MF. Prior Vincent. Habet F₁ — κανονίων PV (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉) Baldus. Ex Th. dederam. || ²² (τῷ σχήματι) σχήματι (P₆) Baldus. || ²³ (οἶον)] sic Wescher. Dederant Bald. Th. et Vincent — οἶον omittit (P₄) Habent cet. codd. min. — οἶα ego prius. ²⁴ (ΟΠΡΣ)] οπρς (P) — ὁ πρς (F₁). || ²⁵ (κανὼν)] κανὼν π̄ε̄κ̄ (P₁) — κανὼν πεκ (P₆) Th. — κανὼν Baldus et ego prius. || ²⁶ ποδὸς ἐνὸς] sic Wescher quasi ex F. Prius ex Th. dedi. Ponit Vincent. Habet (P₁) — ποδὸς Α habent MPV — ποδὸς ā habent F₁ (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉) — ποδὸς α Baldus. || ²⁷ ἰ] sic Wescher ex MFPV — ἰ habent F₁ (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉) — ι Baldus — δέκα (P₁) Ex Th. dederam. Ponit Vincent. || ²⁸ ἐνὸς] sic W. quasi ex F. Habent (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉) Baldus — ā habent MPV — ā habent F₁ (P₁ P₆) Vincent — α' ex Th. dederam. || ²⁹ (H)] sic W. Habent MP — η' ex Th. dederam, — η Baldus, — η̄ (P₁ P₂ P₃ . . . P₈ P₉) Vincent. || ³⁰ ΓΤ] sic W. quasi ex M, — T, Γ, prior Vincent, — ΓΤ habet F, — ΣΥΤ habent PV, — υτ habet F₁, — σ̄υτ̄ (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈ P₉), — σ̄υτ̄ (P₃), — οντ Baldus, — οντ ex Th. dederam. || ³¹ (μέρεσι)] μέρεσιν F₁ (P₃ P₅). || ³² δακτύλους β] sic ex (M) scripsi, — δακτύλους δύο Wescher. — δακτύλους β' habet F, — δακτύλους β habet F₁, — δακτύλων β Baldus, — δακτύλων δύο (P₁). Ex Th. dederam. Ponit Vincent. || ³³ [ΑΜΝΞ] ΟΠ ΡΣ] λμξ, οπρς jam prius conjeci. — ΟΠΡΣ quasi ex MFPV ponit Wescher. Prior Vincent, — οπρς habet F₁, — ο̄π̄ρ̄ς̄ (P₁ P₂ . . . P₈ P₉) — οπρς Baldus et Thevenot. || ³⁴ δάκτυλον] sic W. ex MF habet F₁, — δακτύλων cet. codd. et edit. || ³⁵ ἓνα τέταρτον] sic recte Wescher ex F. — ΑΔ habet M, — αδ' habet F₁, — λδ̄ (P) ex confusione uncialium Α et Δ. — ΔΘ habet V, — λδ̄ vel λδ' cet. codd. — λδ Baldus, — λδ' Th. — γ'δ'' prius conjeceram, — γδ'' (?) cum signo dubitativo ponit Vincent. || ³⁶ πᾶχος δὲ] πᾶχος δὲ . . . quasi foret aliqua lacuna, punctis adjectis scripsit

^b Voir la note * ci-dessus.

^c Δάκτυλον ἓνα τέταρτον. — M. Wescher a rétabli cette cote d'après le manuscrit 140 de Vienne. Baldi et Thévenot écrivent λδ, altération de ΑΔ = 1 $\frac{1}{4}$, notation primitive, conservée par le manuscrit de Mynas. Dans ma première édition, j'avais corrigé γ'δ'' = 3 $\frac{1}{4}$, et appliqué cette cote aux losanges figurant les sabots. M. Vincent l'a admise avec le signe (?)

en l'appliquant à la largeur extrême des longerons. Quant à ceux-ci, l'épure de l'échelle montre que la différence entre les largeurs moyennes et extrêmes s'explique par un léger biais donné aux arêtes extérieures des longerons. Leurs arêtes intérieures sont d'ailleurs rigoureusement parallèles, leur écartement est partout de 3 doigts, comme l'indique l'auteur; mais toutes deux sont inclinées de $\frac{1}{4}$ doigt vers l'avant.

IA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.
 Th. 119. Vt. 60.

τῶν³⁷ ΔΒΝΓ ΟΔΡΕ³⁸ τὸρ-
 μων³⁹ ἔστω δακτύλων Β⁴⁰.
 δ. Καὶ διηρησθῶσαν⁴¹ οἱ
 ΑΜΝΕ ΟΠΠΣ⁴² κανόνες εἰς
 τρία ἴσα, τὰ⁴³ ΦΤΨΧΥΩ⁴⁴.
 καὶ⁴⁵ τετρήσθω τὰ μὲν ΤΥ⁴⁶

tem cujusque soleæ LB', NG',
 OD', RE' sit digitorum 11.
 4. Dividuntur etiam regulæ
 LMNX, OPRS, æqualiter in
 tres, ita ut [ex FT = TV, et
 QU = UY] fiat FQ = QY =

ont chacun 2 doigts d'épais-
 seur¹.
 4. Il faut, d'ailleurs, di-
 viser les longerons LMNX,
 OPRS, en trois régions éga-
 les², telles que FQ = QY =

Wescher ex Vincent, qui lacunam istam mendosam explevit hujusmodi: *πάχος δὲ ἐκδόλου* [δακτύλων β, — Μῆκος δὲ ἐκδόλου] τῶν κτλ. || ³⁷ ἐκδόλου τῶν] sic ex Vincent conjectum scripsisse se profert Wescher. Prior ipse conjeci. — *ἐκαστος τῶν* cet. codd. et edit. || ³⁸ ΔΒ ΝΓ ΟΔ ΡΕ] sic quasi ex conjectura Wescher. Prior Vincent, — ΔΒ ΝΓΟ ΔΡΕ habet M, — λβ. γδ. οδ. ρς habet F, — ΔΒΝΓΟΔΡΕ habent PV, — λβΝΓΟΔρε habet F₁ — αβ̄β̄ρ̄οδ̄ς (P₁ P₂ . . . P₅ P₆) — αβυροδρε Baldus, — αβυροδς Th. — λμ, υζ, οκ, ρς prius conjeceram. || ³⁹ τὸρμων] τὸρμων F. || ⁴⁰ Β] δύο (P₁). Ex Th. dederam. Ponit Vincent. || ⁴¹ διηρησθῶσαν] sic Wescher — διηρησθῶσαν cet. codd. et edit. || ⁴² ΑΜΝΕ ΟΠΠΣ] sic Wescher quasi ex F₁ qui λμξ. οπρς dividit. — Primus λμξ, οπρς divisi, — ΑΜΝΕ ΟΠΠΣ Vincent — λμξοπρς cet. codd. Baldus et Th. || ⁴³ (ἴσα τὰ)] sic Wescher quasi ex MFPV. Prior Th. Habent F₁ (P₁ P₂ P₃), — οἷα τὰ prius conjeceram, — ἴσα omittit Vincent, — εἴτα τὰ (P₄ P₅ P₆) — ἴσα· ἴσα τῶ habet (P₅), — ἴτα + τὰ Baldus. || ⁴⁴ ΦΤΨΧΥΩ] sic W. quasi ex M. Primus Φτψχυνω dedit Thevenot, — Φ, τ, ψ, χ, υ, ω divideram, — Φ, Τ, Ψ, Χ, Υ, Ω divisit Vincent, — Φτ. ψχ. υω habent FF₁, — ΦΤΨΧΥΩ habent PV, — Φτψχυνω (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈), — Φτψχυνως (P₄ P₅) — Φτψως (P₅), — Φτψχως Baldus. || ⁴⁵ (καὶ)] omittunt (P₅) Baldus. || ⁴⁶ ΤΥ] sic Wescher quasi ex PV, — τυ Baldus et Th. — τ, υ divideram, — Τ, Υ dividit Vincent, — τοι M videlicet ex iotacismo quo TOI = ΤΥ, — τυ' habet F, — τυ habet F₁, — τ̄υ vel τ̄ν reliqui codd. habent.

¹ Les *sabots* ne sont donnés que par leur épaisseur, *πάχος δακτύλων δύο*, c'est-à-dire par leur dimension *verticale*. MM. Vincent et Wescher en concluent que le texte présente ici une lacune. La discussion du rôle des *sabots* permet d'en retrouver la *forme*, la *position* et les *dimensions précises*. Héron s'abstient de les expliquer, à cause des particularités du dispositif, que la figure seule pouvait rendre intelligibles. La sobriété du texte, loin de décèler une lacune, marque plutôt ici la sagacité de l'auteur qui, dans chaque cas analogue, confie au dessin le soin de reproduire clairement sa pensée. Il est aisé de reconnaître qu'Héron décrit une machine placée sous ses yeux, et dont les *ressorts* et les *battants* se trouvent séparés. L'ordre même de sa description le prouve avec évidence. L'exactitude des cotes indiquées par lui montre, en même temps, le soin avec lequel il les relève. Les approximations dont il semble çà et là se contenter ne sont qu'apparentes, ainsi qu'on l'a vu plus haut (n^{os} 128 à 131). La moindre

nuance est importante dans une restitution de ce genre. L'omission de la longueur des *sabots* conduit à penser qu'elle n'était point uniforme : l'épure donne, en effet, 3 $\frac{1}{4}$ doigts à celui d'*avant*, et 2 $\frac{1}{4}$ doigts seulement à celui d'*arrière*. Leur *largeur* est d'ailleurs égale à leur *épaisseur*; de sorte que *πάχος δακτύλων Β* mesure le *côté* de leur *section carrée*. Chez Héron d'Alexandrie, une dimension transversale *unique*, exprimée par *πάχος* ou par *πλάτος*, indique toujours, soit le *côté* d'un *carré*, soit le *diamètre* d'un *cercle*. Dans ma première édition, je figurais les *sabots* sous forme de *losanges* égaux, de même *base*, *hauteur* et *épaisseur*, orientés sous l'angle du biais. Ils avaient en tous sens 3 $\frac{1}{4}$ doigts. M. Vincent donne aux siens la forme rectangulaire, et place les plus grands à l'*arrière*, sans soupçonner l'importance technique de la grandeur et de la direction du *biais*. — En définitive, les *sabots* sont découpés dans le même bloc de bois que les *longerons* de l'échelette.

κατὰ τὸ μῆκος τρήμασι παραλληλόγραμμοις⁴⁷, τὰ δὲ ΦΧΨΩ⁴⁸ τρήμασι⁴⁹ στρογγύλοις.

ε. Καὶ γεγενῆσθω διαπήγιον⁵⁰ τὸ ΤΥ⁵¹, ἔχον τὸ μὲν⁵² μῆκος χωρίς τῶν τόρμων⁵³ δακτύλους Γ⁵⁴, τὸ δὲ πλάτος δακτύλους δύο ἡμισυ⁵⁵.

ζ Ἐσίωσαν⁵⁶ δὲ καὶ σιυλάρια τὰ ΦΧΨΩ, ἔχοντα⁵⁷ τὸ μῆκος, χωρίς τῶν τόρμων, δακτύλους Γ⁵⁸, τὸ δὲ πλάτος δάκτυλον ἓνα⁵⁹.

YV. *Fiat quoque juxta TU ad longitudinem incisio quadrangula; juxta autem F, Q, V, Y, foramen rotundum.*

5. *Fiat quoque lignum transversum TU, cujus longitudo, præter cardines, fiat digitorum III, latitudo autem digitorum II cum dimidio.*

6. *Sint præterea columellæ F, Q, V, Y, quarum longitudo, præter cardines, fiat digitorum X, latitudo autem unius digiti.*

YV. Puis, en T et U, le long des mêmes pièces, on doit pratiquer des mortaises rectangulaires; enfin, en F, Q, V, Y, doivent être forés des trous ronds.

5. Soit aussi une traverse TU, d'une longueur de 3 doigts, sans compter les tenons, et d'une largeur de 2 doigts et demi.

6. Soient enfin des colonnettes F, Q, Y, V, longues de 10 doigts¹, sans compter les tenons, et larges d'un doigt.

LA
CHIROBÁLISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

⁴⁷ (παραλληλογράμμοις)] παραλληλογράμμος P, — παραλλήλοις γράμμασι (P₁ P₉). || ⁴⁸ ΦΧΨΩ] sic W. quasi ex MFPV, — Φχψω vel Φχ. ψω vel Φχψω ceteri codd. — Φχψω Baldus et Th. — Φ, χ, ψ, ω diviseram, — Φ, Χ, Ψ, Ω divisit et Vincent. || ⁴⁹ (τρήμασι)] τρήμασι κτλ. usque ad ΦΧΨΩ ex repetitione signi ΦΧΨΩ desunt in Baldo. || ⁵⁰ (διαπήγιον)] διαπήγιον (P₁), — διαπήγιον (P₁), — διαπήγιον (P₁). || ⁵¹ ΤΥ] ΤΥ habet F. || ⁵² (ἔχον τὸ μὲν)] ἔχοντα μὲν (P₁ P₈ P₉), — ἔχον τὰ μὲν (P₁ P₈). || ⁵³ τῶν τόρμων] τῶν τορμών habet F, — τῶν omittit (P₈). || ⁵⁴ (Γ)] sic codd. excepto τρεῖς (P₈), — τρεῖς Th. — γ Baldus, — γ' scripseram, — γ Vincent. || ⁵⁵ δακτύλους δύο ἡμισυ] sic Wescher ex PV. Habent (P₃ P₄ P₅ P₇), — δακτύλους BC habet M, — δακτύλους βς' habent F₁ (P₁ P₈ P₉), — δακτύλους βζ Vincent, — δακτύλων βς' habet P₁, — δακτύλων δύο ἡμισυ (P₁), — δακτύλων βς' ex Th. dederam. || ⁵⁶ Ἐσίωσαν] κτλ. usque ad δακτύλους BC, quasi ex repetitione signi BC, desunt in F. || ⁵⁷ ἔχοντα] ἔχον MF₁. || ⁵⁸ Γ] sic ex συμμετρίᾳ organi correxi. Quin et philologica ex confusione uncialium Γ et I conjici potest, — Γ ponit Wescher. Habent codd. plethique, — τρεῖς (P₁) Th. — τρισκαίδεκα prius conjeceram, — γ ponit Vincent. || ⁵⁹ ἓνα] BC Wescher quasi ex MPV, — βς' ex Th. dederam, — βζ scripsit Vincent, — δύο ἡμισυ habet (P₁) Ponit Baldus, — βς' vel βς vel δύος' reliqui codd.

¹ *Eis tria loca.* C'est-à-dire que les colonnettes doivent, par leur équidistance en élévation, diviser l'arcade en 3 compartiments égaux. Dans les meilleurs manuscrits, les lettres Φ, Τ, Ψ, Χ, Ω, sont placées près des traverses des arcs-boutants de l'échelette. C'est évidemment une erreur. J'observe que la traverse centrale de l'échelette est déjà notée TU. Pour être exacte, la notation Φ, Τ, Ψ, Χ, Ω, doit donc se réduire à Φ, Ψ, Χ, Ω, et correspondre aux pieds des quatre colonnettes. Elle est d'ailleurs ainsi ra-

menée à l'ordre alphabétique, et mise d'accord avec le texte. M. Vincent supprime *locas* et traduit *eis tria* par 3 points de division. Or mon interprétation ci-dessus conduit à compter 7 doigts = 2 modules entre les colonnettes; et, comme la cage, de l'échelette au toit, mesure 3 modules, chaque compartiment en élévation mesure 2 de base sur 3 de hauteur, proportion tout à fait harmonique.

¹ Δακτύλους Γ. Tous les manuscrits et éditions donnent δακτύλους Γ = 3 doigts. J'ai corrigé

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ζ. Καὶ καθέσθωσαν⁶⁰ τὰ
Δ στυλάρια⁶¹ καὶ τὸ διαπη-
γιον εἰς τὰς ὀπὰς τῶν κανό-
νων, καὶ καθηλώσθωσαν⁶² οἱ
τόρμοι τοῦ διαπηγίου πρὸς
τοῖς κανόσιν⁶³ ἐπίουρας⁶⁴
ὥστε συνέχεσθαι τοὺς κανό-
νας καὶ⁶⁵ εἶναι αὐτῶν τὸ με-
ταξὺ διάστημα δακτύλων Γ⁶⁶.

η. Ἐτι⁶⁷ δὲ μὴν⁶⁸ καθηλώ-
σθωσαν⁶⁹ τῷ ΔΝ⁷⁰ κανόνι⁷¹
καὶ τῷ ΟΡ⁷² τὰ ζ⁷³, ἐφ' ἐκά-

7. *Defigantur autem istæ
columellæ in lignamque trans-
versum in regularum fora-
mina, clavisque transversarii
cardines, firmitatis gratia, sic
regulis aptentur, ut istæ coag-
mententur mediumque earum
permaneat digitorum III in-
tervallum.*

8. *Item clavis affigantur
regulis LN et OR arcuata
cornua ζ, ad utramque latus*

7. Les 4 colonnettes,
ainsi que la traverse, doivent
être ajustées dans les trous
et mortaises des longerons;
et l'on aura soin de clouer
les tenons de la traverse.
afin d'assurer la rigidité de
l'assemblage^m et de mainte-
nir à 3 doigts l'écartement
entre les longerons.

8. Enfin, sur les longe-
rons LN et OR, à droite et
à gauche de la traverse TU,

⁶⁰ καθέσθωσαν] sic Wescher ex PV. Habent codd. plerique. Ponit Baldus, — κατείσθωσαν ex Th. dederam, — καθίσθωσαν M ex iotacismo, — καθήσθωσαν F (P₆) et Vincent, mendose : quippe non SEDERE, verum IMMITTI verbum hic καθίεναι significat, quod accusativo εἰς τὰς ὀπὰς probatur (cf. Burnouf, *Gramm. grec.* 1866, p. 144-145). || ⁶¹ τὰ Δ στυλάρια] sic Wescher. Habent PV et plerique codd. — τὰ δ στυλάρια ex Th. dederam, — τάτε στυλάρια ponit Wescher. — τὰ δ τε στυλάρια F₁. Ponit Vincent, — τὰ δς λάρια (P₁ P₂), — τὰ δ, ζ τὰ δ Baldus. || ⁶² (καθηλώσθωσαν)] καθηλώσθωσαν (P₁). || ⁶³ (κανόσιν)] κανόσι (P₁ P₂). || ⁶⁴ ἐπίουρας] sic ex Th. dedi prius. Habent PV (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈), — ἐπίουραν (P₁ P₆), — ἐπιουρας Baldus, — ἐπι ούρας Wescher ex Vincent, — ἐπι ουρος MF₁, — ἐπι ὄρος F. || ⁶⁵ καὶ]. Habent MFPV (F₁ P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈). — Omittunt (P₂ P₄ P₅ P₆) Baldus. || ⁶⁶ (Γ)] τρίων (P₈). || ⁶⁷ (Ἐτι)] Ἐτι Th. || ⁶⁸ δὲ μὴν] sic Wescher ex MFTV, — γε μὴν (P₂) Bald. Th. et Vincent, — γε μὴν dederam prius. || ⁶⁹ (καθηλώσθωσαν)] καθηλώσθων· καὶ τῷ (P₂), — καθηλούσθωσαν (P₂). || ⁷⁰ τῷ ΔΝ] sic Wescher quasi ex F. Prior Vincent. Habet F₁, — τῷ ΔΝΝ habet M, sed litteram M delendam notavit prima manus, — τὸ ΔΜ habent PV, unde τῷ λμ codd. min. ceteri Bald. et Th. — τῷ λμνξ prius conieceram. || ⁷¹ (κανόνι)] κανόνιου (P₂). || ⁷² τῷ ΟΡ] sic W. Prior Vincent. Habent FPFV₁, — τὸ ΟΡ habet M, — τῷ ὀρ (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇) Baldus. Th. — τῷ ῥρ (P₁ P₆), — τὸ ὀρ (P₁ P₂), — τῷ οπρ prius conieceram. || ⁷³ (τὰ ζ)] sic mihi τὰ ζς, plerisque codd. data, conjicienda videntur; quippe quæ non litteræ ostensivæ, verum formæ binorum arcuum in omnium codd. et edit. figuris

par conjecture graphique : la confusion de Γ̄ avec Γ̄ est d'ailleurs continuelle dans les manuscrits. On trouvera dans la *synthèse* (n^o 352-358) la démonstration de δακτύλους Γ̄. M. Vincent prend les colonnettes pour des barreaux transversaux de l'échelette; et, comme à la traverse centrale, il leur donne 3 doigts de longueur, sans compter les tenons, χάρις τῶν τόρμων. L'analogie des 3 doigts, en même temps que la mauvaise distribution des lettres de renvoi sur la figure, explique cette grave erreur du savant académicien. Les colonnettes, στυλάρια, sont figurées nettement dans tous les manus-

crits. Quant à leur largeur de 1 doigt, elle s'entend de leur diamètre, et je la déduis de la correction de δακτύλους ΒC, transformé en δακτύλον ένα. Les trous ronds par lesquels elles s'adaptent à l'échelette prouvent qu'elles sont cylindriques.

^m Πρὸς τοῖς κανόσιν ἐπίουρας. Mot à mot : pour maintien d'écartement aux longerons. Dans Homère (*Il. K.* 35) :

Ἄλλ' ὅτε δὴ ῥ' ἀπέην ὄσσον τ' ἐπίουρα πέλονται Ἡμίονων...

Le mot ἐπίουρα semble indiquer l'intervalle mé-

τερα τοῦ ΤΥ⁷⁴ διαπήγματος, transversarii TU, quorum lon- il faut clouer des côtes ar-
μήκος⁷⁵ έχοντα δακτύλων gitudo sit digitorum XIII, quées, telles que ≡², ayant
ΠΓ⁷⁶, πλάτος δὲ δάκτυλον latitudo digiti 1, crassitudo 13 doigts de long^o, un doigt
ένα⁷⁷, πάχος δὲ σύμμετρον⁷⁸. autem appropriata. Spatium de large et une épaisseur
καὶ τετρήσθωσαν κατὰ τὸ autem inter ista vacuum pa- proportionnée. L'entre-côte
μέσον, ἀπεχέτωσαν δὲ ἀπ' teat, ad intervallum digitorum doit être évidé^p, sur une

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

exstantium. Litteram quidem ε seu C uncialem quater summis columellis appositam, quasi ex M cod. figura comprobatur Wescher; sed minime τὰ εε columellis, paucis superius lineis descriptis, congruunt. Ex Καμαρίων figura, litteras ΦΧΨω radicibus στυλαρίων applicandas, litteras vero εεεε ex apice columnellarum ad arcus κλιμακίου transferendas censeo. — τὰ omittit (P₃) ubi ΕΕ legitur. Signum ΕΕ arcuatis formis designandis optime congruit. || ⁷⁴ τοῦ ΤΥ] sic W. quasi ex MPV. Prior Vincent, — τὸν ΓΤ habet F, — τοῦ τῷ codd. min. — τοῦ τυ Baldus. Ex Th. dederam. || ⁷⁵ μήκος] μήκος V₂. || ⁷⁶ δακτύλων ΠΓ] sic ex συμμετρίᾳ organi restitui. Philologice ex confusione uncialium I et Γ (pro ΠΓ) conjici rectissime potest. — δακτύλων Γ ex F ponit Wescher, — δάκτυλον Α habet M, — δακτύλων πλάτος δὲ omittit. PV, — δάκτυλον α F₁ et cet. codd. min. Bald. et Th. — δακτύλων Ιδ^o prius conjeceram ex confusione uncialium Α et Δ (pro ΙΔ), — δάκτυλον α Vincent. || ⁷⁷ ένα] sic W. ex F. Habet (P₃), — Α habent MPV, — πλάτος δὲ δάκτυλον α omittunt (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆ P₇ P₈) Bald. Ex Th. omiseram. || ⁷⁸ σύμμετρον] σύμμετρος Baldus.

nagé entre les divers couples de mulets attelés à la charrue. C'est du moins l'opinion d'Aristarque. Eustathe penche pour l'interprétation τὰ μεταξύ διαστήματα, intervalle entre deux objets parallèles. C'est littéralement le cas actuel : ὅστε . . . εἶναι αὐτῶν τὸ μεταξύ διάστημα δακτύλων Γ. Héron semblerait avoir écrit πρὸς τοῖς κανόνιν ἐπιούρας sous l'impression d'une réminiscence d'Homère. Je me demande si le ἐπιούρον du poète ne serait pas, plutôt que l'intervalle conjecturé par Aristarque, une sorte de traverse en bois maintenant la croupe des mules attelées à la charrue, absolument comme le joug maintient leurs têtes, de manière à discipliner leur travail. Ἐπιούρον, littéralement, signifie pièce posée sur la queue. MM. Vincent et Wescher écrivent ἐπι οὔρας.

² Τὰ ≡. J'interprète ainsi la notation τὰ εε qui, dans les figures de la plupart des manuscrits, est appliquée aux colonnettes, par suite de la confusion expliquée plus haut (note ^k). L'auteur désignerait ainsi par leur forme, plutôt que par des lettres de renvoi spéciales, les arcs de contre-ventement de l'échelette, comptant sur la clarté de la figure pour en bien expliquer le détail. Ce qui me porte à le croire, c'est que le

manuscrit 2437 ou P₃ de Paris donne la notation ΕΕ, qui peut fort bien provenir du signe ≡ primitif. Biton (W. 58, note 9) offre un cas analogue, ολον C ἀγκωνοειδεῖς, signalé par M. Miller (Journ. des Sav. avril 1868, p. 251). La position de ces arcs-boutants, d'après tous les manuscrits, est à l'arrière de l'échelette. Ils rappellent, comme je l'ai dit plus haut (note ^b), la courbure postérieure des tables de l'euthytone, d'après la Bélopée. M. Vincent les place en avant de l'échelette, en tournant leur convexité vers la pointe du tiroir. C'est un regrettable contre-sens.

^o Δακτύλων ΠΓ. Les bons manuscrits donnent Γ. J'ai restitué ΠΓ d'après l'épure. La disparition de l'I dans les manuscrits était si fréquente, que les anciens renoncèrent de bonne heure à introduire cette lettre dans leurs notations graphiques. Dans les nombres, l'i indicatif des dizaines est très-souvent omis par les copistes.

^p Τετρήσθωσαν κατὰ τὸ μέσον. Cela indique que les arcs-boutants, avec leurs traverses, étaient découpsés dans une planchette unique, dont le milieu (entre les arcs) se trouvait ainsi évidé, mais consolidé par les traverses.

LA
CHIROBALLISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ἀλλήλων δακτύλους δύο \bar{C} ⁷⁹. 11 cum dimidio. [Figura 26.] largeur de 2 doigts et demi.
[Σχήμα ΒΣ.] [Figure 26.]

307.

[Ε. ΚΩΝΟΙΔΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ.] [V. BRACHIORUM STRUCTURA.] [§ V. STRUCTURE DES BATTANTS.]

B. 66. Th. 110.
Pr. 26. Vt. 62.
W. 133.

ἄ. Πεποιήσθωσαν¹ δὲ καὶ 1. Construantur quoque 1. Il faut préparer égale-
Κωνοειδῆ² δύο, τὰ ΑΒΓΔ brachiola duo, abgd, ezhc, ment deux talons conoïdes*,
ΕΖΗΘ, ἔχον ἐκότερον τὸ in conifiguram tornata; ha- abgd, ezhc, ayant chacun
μὲν μῆκος³ δακτύλων ΓΔ⁴. beantque longitudinem digito- 3 1/4 doigts de longueur. Les

⁷⁹ δακτύλους δύο \bar{C}] sic ex PV (P₃ P₇ P₈) scripsi. Ponit Baldus, — δακτύλους \bar{BC} ex M ponit W. — δακτύλους βς habet F₁, — δακτύλων βς (P₁ P₆ P₈), — δακτύλων δυο C habet (P₂), — δακτύλους δύο (P₁ P₈) — δακτύλων βς ex Th. dederam, — δακτύλους βλ Vincent.

¹ Πεποιήσθωσαν] πεποιήσθωσαν M, — Ἐποιήθωσαν Baldus, — πεποιήθωσαν errore typographico dederam. || ² Κωνοειδῆ] κωνοειδῆ F. || ³ ἔχον ἐκότερον τὸ μὲν] sic prius conieci. Ponit Vincent, — ἔχον μὲν ἐκότερον ponit Wescher, — ἔχον μὲν ἕτερον MF₁, — ἔχομεν ἕτερον F. P prima manus. V prima manus (P₁ marg. P₂ P₃ P₆ P₇) Bald. Th. marg. — ἔχον ἐκότερον P sec. manus. V sec. manus (P₁ marg.) Th. — ἔχοντα τὸ μὲν (P₁ P₈ marg) Th. — ἔχοντα ἐκότερον (P₈), — ἔχοντα ἕτερον (P₁), — ἔχόμενα ἕτερον (P₆ marg. P₈). || ⁴ δακτύλων ΓΔ] δακτύλων ΙΑ codd. omnes et edit. Error

* Κωνοειδῆ δύο. Les manuscrits assignent à ces pièces deux formes distinctes. Celui de Mynas et les autres de même source accusent très-nettement la forme tronconique, et la font régner sur presque toute la longueur de la pièce. Toutefois la broche engagée dans l'axe dépasse le conoïde d'une quantité très-notable; mais la base ou pommeau y manque complètement. Les manuscrits de l'édition byzantine, et, à leur exemple, l'édition de Thévenot, donnent aux κωνοειδῆ la forme d'une poire, dont la base fait l'office du bourrelet ci-dessus. Les tourillons transversaux qui servent de pivots aux battants y sont figurés par des angles saillants, à la partie supérieure des poires. Et, de même que, dans les manuscrits de la première série, les broches, à l'extérieur du corps tronconique, développent une certaine longueur. La figure 27 ci-après donne le dessin des κωνοειδῆ d'après le manuscrit de Médicis (2442) et d'après Thévenot (manuscrit de Paris 2438).

On peut admettre que la longueur de \bar{IA} =

11 doigts, donnée par les mss. aux Κωνοειδῆ, comprend la longueur des broches. Cependant la quantité δακτύλων ΙΑ peut se corriger en $\bar{ΓΔ} = 3 \frac{1}{4}$ doigts, longueur exacte du pommeau conoïde. Rappelons-nous que l'auteur décrit une machine placée sous ses yeux, mais dont les Καμβέστρια et les battants ont été enlevés et mis à part. Philon, nous l'avons vu (p. 105) atteste que ces pièces, séparées de la cage en temps de paix, se conservaient dans un étui. Héron a pu ne pas s'occuper de la longueur totale des broches, mais seulement de la pièce tronconique proprement dite, dont la longueur se réduit à la dimension appropriée à l'épaisseur du pommeau ou bourrelet formant le talon du battant. J'en ai conclu que les broches, avec leur tige allongée, avaient peut-être elles-mêmes une certaine flexibilité, favorable à l'effet utile de l'arme. Dans ma première édition, je faisais régner le manche sur toute la longueur du conoïde. M. Vincent, qui avait cru, pendant longtemps, reconnaître dans cette pièce un ré-

Τὸ δὲ πλάχος τῶν AB EZ⁵ κορυφῶν⁶ ἐκάστου κωνοειδοῦς⁷ ἐχέτω δακτύλου τὸ ἡμισυ⁸, τὸ δὲ τῆς βάσεως πλάχος ἐκάστου τῶν ΓΔ ΗΘ⁹ δακτύλου ἐνός.

β. Ἐχέτωσαν δὲ¹⁰ κατὰ μῆκος σωλήνας τετραγώνους¹¹ καὶ τόρμους ἐν ταῖς¹² AB EZ κορυφαῖς, ὥστε κωνοίων γενομένων¹³ συμφοῶν κρικοῖς¹⁴, ἀρμοσίων¹⁵ τοῖς

rum III cum quarta parte. Utriusque autem brachioli in summo ab et ez crassitudo sit dimidii digiti, utriusque vero gd et hc ab radice digiti unius.

2. Brachiola autem habeant secundum longitudinem tubos introrsus rectangulos, modiolosque [transversos] iuxta partes summam ab, ez, ita ut styli collaribus affixi, et

sommets ab, ez, de ces pièces, ont d'épaisseur un demi-doigt, et leurs bases^b gd, hc, un doigt.

2. Ces pièces sont percées, dans leur axe longitudinal, de trous carrés [ou mortaises], et munies, au droit des sommets ab, ez, de tourillons [transversaux]^d. De la sorte,

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

fluxit ex similitudine uncialium I et I, A et A. || ⁵ τῶν AB EZ] sic Wescher quasi ex F, ubi τῶν αβ, εξ. Habet F₁, — τῶν αβ, εξ prior divisi, unde AB, EZ Vincent, — τῶν αβεξ vel αβ̄εξ cet. codd. — τῶν αβεξ Bald. et Th. || ⁶ (κορυφῶν)] κορυφοῦ (P₃P₆) Baldus. || ⁷ κωνοειδοῦς] τοῦ κωνοειδοῦς habet F. || ⁸ δακτύλου τὸ ἡμισυ] sic Wescher quasi ex M. Primus Baldus. Ipse conjeceram. Ponit Vincent. Habet F₁, — δακτύλων τὸ ἡμισυ habent PV et cet. codd. min. Th. — δακτύλου μ' habet F. || ⁹ τῶν ΓΔ ΗΘ] sic Wescher quasi ex F dividit, ubi γδ, ηθ legitur. Primus γδ, ηθ divisa edidi, unde ΓΔ, ΗΘ Vincent, — γδ ηθ habent (P₁P₂), — γδηθ habent F₁ (P₇) — γδ̄ηθ (P₃P₄P₆P₆P₆), — γδηθ Bald. et Thévenot. || ¹⁰ (δὲ)] Omittit (P₃). || ¹¹ σωλήνας τετραγώνους] σωλήνας τετρ. . . PV, — τετραγώνους σωλήνας (P₁). || ¹² ἐν ταῖς] ἐν omittunt MF₁. || ¹³ γενομένων] sic Wescher ex M. Habet F₁ — γινομένων Vincent, — γένεσθαι FPV (P₁P₂P₆P₇) — γένεσθαι Baldus. Ex Th. dederam, — γεγενῆσθαι (P₆P₆). || ¹⁴ (κρικοῖς)] κρικοῖς errore typographico dederam. || ¹⁵ ἀρμοσίων] ἀρμοσίων F, — αἰμοσίων PV. ||

servoir d'air comprimé, a fini par m'emprunter ma première solution des Κωνοειδῆ. Toutefois il donne au bois 11 doigts de long, et une saillie presque égale aux broches, en leur laissant une très-faible section. D'après sa figure 2 (pl. IV), les bras mesurent en tout 18 doigts. Je rends en latin κωνοειδῆ par brachiola, terme appliqué par Végèce (*De re milit.* II, xv) aux battants de la baliste.

^b Πλάχος τῶν κορυφῶν, πλάχος τῆς βάσεως.— Vitruve (*Schn.* I, 292) traduit *crassitudo in summo, crassitudo ab radice*; j'imite son exemple. Le renflement ou pommeau de la base du battant est exigé par l'obliquité du bras sur le cadre des ressorts. Il permet au talon du bras d'appuyer normalement contre le fond de la gorge. J'ai donné (fig. 28) le profil mathématique de ce pommeau, au droit de son contour d'appui sur la gorge.

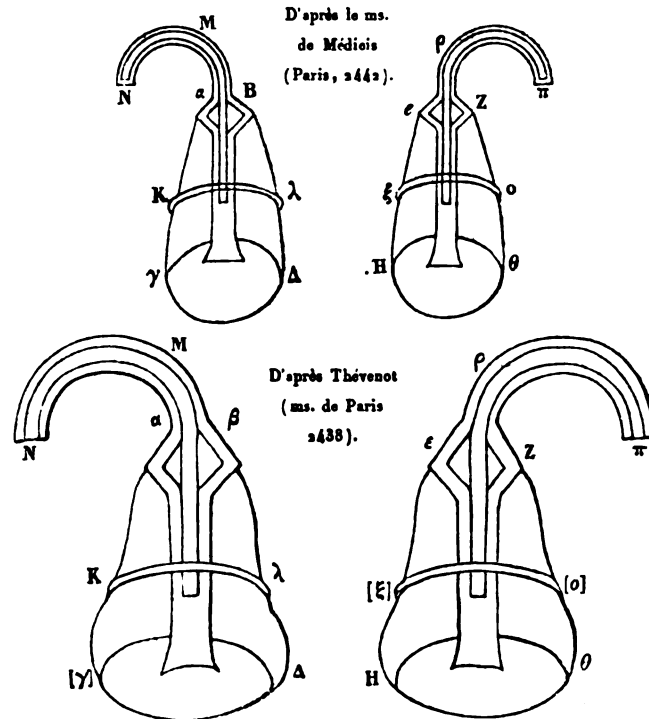
^c Σωλήνας τετραγώνους, mortaises, trous carrés, analogues à celui qui reçoit la queue d'un ciseau

de menuisier, dans l'axe du manche. La section carrée empêche l'outil de tourner sur lui-même. Dans ma première édition, les 11 doigts de longueur, que j'assignais au manche, m'avaient fait supposer, pour expliquer la confection de cette rainure carrée intérieure, que ce manche était en bois, qu'on le fendait d'abord suivant l'axe, puis qu'on y pratiquait la rainure en question; après quoi les deux moitiés, rajustées ensemble, étaient maintenues en contact au moyen des viroles. Ce travail, je l'avoue, n'était pas sans difficulté; sur une longueur supposée de 209 millimètres, les conoides n'offrent, en effet, que 10 millimètres de diamètre à la base, et 9 $\frac{1}{2}$ au sommet. Aujourd'hui leur longueur se trouve réduite à 3 $\frac{1}{2}$ doigts; et il n'est pas douteux que ces talons étaient fondus en bronze. La saillie des broches complète néanmoins la longueur totale de 11 doigts.

^d Τόρμους ἐν ταῖς κορυφαῖς. Ce sont des tourillons transversaux, faisant corps avec le co-

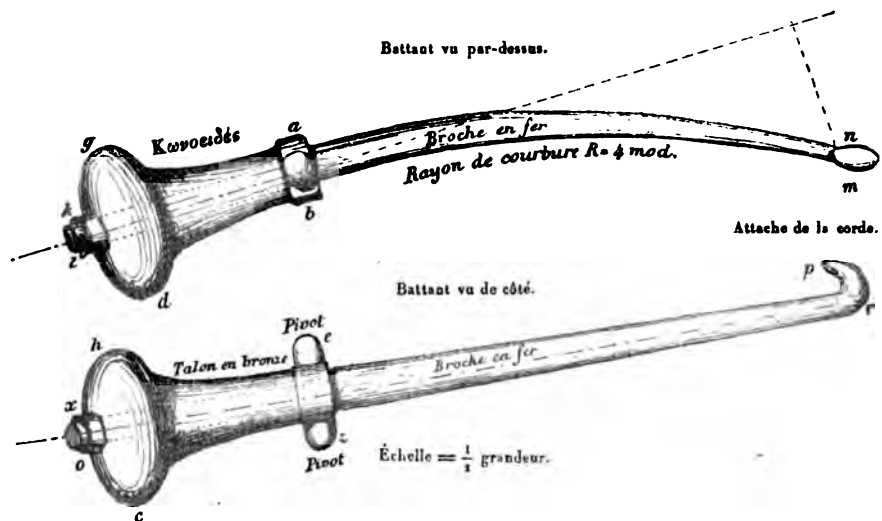
LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 27. *Κωβοειδής* ou Battants.



Les lettres entre crochets sont fournies par le ms. de Médecis (Paris, 2442).

Fig. 28. Restitution des Battants.



τόρμοις καὶ τοῖς σωλήσιν¹⁶, cum tubis modiolisque coag-
 ἐκκομίζεσθαι¹⁷ ἐπὶ τῶν σω-
 λήνων¹⁸ καὶ τῶν τόρμων ἐν
 τοῖς κωνοειδέσι¹⁹ γεγονό-
 των²⁰.

γ. Ἐσίωσαν δὲ τὰ μὲν κα-
 νόνια²¹ συμφωτῶ τοῖς κρήκοις,
 τὰ²² ΚΑΜΝ, ΕΟΠΡ²³, κρή-
 κοὶ δὲ οἱ ΚΑ ΕΟ²⁴. ἀνακαμ-
 πὰς²⁵ δὲ ἐχέτωσαν τὰ κανό-
 νια πρὸς τοῖς πέρασι²⁶ τὰς²⁷
 ΜΝΠΡ, ὕψος ἐχούσας²⁸ δακτύ-
 λου τὸ ἡμισυ²⁹. [Σχῆμα ΒΗ.]

¹⁶ (σωλήσιν) σωλήσιν videlicet errore typographico ponit Vincent. || ¹⁷ ἐκκομίζεσθαι] ἐκκομίζεσθαι habet M. || ¹⁸ (σωλήνων) σωλήνων ponit Vincent. || ¹⁹ κωνοειδέσι] κωνοειδέσι habet F. || ²⁰ (γεγονότων)] γεγονόσιν codd. et edit. — γεγονάσιν (P₁), — γεγόνασι (P₂ P₃). || ²¹ κανόνια] Post κανόνια scripsit πρὸς τοῖς πέρασι librarius in cod. M sed delevit idem. || ²² τὰ] τὰ δὲ MF₁, — τὰ F. || ²³ ΚΑΜΝ ΕΟΠΡ] sic Wescher, — κλμν, ξοπρ habent (P₁ P₂ P₃ P₄ P₅ P₆). Ex Th. diviseram, — ΚΑΜΝ, ΕΟΠΡ divisit Vincent. — ΚΑΜΝΡΞΠ habet M, — πμ. νρ. ξπ habet F. — ΚΤΜΝΞΠ habet PV, — πμνξρπ habet F₁, — πλμνρξπ (P₂ P₃ P₄), πλμνρξπ Baldus, — κλμνξπ (P₇), — πλμνξρπ (P₈ marg.) || ²⁴ ΚΑ ΕΟ] sic Wescher quasi ex M, — κλ, ξο primus divisi, — ΚΑ, ΕΟ ponit Vincent, — πλ, ζθ habet F, — πλξθ habet P. || ²⁵ ἀνακαμπὰς] ἀνακαμπὰς habet M, — ἀνακαμπὰς δὲ ἐχέτω omittit F, — ὁ ἀνακαμπὰς habet (P₂). || ²⁶ πέρασι] πέρασιν MF₁. || ²⁷ τὰς] sic quasi ex conjectura Wescher. Primus restitui. Ponit Vincent, — τὰ cet. codd. et edit. || ²⁸ ὕψος ἐχούσας] ὕψος δὲ ἐχούσας habent MF₁. Ponit Wescher. || ²⁹ τὸ ἡμισυ] τὸ s^o habet F, — Post τὸ ἡμισυ... lacunam esse ex Vincent suspicatur Wescher, adjunctisque punctis notavit. At Vincent lacunam tantummodo sub fine gallicæ conversionis punctis adjectis indicat, mendose : quippe nullam in machinæ membrorum descriptione partem Hero Alexandrinus omisit.

noïde, au droit de sa petite base, et servant de pivots au battant. L'idée de ces tourillons, τόρμοις, est rendue, dans les manuscrits de la rescension byzantine, par des renflements triangulaires, figurés vers la pointe des Κωνοειδῆ proprement dits. (Voy. plus haut, fig. 27, Th. 120 et W. 134.)

* Ὑψος ἐχούσας δακτύλου τὸ ἡμισυ. Ces crochets font, en effet, saillie de bas en haut (ὕψος) sur l'about des broches, pour recevoir la corde archère. On voit, en outre, sur tous les manuscrits, que ces broches ou tiges ne sont pas rectilignes. L'épure m'a conduit à leur donner une

des broches serrées par des écrous, en s'ajustant dans les mortaises, s'assemblent avec les tourillons. Mortaises et tourillons forment ainsi les points d'appui [ou pivots] des talons conoïdes.

3. Soient donc *klmn*, *xo pr*, les broches munies des écrous *kl*, *xo*. Ces tiges se terminent par des crochets *mn*, *pr*, formant saillie d'un demi-doigt*. [Fig. 28.]

forme arquée, d'environ 1 doigt de flèche. Leur section est ronde, et va en diminuant vers l'extrémité libre.

Ici se termine la description de la *Chirobaliste*. M. Wescher la croit incomplète, et il termine le texte par la suspension τὸ ἡμισυ... M. Vincent, à qui il doit cette conjecture, suspend, non pas la fin du texte, mais sa propre traduction, par un sentiment de juste modestie, n'ayant pas conscience d'y avoir retrouvé toutes les pièces de la machine. La *Synthèse de la Chirobaliste*, donnée ci-après, démontrera, je l'espère, que l'auteur grec n'a omis aucun détail.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HERON
 D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

QUATRIÈME PARTIE.

SYNTHÈSE DE LA CHIROBALISTE.

MÉTHODE DE DÉMONSTRATION.

308. A la simple lecture, on a pu constater les liaisons qui existent entre les différentes parties de l'opuscule d'Héron, et même l'enchaînement qui permet, jusqu'à un certain point, d'assigner à chaque pièce, sinon sa fonction propre, du moins sa position dans l'ensemble. Les divers détails y rappellent, en effet, presque partout les indications analogues des *Βελοποιικά* d'Héron et du livre IV de Philon de Byzance, avec une précision telle, que, si parfois une forme spéciale se refuse à une description claire, l'auteur prend soin de l'élucider à l'aide d'une figure.

309. J'insiste sur le fait, en vue de mettre à néant, une fois pour toutes, les imputations de Baldi et de l'école à la suite, au sujet des prétendues mutilations du texte de la *Χειροβαλλίστρα*. Les commentateurs n'en ont pas même soupçonné l'état d'intégrité réelle. Elle éclate pourtant, dès les éditions de Baldi et de Thévenot, où, malgré quelques notations incorrectes et quelques cotes inexactes, j'ai pu reconnaître, sans le secours de la diplomatique, la charpente d'un engin unique, complet, analogue à ceux des *Βελοποιικά*. Il est juste de venger les anciens, nos maîtres à tant d'égards, de torts imputables, le plus souvent, à d'impuissants interprètes. Dans la pratique, les ingénieurs de l'antiquité ne déployaient pas moins de science que les plus habiles d'entre les modernes. Leur mécanique, comme leur architecture, est là pour l'attester. Ils pensaient que l'expérience ne doit jamais dédaigner les principes. Ils regardaient la routine comme

l'école des paresseux. S'ils ont parfois mal défini quelque loi naturelle, ils l'appliquaient presque toujours avec une remarquable sagacité. L'invention des *ressorts métalliques*, telle que la décrit Philon de Byzance, en est une preuve incontestable. L'*horreur du vide* n'a point empêché les Grecs de créer la *Pneumatique*. Les machines simples, coin, poulie, moufles, treuil, engrenages, chaîne sans fin, sont d'une haute antiquité. Les grues, fardiers, norias, tympan, pompes, roues hydrauliques, etc., etc., sont décrits tout au long dans Vitruve³⁴⁴. La vis à écrou fournit à Archimède, son inventeur, le moyen de mettre à flot son grand vaisseau *La Ville de Syracuse*. Transformée en vis hydraulique, l'immortel ingénieur l'appropriâ ensuite à l'épuisement de la cale³⁴⁵. Le roi de la mécanique moderne, le piston, est l'œuvre de Ctésibius, fils d'un barbier d'Alexandrie³⁴⁶.

Sans doute les anciens ont imparfaitement connu les lois de la résistance des matériaux. Leurs idées, à cet égard, sont assez confuses. En architecture, ils suivent de préférence les règles de l'esthétique; mais, dans leurs machines, ils ne sacrifient jamais la solidité à l'élégance. Toujours on les voit procéder avec réflexion, respectant le passé au profit de l'avenir; et c'est leur éternel honneur d'avoir inauguré, en toutes choses, des méthodes qui sont restées l'âme de la pratique courante, dans les applications de la science moderne.

310. Cette habileté souveraine des Grecs en matière technique ressort nettement du travail de synthèse que j'ai tenté sur la chirobaliste. Il s'agissait d'initier le lecteur à la marche graduelle de mes propres recherches. Je ne pouvais mieux faire que de les reprendre sous ses yeux. Chacun jugera ainsi du degré de confiance que mérite la solution proposée, et de l'influence qu'elle peut exercer sur la restitution de l'artillerie antique. La *χειροβαλλίστρα* a beaucoup d'analogie avec le *χαλκόνον*, sinon de Ctésibius, du moins de Philon de Byzance. L'engin à *ressorts de bronze* n'était, comme on l'a vu, qu'un perfectionnement du système *névrotone*; et, sous son épure élégante, la chirobaliste observe encore les traditions d'un art séculaire, jusque dans l'effort heureux tenté pour l'en affranchir. Aussi bien, entre les

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

gros calibres de la *Bélopée* et la *manubaliste* portative, éclate la ressemblance signalée par le poète³⁴⁷ :

..... Facies non omnibus una,
Nec diversa tamen, qualem decet esse sororum.

311. Le commentaire donné plus haut, à l'appui de ma traduction des principaux éléments des *Βελοποιικά*³⁴⁸, avait pour objet la restitution de l'épure des engins *palintone* et *euthytone*, déduite du tracé des *écussons biaux*. La *chirobaliste* semblait impliquer une structure analogue. Déjà, dans ma première édition, j'avais cherché à déduire du *biais* de l'échelette la méthode d'une reconstruction d'ensemble. Peut-être même, du tracé bien défini de l'engin, pouvais-je espérer l'explication de plusieurs points, encore obscurs, du système *névrotone*. Mais le *module* qui, dans l'artillerie primitive, est toujours un guide précieux, fait complètement défaut dans la *chirobaliste*. Avant tout, il fallait retrouver cette *mesure fondamentale* du système.

C'est par là que j'ai commencé mes recherches.

DU MODULE DE LA ΧΕΙΡΟΒΑΛΙΣΤΡΑ.

312. Dans l'engin *névrotone*, « le diamètre de la lucarne, dit Philon de Byzance, constitue le *module* de toutes les autres dimensions³⁴⁹. »

En d'autres termes, l'*unité fondamentale* est le *diamètre du faisceau* de torsion, au droit des barillets.

313. L'*analogie* nous montre, dans la *chirobaliste*, le cadre des *καμβέσρια*, de TROIS DOIGTS ET DEMI DE LARGE, substitué au faisceau primitif : « τὸ μεταξύ διάστημα τῶν κανονίων δακτύλων $\overline{ΓC}$ ³⁵⁰. »

Il s'agit de savoir si cet *écartement* des montants du cadre joue également le rôle de *module* dans l'arme d'Héron d'Alexandrie.

Vérifications directes du module.

314. a. D'après l'auteur, les montants du cadre des *καμβέσρια* mesurent « $10 \frac{1}{4}$ doigts de hauteur, *μῆκος δακτύλου \overline{IC}* . »

Or

$$3 \times 3 \frac{1}{2} = 10 \frac{1}{2} = 3 \text{ modules}^{351}.$$

b. En largeur, ces montants ont *un peu plus de 1 doigt* $\frac{1}{4}$: *πλάτος δακτύλου διμόριου μικρῶ πλειῶν.*

La dimension exacte serait

$$\frac{3 \frac{1}{2}}{2} = 1 \frac{3}{4} \text{ doigt} = \frac{1}{2} \text{ module.}$$

Le *μικρῶ πλειῶν* vaut donc exactement

$$\left(1 \frac{3}{4} - 1 \frac{2}{3}\right) = \frac{1}{12} \text{ doigt}^{352}.$$

c. L'écartement des montants, comme on l'a vu ci-dessus (n° 313), est de $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 MODULE³⁵³.

d. La largeur de l'échelette, sous la monture, est de 7 doigts = 2 modules³⁵⁴. Telle est aussi, d'après Philon, la largeur de la *table* de l'euthytone, mesurée en son milieu : *πλάτος (τοῦ περιτρήτου) ἐκ μέσου μετρούμενον διαμέτρων δύο.* La chirobaliste observe donc, dans cette dimension de sa cage, l'épure de l'euthytone³⁵⁵.

e. La longueur de la *monture*, en arrière de l'échelette, est de 28 doigts = 8 modules : *ποδὸς Ἀ ἡμίσεως καὶ δακτύλων Δ*³⁵⁶.

f. La longueur du tasseau, découpé en relief dans l'œuvre de la coulisse, d'après les dimensions du bois enlevé, est de 7 doigts = 2 modules³⁵⁷.

g. La largeur de la coulisse est de $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 module : *πλάτος δακτύλου Γ*³⁵⁸.

Ainsi sept dimensions, directement fournies par le texte, sont des multiples ou des fractions simples de la quantité $3 \frac{1}{2}$ doigts, largeur interne des cadres élastiques, essayée comme MODULE, par analogie avec la *lucarne* des engins névrotones.

Vérifications indirectes du module.

315. L'étude qui va suivre en fournit un grand nombre. Sur 306

dimensions, déduites des 64 cotes du texte grec, on en compte 69 qui dérivent du *module* de 3 *doigts* $\frac{1}{4}$. Une telle multiplicité d'applications prouve l'indubitable authenticité de ce module. Je les dégagerai successivement, par voie de synthèse, des données mêmes du texte³⁵⁹. Le lecteur restera ainsi convaincu que je n'ai pas dévié, un seul instant, de la méthode vraiment philosophique qui convient à une pareille recherche.

SYNTHÈSE DES ΚΑΜΒΕΣΤΡΙΑ.

Tracé des Ovales.

316. Les montants des *καμβέστρια* sont reliés entre eux, à leurs extrémités, par des colliers ayant 2 *doigts de large en dedans*, *εὔρος δακτύλου δύο*³⁶⁰. Les montants étant espacés de 3 *doigts* $\frac{1}{4}$, les colliers sont donc *oblongs*, comme l'indique, du reste, la figure correspondante, dans la plupart des manuscrits. Le nom de *κρίκος*, que leur donne Héron, signifie *anneau*, *bracelet*, et, en général, *contour fermé et rigide, circulaire ou oblong*. La forme *ovale* est donc ici admissible. Mais comment les anciens traçaient-ils cette courbe? L'*anse de panier* moderne à trois centres remonte à Huygens. En quoi diffère-t-elle de l'*ovale antique*?

C'est ce qu'il est curieux d'examiner.

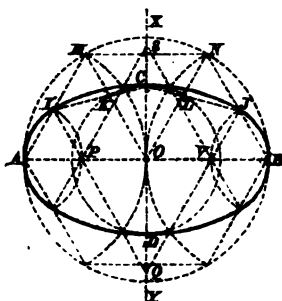
Posons d'abord une hypothèse approximative.

317. Héron assigne aux ovales *la même épaisseur qu'aux montants des cadres*, *πάχος τὸ αὐτὸ τοῖς κανούλοις*³⁶¹. Mais celle-ci est telle, dit le texte, *que les lames ploient difficilement*, *πάχος δὲ ὥστε μὴ εὐχερῶς κάμπισθαι*³⁶². Les lames en question doivent donc être assez minces, c'est-à-dire que le grand diamètre *interne* de l'ovale ne doit pas être beaucoup moindre que 3 $\frac{1}{4}$ *doigts* (diamètre *externe*). L'*anse de panier* cherchée mesure donc 1 *doigt de montée* et près de 3 $\frac{1}{4}$ *doigts d'ouverture*. La quantité la plus voisine de 3 $\frac{1}{4}$ *doigts* est 3 $\frac{1}{4}$ *doigts*. Elle laisserait $\frac{1}{4}$ *doigt* pour la *triple épaisseur* du ruban du collier, à déduire de l'intervalle entre les montants des cadres, comme l'indique le plan de l'assemblage de l'ovale avec le montant (fig. 31.

et 33). L'épaisseur du ruban serait ainsi de $\frac{1}{13}$ de doigt = $\frac{1}{10}$ de *modale*, quantité *a priori* très-rationnelle³⁶³. Sa largeur est d'ailleurs de 1 doigt « *πλάτος δάκτυλον ἕνα.* »

318. Voici (fig. 29) le tracé, par la méthode moderne de l'anse à 3 centres, de l'ovale des *καμβέσιρια*, dans les dimensions ci-dessus³⁶⁴.

Fig. 29. Épure de l'ovale des ressorts d'après la méthode moderne.



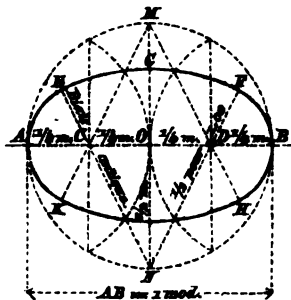
On y remarque :

Que les *centres latéraux* P, V, tombent sensiblement au *milieu* de chaque *moitié du grand axe*;

Et que le *centre du milieu*, S ou Q, se trouve très-rapproché de la *circonférence du grand axe*³⁶⁵.

Si les trois centres occupaient *exactement* les positions ci-dessus, l'*ovale* résultant différerait très-peu de celui qui précède. On en peut juger par le tracé suivant :

Fig. 30. Épure de l'ovale des ressorts d'après la méthode antique.



Les trois centres³⁶⁶ occupent les sommets d'un triangle de base \overline{CD}

égale à sa hauteur \overline{ON} . On en déduit $\overline{OC} = \frac{1}{3} \overline{ON}$. Les rayons extrêmes \overline{NE} , \overline{NF} , du grand arc sont donc tracés *sous le biais de $\frac{1}{3}$ de base pour 1 de hauteur*.

319. Ce *biais*, déjà restitué dans l'épure du *palintone*, reparaît ici avec une évidence encore plus frappante. La simplicité de la méthode avait de bonne heure recommandé ce tracé de l'ovale à la préférence des anciens. Il n'est pas douteux que l'épure ci-dessus est exactement celle de l'ovale antique, dans le cas particulier des *καμβέσρια*. Je dois achever d'en convaincre le lecteur.

320. Dans les ovales en question, n'oublions pas que *le grand axe interne est l'inconnue du problème*.

L'anse obtenue par le tracé (fig. 30) a sa *montée* en rapport déterminé avec son *ouverture*, c'est-à-dire un *surbaissement fixe*, équivalent à 0.31, comme il est aisé d'en faire le calcul³⁶⁷. Dans l'anse antique à 3 centres, la *montée* est donc égale aux 31 centièmes de l'ouverture.

Réciproquement, l'ouverture égale $\frac{0}{0.31} = 3.23$ fois la *montée*³⁶⁸.

Dans le cas actuel, la *montée* = $\frac{1}{3}$ largeur en dedans = 1 doigt.

L'ouverture ou *diamètre interne* sera donc de 3.23 doigts; en nombre rond, à 0.02 de doigt = (0.00038 mètre) près : $3^d.25 = 3\frac{1}{4}$ doigts.

C'est la quantité approximative que j'avais adoptée *a priori*, en supposant aux rubans une épaisseur de $\frac{1}{12}$ de doigt. Celle-ci se trouve donc complètement justifiée³⁶⁹.

Et il en est de même de l'hypothèse relative au mode de formation de l'ovale et de sa jonction avec le montant du cadre. (Fig. 32.)

La *largeur externe* de l'ovale est donc $2^d + 2(\frac{1}{12})^d = 2\frac{1}{6}$ doigts; et, par suite, la *montée externe* est de $1\frac{1}{12}$ doigt. Son rapport à l'ouverture externe est donc $\frac{1^d \frac{1}{12}}{3^d \frac{1}{4}} = \frac{1.083}{3.50} = 0.31$, quantité égale au rapport de la *montée interne*.

Ainsi le principe du *biais antique*, appliqué à l'ovale des *καμβέσρια*, détermine rigoureusement le *tracé* de la courbe, et fixe en même temps l'épaisseur des *rubans*, laissée vague par Héron d'Alexandrie.

Nous verrons bientôt de nouvelles preuves confirmer l'exactitude des résultats qui précèdent. L'épaisseur, désormais certaine, des lames élastiques va servir de base à la restitution complète des *καμβέστρια*, à leur orientation dans la charpente de l'arme, à la confirmation de son caractère *palintone*, enfin à la restitution de l'épure complète de la *χειροβαλλίστρα*.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Plan des étriers et chapes des pivots.

321. Les *brides* (*πιτιάρια*, pièces en forme de Π) figurées vers les extrémités des montants des cadres, mesurent $\frac{2}{3}$ doigt d'ouverture, *εὔρος δακτύλου δίμοιρον*³⁷⁰.

De même, les *chapes cylindriques* en bronze léger sont fendues suivant un plan diamétral, pour recevoir de profil des lames de $\frac{2}{3}$ doigt de largeur; *κύλινδροι έντομάς έχέτωσαν κατά διάμετρον, . . . eis às κανόνια έμβεδλήσθω άρμοσίά κατά κρόταφον, πλάτος (έχον έκάτερον) δακτύλου δίμοίρου*³⁷¹.

Lesdites lames mesurent en longueur 10 doigts, *μηκος δακτύλου Ι*³⁷².

Ces lames ne sont autre chose que les *étriers*, dont la largeur ($\frac{2}{3}$ doigt) s'adapte à l'ouverture ($\frac{2}{3}$ doigt) des *πιτιάρια*. Chaque étrier développe bien 10 doigts de longueur. J'ai restitué la dimension *δακτύλους Ι* à la place de *δακτύλους Γ*, donnée par tous les manuscrits. Je dois à l'épure cette correction d'ailleurs conforme au procédé paléographique.

Les *étriers* s'ajustent, par les fentes ci-dessus, aux petites *chapes de bronze évidé*, *κύλινδροι χαλκοῖ κοῦφοι*, mesurant $1 \frac{1}{3}$ doigt de diamètre interne, *τήν διάμετρον τοῦ εὔρους δακτύλου Α και γ'*, et de même épaisseur que les lames des ressorts, *πάχος δέ ἴσον τῶ τῶν κανονίων*³⁷³.

322. La figure 31 ci-après montre en plan ce dispositif.

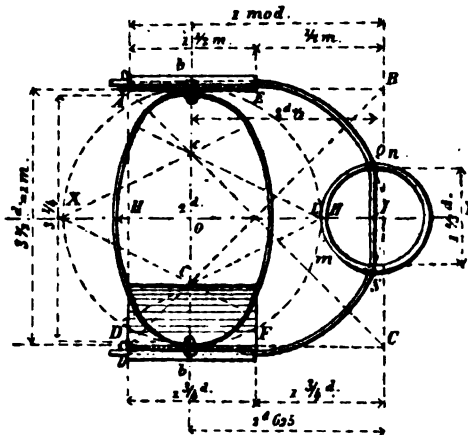
L'axe *bb* figure le plan médian du cadre, et le point *o* est le centre de l'ovale. Les sections *AE* et *DF* sont les montants du cadre, distants entre eux de $\overline{AD} = 1$ module.

On a aussi $\overline{AE} = \overline{DF} = \frac{1}{3}$ module.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Achevons le carré \overline{ABCD} , dont \overline{AEFD} sera la moitié, et menons les diagonales \overline{AC} et \overline{BD} .

Fig. 31. Épure en plan du cadre-ressort.



Échelle = 0^m.01 pour doigt ($\frac{1}{3}$ environ).

Ces diagonales coupent l'axe bb , aux centres secondaires cc de l'ovale du ressort.

Je prends \overline{BC} pour limite de la portée \overline{EB} de l'étrier, en décrivant cette pièce de manière que son arc extérieur soit tangent à \overline{BC} au droit de l'axe XY . Il en résulte que l'étrier se trouve inscrit dans le carré \overline{ABCD} . Je trace en plan la chape \overline{QS} de diamètre interne égal à $1\frac{1}{3}$ doigt, en plaçant son centre I sur la corde \overline{QS} de l'arc externe de l'étrier intercepté par la chape. Je donne à la chape $\frac{1}{3}$ de doigt d'épaisseur, comme aux lames des ressorts; et la chape se trouve alors tangente en L à la circonférence décrite sur le grand diamètre externe de l'ovale.

323. Héron passe sous silence l'épaisseur de la lame d'étrier. Il est naturel de la supposer égale à $\frac{1}{3}$ de doigt, épaisseur des autres lames du système. Selon toute probabilité, ces diverses lames se découpaient dans une même feuille de tôle. De tout temps, l'économie de la main-d'œuvre par l'uniformité du travail, a été l'objet pratique de l'industrie.

324. J'observe que l'étrier, en traversant la chape en Q et S , par

les entailles ménagées dans l'épaisseur de cette pièce, doit produire avec la chape un assemblage demeurant stable, sans le secours d'aucune autre pièce auxiliaire. Il suffit pour cela que la portion \overline{QS} de l'étrier, interceptée par la chape, soit rectiligne. Il en résulte en Q et S deux coudes assez prononcés pour empêcher la chape de glisser le long de la courbure de l'étrier. De cette façon, la stabilité de la chape ne laisse rien à désirer. Il se trouve alors que la face rectiligne externe \overline{QS} de l'étrier passe au centre I de la chape.

325. La distance \overline{OI} du centre de l'ovale au centre de la chape est facile à calculer.

On a

$$\overline{OI} = \overline{OL} + \overline{LH} + \overline{HI}.$$

Or

$$\overline{OL} = \frac{1}{2} \text{ module} = \frac{1}{2} (3^d \cdot 50) = 1^d \cdot \frac{3}{4} = 1^d \cdot 75,$$

$\overline{LH} = \frac{1}{12}$ doigt, épaisseur de la chape suivant le texte, *πάχος ἴσον τῷ τῶν κανονίων* (cf. n° 305, $\overline{\zeta}$), soit $\overline{LH} = 0^d \cdot 085$.

Enfin $\overline{HI} = \frac{1}{2} (1 \frac{1}{3})$ doigt, rayon interne de la chape; soit

$$\overline{HI} = \frac{2}{3}^d = 0^d \cdot 667.$$

Il vient donc

$$\overline{OI} = 1^d \cdot 750 + 0^d \cdot 085 + 0^d \cdot 667 = 2^d \cdot 502 = 2 \frac{1}{2} \text{ doigts.}$$

326. Maintenant, l'installation des ressorts dans la machine donne à la ligne \overline{OI} une orientation \overline{PS} (fig. 34) qu'il est aisé de reconnaître égale au biais de $\frac{1}{2}$ pour 1, par rapport à l'axe MN de l'échelette.

En effet, dans cette hypothèse, la projection \overline{PC} de \overline{PS} sur MN (fig. 34, p. 165) aura pour mesure

$$\overline{PC} = \overline{PS} \cos \overline{SPC} = \overline{PS} \times 0.894 = 2^d \cdot 50 \times 0.894 = 2^d \cdot 235 = 2 \frac{1}{4} \text{ doigts.}$$

Or, au § 4 de la *Χειροβαλλίστρα*, nous lisons qu'une certaine longueur \overline{GE} (\overline{SV} , fig. 34) mesurée sur le *καμάριον*, a de longueur

1 pied $7 \frac{1}{2}$ doigts, τὴν μὲν ΓΕ ποδὸς ἑνὸς καὶ δακτύλων \overline{ZC} ³⁷⁴. On a donc $\overline{GE} = 23 \frac{1}{2}$ doigts. Selon toute probabilité, c'est la distance des centres des chapes ou des pivots des battants. Dans cette hypothèse, en effet, la distance \overline{PQ} des centres des ovaies symétriques serait

$$\overline{PQ} = \overline{SV} + 2 \overline{PC} = \left(23 \frac{d_1}{2} + 2 \times 2 \frac{d_1}{4}\right) \text{ doigts} = \left(23 \frac{d_1}{2} + 4 \frac{d_1}{2}\right) = 28 \text{ doigts,}$$

soit $\overline{PQ} = 8$ MODULES! Cette valeur remarquable confirme tous les détails qui précèdent.

Élévation des cadres, brides, étriers, chapes et crapaudines.

327. Les montants du cadre ont $10 \frac{1}{2}$ doigts de longueur (ou hauteur), μῆκος δακτύλου \overline{IC} ³⁷⁵. Or $10 \frac{1}{2}$ doigts = 3 modules.

Il s'agit de distribuer sur cette hauteur les pièces complémentaires des καμβέσρια.

Les ovaies occupent les extrémités, soit 1 doigt de hauteur à chaque bout³⁷⁶. Ils sont donc, sur chaque cadre, à $8 \frac{1}{2}$ doigts l'un de l'autre.

Je partage (fig. 32) la hauteur totale du cadre en 6 demi-modules, et l'intervalle entre les montants en 4 quarts de module. Dans la division en hauteur, chaque rectangle ou compartiment mesure $\frac{1}{2}$ de base sur 1 de hauteur. De même, la division en large donne des quarts de module, qui, avec les demi-modules de la hauteur, produisent des rectangles semblables aux précédents. Après le carré, la forme de ces rectangles est la plus simple. Nous en avons déduit, dans les Βελοποιικά³⁷⁷, l'angle biais de l'écusson palintone. Les rampants d'un fronton antique sont les diagonales de deux rectangles adjacents, de 2 de base pour 1 de hauteur. L'angle que fait chacun d'eux avec l'horizontale est précisément de $26^{\circ} 34'$, biais du παλίντονον. C'est l'ANGLE BIAIS préféré par les constructeurs antiques.

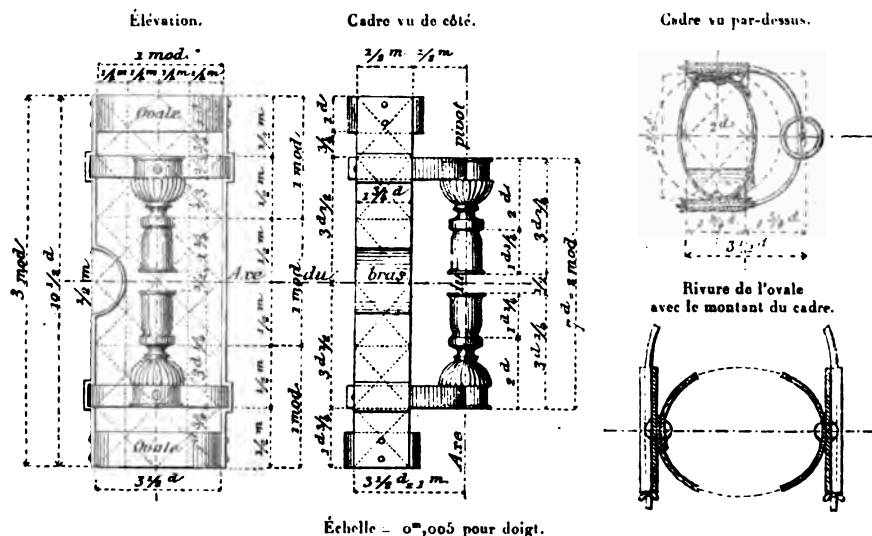
328. Cela posé, voici la distribution rationnelle, en hauteur, des diverses pièces des καμβέσρια (fig. 32 et 33).

a. Le plan externe des étriers se trouve à 1 module du milieu de

la hauteur du *cadre*. De l'ovale à l'étrier voisin, l'intervalle est en effet de $\frac{2}{3}$ doigt, et le *ruban* de l'ovale a 1 doigt de largeur.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 32. Cadre-ressort gradué en modules.



b. La position des *brides* résulte de celle des *étriers*. La longueur de la *fente* est de $\frac{2}{3}$ doigt³⁷⁸, et sa largeur est égale à l'épaisseur des rubans, c'est-à-dire à $\frac{1}{12}$ doigt. Les brides mesurent donc en hauteur totale $\frac{2}{3} + \frac{1}{6} = \frac{5}{6}$ doigt.

c. La gorge du *montant* d'arrière mesure $\frac{1}{2}$ module d'ouverture, soit $\frac{1}{2}$ module de profondeur par rapport à la *face externe* du montant. L'épure balistique de l'engin confirmera plus loin cette quantité.

d. Quant aux *chapes* et *crapaudines*, il faut d'abord en expliquer le détail.

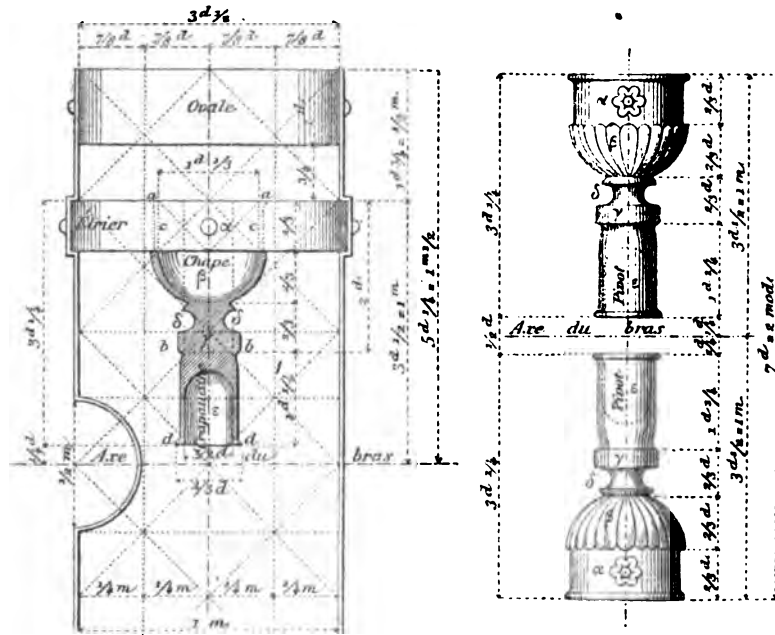
329. Les *chapes* sont des pièces *aabb* (fig. 33) moulées en bronze creux et mince, *κύλινδροι χαλκοῖ κοῦφοί*, d'épaisseur « égale à celle des rubans³⁷⁹. » Elles ont 2 doigts de long; et leur *diamètre*, du côté *évidé*, *διάμετρος τοῦ εὔρους*, est de $1 \frac{1}{3}$ doigt. Dans Héron d'Alexandrie, *εὔρος* exprime toujours une largeur *vide*, et *πλάτος* une largeur *pleine*. Nous en avons cité plusieurs exemples.

I.A.
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

La paroi de la chape évidée est *fendue* diamétralement en *c. c.*, pour recevoir de profil, κατὰ κρόταφον³⁸⁰, les étriers de $\frac{2}{3}$ doigt de largeur, πλάτος δακτύλου δίμοιρον, appelés déjà par le εὔρος δακτύλου δίμοιρον des brides³⁸¹. On a vu plus haut l'assemblage en plan (fig. 31) assigné à ces pièces.

Il est naturel de diviser la chape, représentée en coupe et en élévation par la figure 33 ci-dessous, en trois parties, savoir :

Fig. 33. Détails des chapes et crapaudines.



Echelle = 0^m,01 pour doigt ($\frac{1}{3}$ environ.)

α. Tête de chape, au droit de l'étrier, hauteur = $\frac{2}{3}$ doigt.

β. Base sphérique, de $\frac{1}{3}$ doigt de diamètre, τὴν δὲ διάμετρον τοῦ εὔρους δακτύλου Ἀ καὶ γ' ³⁸²; hauteur = $\frac{2}{3}$ doigt ³⁸³.

γ. Gorge inférieure = $\frac{2}{3}$ doigt.

Ensemble *ab* = 2 doigts.

330. La figure ci-dessus indique seulement la forme géométrique de la chape. Le bronze dont elle était fabriquée portait sans doute

quelque ornement en relief, tel que des *fleurons*, témoin les figures de plusieurs manuscrits³⁸⁴. Ces ornements s'obtenaient économiquement par le moulage. Nous en avons cité un exemple dans le *κισσόφυλλον* (*feuille de lierre*) du *χαλκότονον* de Philon (p. 101, fig. 15).

La *crapaudine* *bbdd* fait corps avec la chape; elle en est l'appendicé. Elle est située du côté de la surface convexe, *κρίκους συμφυεῖς*. . . *περικειμένους τῇ κυρτῇ ἐπιφανείᾳ τῶν κυλίνδρων*³⁸⁵. Elle mesure $\frac{3}{4}$ doigt de largeur et $1 \frac{1}{4}$ doigt de saillie, à partir des points *b', d', j', h'*. (Cf. fig. 24, p. 132.)

Dans les manuscrits, les lettres *B, Δ, Σ, Η*, sont adjacentes aux côtés amincis des chapes, c'est-à-dire aux *collets* *δ* reliant les *chapes* avec les *crapaudines*. Il est évident que $bd = 1 \frac{1}{4}$ doigt de saillie doit être compté à partir du bas de ces *collets*; et la longueur totale de la pièce *ad* est ainsi

$$ad = ab + bd = \left(2^d + 1 \frac{1}{4}^d\right) = 3 \frac{1}{4} \text{ doigts}^{386}.$$

Quelques manuscrits donnent $\bar{A}\zeta'\delta'' = 1 \frac{3}{4}^d$ au lieu de $\bar{A}\delta'' = 1 \frac{1}{4}^d$ pour la longueur de la *crapaudine*. L'épure ci-dessus (fig. 33) montre que la vraie dimension est $1 \frac{1}{4}$, bien que tous les manuscrits qui donnent $A\zeta'\delta''$ proviennent de la recension byzantine³⁸⁷. En effet, aux $3 \frac{1}{4}$ doigts ci-dessus, ajoutant $\frac{1}{4}$ doigt pour le rayon (diam. = $\frac{1}{2}$ doigt, *CHIROB. V, α*) de l'extrémité du *pommeau conoïde* portant les *tourillons*, on trouve $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 module, distance du dessus de la chape à l'axe du battant. Le dessus *aa* de la chape arase donc le plan externe de l'étrier.

La *crapaudine* doit son nom à l'évidement *ε* (*κρίκος*), dont la largeur est de $\frac{1}{2}$ doigt. Le mot *πλάτος* ici employé est le diamètre externe = $\frac{3}{4}$ doigt de la *crapaudine*. L'évidement de $\frac{1}{2}$ doigt de diamètre correspond à l'épaisseur *ez* des *tourillons* (fig. 28, p. 148) des battants.

Les figures 32 et 33 montrent l'harmonie de la forme et de l'installation de la *chape* et de sa *crapaudine* dans le cadre-ressort. Le réseau des diagonales tracées dans ce cadre a servi, on le voit, à déterminer les points principaux du contour de cette pièce, dont le type, choisi *a priori* parmi ceux des vases de jardin, n'avait plus qu'à s'inscrire dans le cadre d'ensemble. La figure 24 (p. 132) donne cette

forme aux *chapes* et *crapaudines*; mais la figure 33 (p. 162) en est une *variante* mieux appropriée aux exigences de la démonstration.

Orientation des Καμβέσρια.

331. Dans tous les manuscrits, la figure des *καμβέσρια* représente les deux cadres *en position symétrique*, l'un par rapport à l'autre. Celle qu'en a donnée M. Wescher³⁸⁸, d'après le manuscrit de Mynas, montre en effet la *double gorge orientée vers le dehors*. Mais le texte ne fournit aucun autre indice de la position effective des cadres. (Voir plus haut, fig. 23.)

J'ai déjà fait remarquer³⁸⁹ que les extrémités de l'*échelette* et du *toit* de la machine sont disposées en *biais symétrique*, suivant des *lignes convergeant vers l'arrière de la monture*, absolument comme les *ailerons* ou *écussons* du *παλίντονον*. Cela nous conduit à rechercher si le *biais* de la chirobaliste est aussi de *1 de base pour 2 de hauteur*.

Dans le calcul de la distance du *centre* de l'*ovale* au *pivot* des bat-tants, on a vu plus haut que, d'après le texte³⁹⁰, les *pivots* sont distants l'un de l'autre de $23 \frac{1}{2}$ doigts.

J'ai montré (n^{os} 325 et 326) que, dans chaque cadre, le *centre* de l'*ovale* est à $2 \frac{1}{2}$ doigts du *pivot* (centre de la *chape*);

Mais que, par suite du *biais* probable de $\frac{1}{2}$ pour 1, cette distance de $2 \frac{1}{2}$ doigts correspond à $2 \frac{1}{4}$ doigts mesurés sur l'axe de l'*échelette*;

Et qu'ainsi la distance *entre centres* des *ovales extrêmes* est (n^o 326) de $(23 \frac{1}{2}^d + 2 \times 2 \frac{1}{4}^d) = 28$ doigts = 8 MODULES.

332. On verra plus loin que les autres dimensions principales de l'engin répondent à 2, 4, 8 et 16 MODULES. Au surplus, dans les engins *névrotônes*, les *παλίντονα* mesurent 12 modules entre les axes des faisceaux, et les *εὐθύτονα* mesurent 4 modules. L'entr'axe des faisceaux, dans la chirobaliste, correspond à l'entr'axe des *ovales extrêmes*. Les 8 modules trouvés sont donc une *moyenne* entre les dimensions analogues du *palintone* et de l'*euthytone*.

On ne peut donc douter, par suite des 8 modules mesurés entre les centres P et Q des *ovales extrêmes*, que les *καμβέσρια* sont en effet

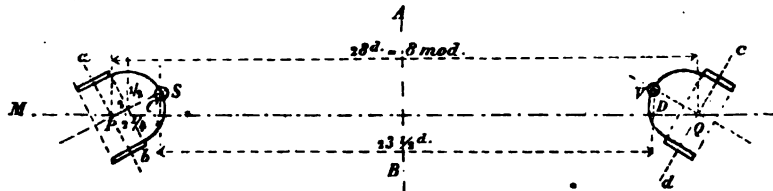
orientés, par rapport à l'entr'axe \overline{PQ} des ovals, sous l'angle $\alpha = 26^\circ 34'$, correspondant au biais de 1 de base pour $\frac{1}{4}$ de hauteur.

333. La figure 34 représente l'ensemble de cette restitution.

Il suit de là que les pivots S et Q des battants se trouvent à $\overline{CS} = \overline{VD} = \frac{1}{4} (2 \frac{1}{4}) = 1 \frac{1}{4}$ doigt en avant de l'entr'axe \overline{PQ} des ovals.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 34. Orientation des cadres-ressorts.



Échelle de 0^m.005 pour doigt ($\frac{1}{4}$ environ).

ÉPURE DE L'ÉCHELETTE.

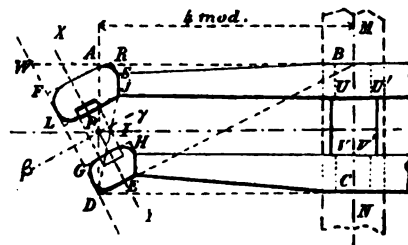
Longerons.

334. D'après l'auteur³⁹¹, les *longerons* du κλιμάκιον mesurent : l'un 26 doigts, ποδὸς ἐνὸς καὶ δακτύλων \bar{I} ; l'autre 24 doigts, ποδὸς ἐνὸς καὶ δακτύλων \bar{H} .

Dans tous les manuscrits où les lettres des figures sont complètes, les longueurs ci-dessus sont prises entre les sabots. En outre, celle de 26 doigts s'applique au *longeron d'avant* et celle de 24 doigts au *longeron d'arrière*.

On a donc (fig. 35) : $\overline{SU} = 13$ doigts et $\overline{HC} = 12$ doigts.

Fig. 35. Épure de l'échelette et des sabots.



Echelle de 0^m.0025 pour doigt = ($\frac{1}{8}$ environ).

Sous la monture \overline{MN} , l'intervalle \overline{UV} entre les longerons est de 3 doigts. En effet Héron leur donne *en cet endroit une largeur de 2 doigts*, *πρὸς τοῖς ΤΤ μέρεσι πλάτος δακτύλου Β*³⁹². On a donc $\overline{BU} = \overline{VC} = 2$ doigts. Et, comme la *largeur de l'échelette* correspond au *tasseau* $\overline{BC} = 7$ doigts = 2 modules, découpé sous la monture, les deux longerons se trouvent à 3 doigts l'un de l'autre.

Aux extrémités, la largeur des longerons est réduite à $1 \frac{1}{4}$ doigt, *δάκτυλον ἓνα τέταρτον*³⁹³. Ainsi $\overline{SJ} = \overline{HE} = 1 \frac{1}{4}$ doigt.

Quant à leur *écartement*, il est maintenu à 3 doigts, soit $\overline{JH} = \overline{UV}$; mais les bords internes \overline{JU} et \overline{HV} des longerons ne sont pas parallèles à l'axe de l'échelette. Ils fléchissent vers l'avant, chacun de $\frac{1}{4}$ doigt. Le fait sera mis en évidence ci-après, par la justification mathématique de l'épure des sabots.

335. L'épaisseur des longerons n'est pas donnée. On verra plus loin qu'elle doit être de 1 doigt. Cette dimension procure d'ailleurs au longeron la section de 2 de base pour 1 de hauteur, proportion antique répandue à profusion dans toutes les pièces de la chirobaliste.

Entretoise.

336. Au centre de l'échelette, sous la monture, se trouve une *entretoise* $UVU'V'$, de $2 \frac{1}{4}$ doigts de largeur, sur 3 doigts de longueur en œuvre, *μῆκος χωρὶς τῶν τόρμων δακτύλου Γ*³⁹⁴. Ces 3 doigts confirment l'écartement des longerons, que l'entretoise sert à contreventer. Ils prouvent encore que l'échelette mesure 7 doigts de *largeur totale en son milieu*, et qu'ainsi elle s'adapte exactement sous le tasseau de 7 doigts de la monture.

L'entretoise s'assemble à *tenon et mortaise*. Les tenons mesurent $\frac{1}{4}$ doigt d'épaisseur, sur 2 doigts de longueur et largeur : ils traversent les longerons de part en part.

Sabots.

337. Les *sabots* (τόρμοι) sont découpés dans le même morceau de bois que le longeron correspondant³⁹⁵. Tels sont (fig. 35) les abouts

\overline{AL} et \overline{HD} de l'échelette. Tout le travail se fait à la scie, avec une extrême simplicité. L'obliquité des ailes de la machine exige que les sabots fassent corps avec les longerons. Le bois était abondant chez les anciens.

La section des sabots est un carré de 2 doigts de côté, $\pi\acute{\alpha}\chi\omicron\varsigma$ $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu$ $\delta\acute{\upsilon}\omicron$ ³⁹⁶. Dans Héron d'Alexandrie, une dimension *unique*, exprimée par $\pi\acute{\alpha}\chi\omicron\varsigma$, $\pi\lambda\acute{\alpha}\tau\omicron\varsigma$ ou $\epsilon\acute{\upsilon}\rho\omicron\varsigma$, indique toujours le *diamètre* d'un *cercle* ou le *côté* d'un *carré*. On en a vu un exemple (n° 329), avec $\epsilon\acute{\upsilon}\rho\omicron\varsigma$, dans la description des *chapes des pivots*. On en trouvera d'autres plus loin.

338. L'auteur ne dit rien de la *longueur* des sabots³⁹⁷. La figure 35 (p. 165) montre qu'il eût été difficile de l'indiquer clairement. Trois lignes plus haut, l'auteur renvoie d'ailleurs au dessin. Ici probablement, comme pour les $\kappa\alpha\mu\beta\acute{\epsilon}\sigma\iota\rho\iota\alpha$, le $\kappa\alpha\mu\acute{\alpha}\rho\iota\omicron\nu$, les $\kappa\omega\nu\omicron\epsilon\iota\delta\eta$ et les pièces du *déclit* ($\kappa\lambda\epsilon\acute{\iota}\sigma\iota\varsigma$), la figure suppléait le texte.

339. Ainsi que je l'ai indiqué plus haut, l'échelette s'applique transversalement *sous le tasseau* découpé dans la monture, à 28 doigts ou 8 *modules* du fond de la *croisse*.

Traçons donc le rectangle \overline{ABCD} (fig. 36), de 2 *modules* de largeur au droit du tasseau. Dans ce rectangle sera inscrite la moitié de l'échelette.

De plus, prenons la base \overline{AB} double de la hauteur \overline{BC} , conformément au principe antique déjà signalé. On aura $\overline{AB} = 4$ *modules*; et \overline{AD} coupera l'axe \overline{MN} de l'échelette en P, centre des ovals des $\kappa\alpha\mu\beta\acute{\epsilon}\sigma\iota\rho\iota\alpha$, ainsi qu'on l'a vu précédemment. On aura de même $\overline{DC} = 4$ *modules* (fig. 36).

Or, la queue E de la coulisse étant à 8 *modules* de C, on a (fig. 36) $\overline{DC} = \frac{1}{2} \overline{CE}$. Donc, en menant \overline{EDW} , on détermine le *biais* extrême, de 1 de base pour 2 de hauteur, que l'analogie avec le $\pi\alpha\lambda\acute{\iota}\nu\tau\omicron\nu\omicron\nu$ assigne à l'échelette.

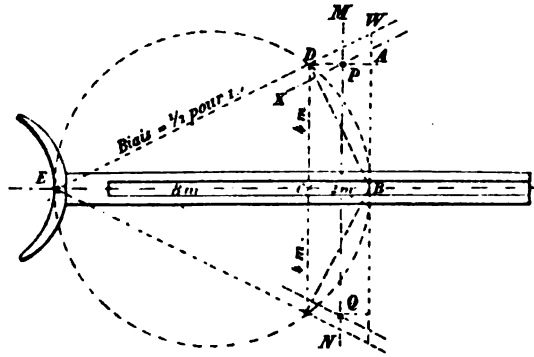
On voit de suite que D appartient à la circonférence décrite sur \overline{EB} comme diamètre (fig. 36). Démontrons que la ligne *biaise* \overline{EDW} limite l'extrémité même des sabots.

Je mène d'abord (fig. 35) la diagonale \overline{DB} . L'angle \overline{BDW} est droit.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Les sabots, POINTS D'APPUI de la flexion des ressorts, doivent en effet être D'ÉQUERRE SUR \overline{DE} , c'est-à-dire parallèles à \overline{BD} .

Fig. 36. Convergence du biais DW vers la queue E de la coulisse.



Échelle de 0^m,00125 pour doigt = ($\frac{1}{16}$ environ).

Évidemment le point D appartient au sabot d'arrière (fig. 35), dont le demi-longeron mesure 12 doigts. Soit donc \overline{HE} parallèle à \overline{AD} , à l'intervalle $\overline{DE} = 2$ doigts. Comme $\overline{DC} = 14$ doigts, on a $\overline{HV} = 12$ doigts. Je prends $\overline{EH} = 1\frac{1}{4}$ doigt. Je joins \overline{HV} et \overline{EC} , et j'obtiens ainsi les arêtes du longeron d'arrière. De même, \overline{DE} et \overline{EH} sont des arêtes du sabot postérieur de l'échelette.

Cela posé, je prends $\overline{DG} = 2$ doigts, largeur donnée du sabot. Je mène \overline{GI} parallèle à \overline{DE} et \overline{HI} parallèle à \overline{DW} . J'achève ainsi le contour \overline{DEHIG} du sabot d'arrière, de $2\frac{3}{4}$ doigts de longueur maxima, et minima de $2\frac{1}{4}$ doigts, comme il résulte du tracé grandeur d'exécution.

D'une façon analogue, je construis le sabot d'avant. Je mène \overline{JU} parallèle à \overline{HV} , et je prends \overline{SJ} parallèle à \overline{AD} , à 1 doigt de distance. J'ai alors $\overline{JU} = 13$ doigts, demi-longueur du longeron. Je prends $\overline{SJ} = 1\frac{1}{4}$ doigt, et je joins \overline{SB} . La figure \overline{SJUB} est celle du longeron d'avant.

Maintenant, je prends \overline{JL} parallèle à \overline{GI} . Je mesure $\overline{LF} = 2$ doigts, puis je mène \overline{FR} parallèle à \overline{JL} , et enfin \overline{SR} parallèle à \overline{LF} . Le contour \overline{LJSRF} est celui du sabot d'avant.

Sa longueur maxima est de $3\frac{3}{4}$ doigts, et sa longueur minima de

$3\frac{1}{4}$ doigts, d'après l'épure grandeur d'exécution (fig. 37, p. 170). Ces dimensions se vérifient également par le calcul.

Particularités de l'épure des sabots.

340. Du tracé qui précède, il résulte (fig. 35) :

a. Que l'angle antérieur R du sabot d'avant sort du rectangle \overline{ABCD} . Il devait donc être arrondi, pour se limiter à \overline{AB} . De même, les autres arêtes verticales des sabots doivent être arrondies.

b. Que l'intervalle \overline{LG} entre les sabots est de $2\frac{1}{4}$ doigts. La largeur extrême \overline{FD} , suivant le biais, mesurée de dehors en dehors, est ainsi $2^d + 2^d\frac{1}{4} + 2^d = 6\frac{1}{4}$ doigts.

c. Que si l'on mène, à mi-distance entre les sabots, une parallèle $\overline{\beta\gamma}$ à leur direction, cette parallèle passera au centre P même de l'ovale adjacent³⁹⁸. Ce résultat remarquable implique la justesse mathématique de la restitution ci-dessus des sabots.

d. Que dès lors le plan médian des *καμβέσπρια* aura pour axe \overline{XY} , orienté sous le biais antique et passant par le centre P du ressort.

Installation des Καμβέσπρια.

341. L'orientation des cadres à ressorts résulte naturellement de ce qui précède.

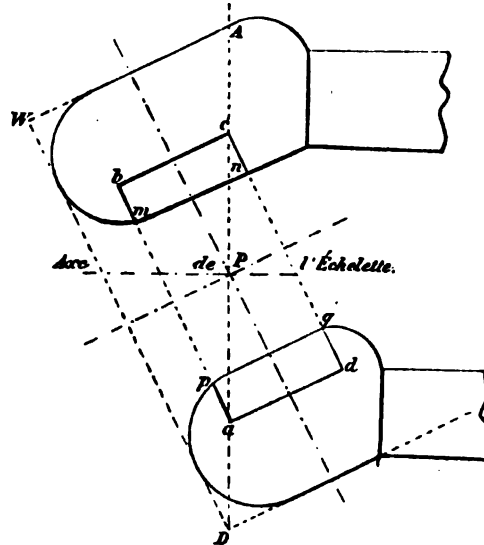
L'arête externe du montant à gorge de ce cadre, limite de la cage, tombe en *a* (fig. 37) sur l'axe \overline{AD} , comme on peut le vérifier par le calcul. La face postérieure du *καμάριον* ou portique mesure donc, entre les arêtes extérieures des cadres, une longueur de 28 doigts = 8 modules.

Sur l'axe \overline{AD} tombe également en *c* l'arête interne du montant antérieur du cadre. Son arête externe *b* est à environ $\frac{1}{4}$ module de l'axe \overline{AD} . La face antérieure du portique mesure donc, entre les arêtes externes des cadres, une longueur d'environ $31\frac{1}{4}$ doigts = 9 modules³⁹⁹ (fig. 37).

342. Les anciens n'attribuaient qu'une importance secondaire à la longueur d'avant de la cage. Philon ne donne que la petite base (arrière)

du trapèze *palintone*, rappelé ici par l'échelette⁴⁰⁰. Vitruve de même,

Fig. 37. Épure des sabots.



Échelle de 0^m.010 pour doigt = ($\frac{1}{4}$ environ).

ajoutant vaguement que la *base extérieure de ce trapèze résulte de la combinaison du biais avec la courbure latérale des écussons*⁴⁰¹. En un mot, les Grecs ne cherchaient guère l'harmonie des proportions que dans les parties de leurs machines exposées aux regards de leurs propres servants. A distance, l'ennemi n'en pouvait saisir le détail. Aussi bien ses critiques eussent médiocrement ému le personnel de la batterie.

Élévation des sabots.

343. Les *sabots* dépassent de 1 doigt en hauteur (fig. 39, p. 173) le dessus des longerons, dont le dessous s'arase en un même plan avec les sabots. L'épure ci-dessus (fig. 37) indique des entailles prismatiques *adqp*, *mnb c*, recevant le pied du *καυδέσσιριον*. On verra plus loin (n° 354) que ces entailles mesurent : profondeur = $\frac{1}{4}$ doigt, longueur = $1 \frac{3}{4}$ doigt et largeur = $\frac{3}{4}$ doigt.

Conséquences du biais des sabots.

344. En résumé, dans la chirobaliste, non-seulement l'organe *ballistique* se trouve orienté sous le même biais que dans l'engin *παλίντονον*, mais les arêtes des ailes latérales convergent, sous le même biais, à la queue même de la monture. Il en était sans doute de même dans le *παλίντονον*, les arêtes externes des écussons allant concourir sur la queue de la coulisse. Le treuil restait d'ailleurs en arrière de ce point, comme la crosse dans la chirobaliste. Cette analogie permet de restituer exactement la position de la cage *névrotone*, par rapport à la coulisse, position que n'indique aucun texte, et sur laquelle je reviendrai à propos du *palintone*.

Arcs-boutants de l'échelette.

345. « Enfin, dit Héron⁴⁰², à droite et à gauche de l'entretoise, il faut clouer sur les longerons des côtes *arquées* ($\tau\acute{\alpha} \zeta$) ayant 13 doigts de long, 1 doigt de large et une épaisseur *proportionnée* (*σύμμετρον*). L'entrecôte doit être évidé (*τετρήσθωσαν κατὰ τὸ μέσον*) sur une longueur de $2\frac{1}{2}$ doigts. »

La quantité 13 doigts⁴⁰³ est une correction que j'ai faite au texte, qui donne 3 doigts. Elle est parfaitement justifiée par l'épure (fig. 38), et aussi par la méthode paléographique⁴⁰⁴. Elle correspond à la partie visible des *arcs-boutants*, mesurée entre *ac* et *bc*.

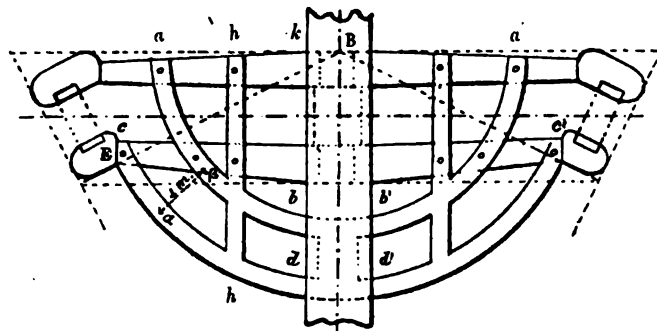
Leur largeur étant de 1 doigt, le *πάχος σύμμετρον* correspond à $\frac{1}{2}$ doigt, en vertu du *rectangle antique*, déjà retrouvé dans la section transversale des longerons.

346. Dans ma première édition, j'expliquais *τετρήσθωσαν κατὰ τὸ μέσον* en admettant que les *arcs-boutants* se joignaient deux à deux sous la monture, par un assemblage à onglet⁴⁰⁵. Mais ce que j'ai dit plus haut de la simplicité du travail de découpage des sabots, dans le même bois que les longerons, s'applique également ici aux *arcs-boutants* de l'échelette. *Ils se traçaient, avec leurs entretoises, sur une planchette unique, et se découpaient ensuite à la scie.* Tel est, selon moi, le

sens définitif de *τετρήσθωσαν κατὰ τὸ μέσον*, indiquant avec intention la main-d'œuvre de l'évidement compris entre les arcs-boutants. Nos ébénistes diraient : *Les côtes sont de bois mince ΔΙΟΥΡÉ.*

347. Dans tous les manuscrits, les côtes sont dessinées avec une netteté parfaite. Leur ajustage sur l'échelette et sous la monture ne peut soulever aucun doute. Leur courbure rappelle le tracé de l'arête postérieure (*τὸ κάτω μέρος*) de la *tablette du bâti euthytone*⁴⁰⁶, centrée en B sur l'arête rectiligne antérieure. Ici encore l'inventeur respecte la tradition antique, tout en s'efforçant d'alléger le système. Les *arcs-boutants*, avec leurs *traverses*, forment une sorte de *gril*, fixé sur l'échelette au moyen de *clous à tête sphérique*, et *reliant la cage avec la monture*⁴⁰⁷. La figure 38 ci-dessous en reproduit le détail⁴⁰⁸.

Fig. 38. Épure générale de l'échelette.



Échelle de 0^m.0025 pour doigt = ($\frac{1}{4}$ environ).

On a vu plus haut (n° 138), quel rôle élégant jouaient ces arcs-boutants, au point de vue de l'aspect général de l'arme.

348. Il est naturel de raccorder l'arc extérieur *cd* perpendiculairement à la direction *BE* du sabot d'arrière. Dès lors son centre se trouve en B, sur le longeron d'avant; car, d'après la figure 35, la ligne *DE* prolongée tombe en B. Le rayon de la côte externe est donc $\overline{EB} = 1\frac{3}{4}$ doigts environ.

La côte interne est concentrique à la précédente. L'intervalle entre les deux est de $2\frac{1}{4}$ doigts. Il en résulte que le rayon de l'arc arrière de la côte interne est de 10 doigts.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

L'arc moyen de la grande côte a 13 *doigts* de rayon; celui de la petite côte 9 $\frac{1}{2}$ *doigts*. La différence des rayons moyens, entr'axe des arcs-boutants, est donc $\overline{\alpha\beta} = 3 \frac{1}{2}$ *doigts* = 1 *module*.

La traverse *hh* qui réunit les deux côtes est à mi-distance $ah = kh$ de l'extrémité intérieure de la petite côte au bord de la coulisse. Son axe est à 5 *doigts* de celui de la machine.

On verra plus loin, dans la synthèse de la batterie, la relation de position qui existe entre les côtes, la *gâchette*, le *serpenteau* et la *bascule*.

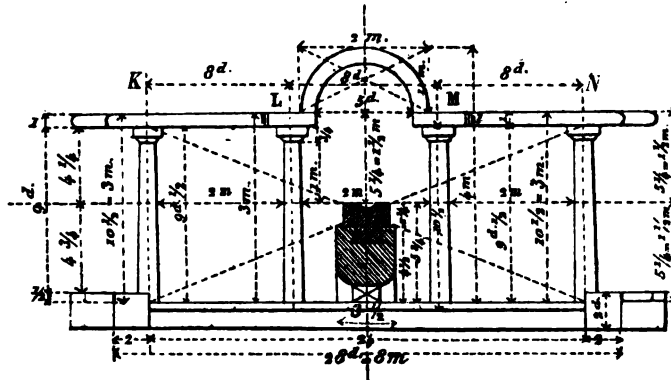
VOÛTE ET PORTIQUE.

Épure de l'arcade.

349. La *voûte* et le *portique* sont très-nettement représentés en élévation dans tous les manuscrits. La voûte, de 5 *doigts* d'ouverture, est au centre du portique (fig. 39). Elle est en plein cintre, et son centre est dans le plan supérieur du toit. L'ouverture de la voûte permet l'introduction de la main dans la cage, soit pour poser la *flèche* ou pour armer la batterie : 5 *doigts* mesurent, en effet, la largeur de la main.

Le texte grec ne dit rien de l'épaisseur de la voûte ni de celle du toit. Il est aisé de la déterminer.

Fig. 39. Élévation du portique.



Échelle = 0^m.0025 pour doigt = ($\frac{1}{3}$ environ).

350. En juste proportion, la voûte doit mesurer, à l'extrados, une

largeur double de sa montée, de manière à se trouver inscriptible dans le *rectangle antique*. En lui donnant 1 doigt d'épaisseur, on trouve :

Largeur de l'extrados = $5^d + 2 \times 1^d = 7$ doigts = 2 *modules*.

Montée de l'extrados = $2^d \frac{1}{2} + 1^d = 3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 *module*.

351. Comparée à la *longueur totale* du portique, entre les arêtes externes postérieures des ressorts, la *largeur* de l'extrados en est le *quart*. De même, sa *hauteur* en contre-haut du toit est le *quart* de la *hauteur totale du portique, voûte comprise*, en contre-haut du dessus du *gril*.

En effet, Héron donne au toit et aux *fourchettes extrêmes* une *épaisseur uniforme*. C'est ainsi qu'il faut interpréter le passage *πάχος δὲ ἐχέτω ἴσον τῶν προειρημένων κανονίων* du § IV du texte⁴⁰⁹. Le toit aura donc 1 doigt d'épaisseur.

Ici encore, le procédé de confection le plus économique, pour la voûte et ses appendices, revient à *les découper dans un même madrier*, de $4 \frac{1}{4}$ doigts d'épaisseur.

352. Les *colonnettes* du portique ont 10 doigts de hauteur, sans compter les tenons, *μῆκος χωρὶς τῶν τόρμων δακτύλους Ἰ*⁴¹⁰. Tous les manuscrits donnent *δακτύλους Ἰ* = (3 doigts). On va comprendre que la correction de $\bar{\Gamma}$ en $\bar{\text{I}}$, si naturelle au point de vue paléographique, est imposée par l'épure même.

353. En l'admettant, par hypothèse, on voit que le dessus du toit sera à $(10 + 1) = 11$ doigts en contre-haut de l'échelette, soit à $10 \frac{1}{2}$ doigts = 3 *modules* en contre-haut du *gril*, dont l'épaisseur est de $\frac{1}{2}$ doigt. C'est ce qu'indique la figure 39 ci-dessus, où l'épaisseur de l'échelette et du gril réunis forme le *soubassement* du portique, et ne compte point par conséquent dans les proportions harmoniques de son élévation.

Le portique mesure donc en hauteur 3 *modules* jusqu'au-dessus du toit, et 4 *modules* jusqu'au sommet d'extrados de la voûte⁴¹¹. Sa largeur étant d'ailleurs de 2 *modules* (celle de l'échelette), le portique

mesure les dimensions suivantes : largeur = 2 *modules*, hauteur = 4 *modules*, longueur = 8 *modules*.

On verra bientôt que la longueur totale de l'engin est de 16 *modules*⁴¹²; de sorte que son *canevas général* est réglé sur les proportions *harmoniques* de 2, 4, 8, 16 *MODULES*.

354. La correction « *δακτύλους Ἰ* » est donc justifiée par l'harmonie graphique qui en est la conséquence. Au surplus, les 10 $\frac{1}{2}$ doigts d'intervalle entre le *gril* et le *dessus du toit* sont la hauteur même des *καμσέρια*⁴¹³. Ce rapprochement indique que le *sommet des cadres arase le plan supérieur du toit*, et que le *fond des entailles* qui en logent le pied dans le bois des *sabots* se trouve dans le *plan supérieur du gril*. Les entailles *mncb*, *adqp* (fig. 37) ont donc $\frac{1}{2}$ doigt de profondeur. On a d'ailleurs $bm = ap = \frac{1}{4} (3\frac{1}{2} - 2\frac{1}{4}) = \frac{1}{8}$ doigt et $mn = pq = 1\frac{1}{4}$ doigt.

355. Voici une nouvelle et décisive preuve de ce qui précède :

Les *καμσέρια* mesurant 10 $\frac{1}{2}$ doigts de hauteur, le *plan du battement balistique* doit se trouver à 5 $\frac{1}{2}$ doigts en *contre-haut du gril*; soit à $(5\frac{1}{2} + \frac{1}{2}) = 5\frac{3}{4}$ doigts en *contre-haut de l'échelette*.

Or la coulisse mesure, en hauteur de section

transversale, tasseau compris. 4 $\frac{1}{2}$ doigts.

Hauteur du tiroir en contre-haut (d'après le

texte⁴¹⁴) 1 $\frac{1}{4}$

ENSEMBLE 5 $\frac{3}{4}$ doigts.

Le *plan de battement des bras arase donc le dessus du tiroir*, ce qui est rigoureusement logique. La position assignée plus haut aux *καμσέρια* est donc mathématiquement certaine.

Enfin, le *dessus du tiroir* se trouve à 1 $\frac{1}{2}$ *module* en *contre-bas du plan supérieur du toit* ou du *centre de la voûte*. En effet, du tiroir au toit, la hauteur est $(10 - 5\frac{3}{4}) = 4\frac{1}{4}$ doigts. Ajoutant 1 doigt pour l'épaisseur du toit, on obtient 5 $\frac{1}{4}$ doigts = 1 $\frac{1}{2}$ *module*.

Il y a également 1 $\frac{1}{2}$ *module* du dessus du gril au dessus du tiroir.

LA
CHIROPALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Colonnettes.

356. La position des *colonnettes* est très-nettement indiquée par les figures des manuscrits. Celles *de flanc* sont montées sur le *longeron d'avant*, et celles *du milieu* reposent sur le *longeron d'arrière* de l'échelette.

J'ai démontré⁴¹⁵ que l'expression *εις τρία ἴσα* doit s'entendre de l'*équidistance* des colonnettes, vues en élévation, comme les représente plus haut la figure 39. Elles divisent le portique en trois compartiments égaux $\overline{KL} = \overline{LM} = \overline{MN}$. Mais quelle doit être la largeur de ces compartiments? Quel est le *diamètre des colonnettes*? L'auteur n'en dit absolument rien.

Il est naturel de chercher à placer l'*arête interne* des colonnettes centrales à l'*aplomb de retombée de l'extrados*. En donnant au chapiteau une hauteur de $\frac{3}{4}$ doigt et une largeur de 2 doigts, on obtient une arcade d'une grande légèreté. La naissance du chapiteau se trouve alors à $3\frac{1}{4}$ doigts = 1 *module* en contre-haut du tiroir. D'un autre côté, l'intervalle des colonnettes centrales est de 7 doigts ou 2 *modules*. Identique doit être l'intervalle entre ces colonnettes et les deux autres.

357. Quant au diamètre des colonnettes, il est de 1 doigt. Le texte dit *δακτύλου* \overline{BC} dans les manuscrits principaux. Il est probable que la rédaction originale donnait *δάκτυλον ἕνα*. Un diamètre de $2\frac{1}{4}$ doigts est complètement inadmissible, et l'altération supposée n'a rien que de très-vraisemblable⁴¹⁶.

Ici encore la grosseur des colonnettes est donnée par une seule dimension, *πλάτος*⁴¹⁷. On en pourrait conclure qu'elles sont *carrées*. Mais l'auteur indiquant qu'elles s'adaptent à l'échelette par des trous ronds, *τρήμασι στρογγύλοις*⁴¹⁸, il est certain que les colonnettes étaient *cylindriques*, c'est-à-dire *tournées*, le *tailloir* seul du chapiteau demeurant *carré*.

Il est de bon goût de leur donner une forme légèrement conique. On peut porter la base à $1\frac{1}{4}$ doigt de diamètre. Quant aux *tourillons*

d'assemblage avec l'échelette et avec le toit, leur diamètre peut être fixé à $\frac{2}{3}$ doigt sur 1 doigt de longueur.

L'intervalle entre les colonnettes extrêmes sera ainsi de (6 modules + 2 doigts) = 23 doigts.

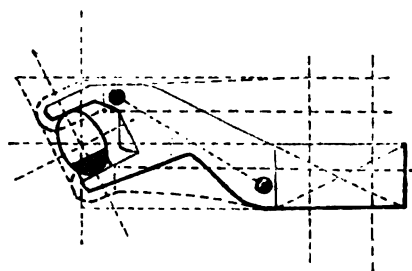
Les axes extrêmes sont à 24 doigts l'un de l'autre, et l'entr'axe de deux colonnettes adjacentes, en élévation, est de 8 doigts.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

MAINS SYMBOLIQUES.

358. Tous les manuscrits indiquent, à chaque extrémité du toit, une sorte d'échancrure, formée par une fourchette à branches inégales, ayant évidemment pour fonction de MAINTENIR le sommet des $\kappa\alpha\mu\beta\acute{\epsilon}\sigma\tau\eta\rho\alpha$, à l'instar de l'entaille des sabots de l'échelette. Ces branches doivent donc s'orienter parallèlement aux sabots (fig. 40).

Fig. 40. Croquis d'induction déterminant l'existence des mains symboliques.



Échelle = 0^m,0025 pour doigt = ($\frac{1}{4}$ environ).

Leur écartement, $\acute{\omega}\varsigma$ $\delta\alpha\kappa\upsilon\tau\lambda\omega\nu$ $\overline{\Gamma\text{C}}$, dit le texte, est de $3\frac{1}{4}$ doigts = 1 module. J'ai démontré précédemment ⁴¹⁹, que le mot $\acute{\omega}\varsigma$ est une expression superflue, et que Héron l'emploie souvent, même devant des dimensions certaines. Ici pourtant il semble avoir commis une légère erreur, attendu que le cadre à ressort mesure, de dehors en dehors : $(3\frac{1}{4} + \frac{1}{4}) = 3\frac{2}{4}$ doigts. Je ne crois pas pourtant que le mot $\acute{\omega}\varsigma$ ait eu pour objet d'indiquer ici une approximation. C'est par compression que le cadre-ressort, de $3\frac{2}{4}$ doigts de largeur externe, se loge dans l'intervalle de $3\frac{1}{4}$ doigts = 1 module, fourni par l'échancrure du toit. La tension initiale, ainsi donnée aux ressorts, les maintient serrés

I. A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

dans l'échancrure du toit; elle est d'ailleurs très-favorable à l'effet balistique⁴²⁰.

359. Héron n'assigne aux branches du toit qu'une seule dimension transversale, *πάχος ἴσον τῶν προειρημένων κανονίων*⁴²¹. Elles sont donc carrées ou rondes, de 1 doigt d'épaisseur ou de diamètre, comme les autres pièces (du toit) décrites précédemment.

L'auteur observe qu'il y a $23 \frac{1}{2}$ doigts entre les fonds des échancrures⁴²². C'est à partir des plans transversaux correspondants qu'il compte « 4 doigts de saillie aux branches d'avant et 2 doigts de saillie « à celles d'arrière⁴²³. » Elles se mesurent parallèlement à l'axe de l'échelette et à partir des pivots, dont l'entr'axe est (fig. 34, p. 165) de $23 \frac{1}{2}$ doigts.

360. Si l'on construit en plan le cadre des ressorts, ainsi que les branches qui le retiennent par le haut, on obtient (fig. 40, p. 177) une forme approximative de l'aile du toit, dont l'intention devient saisissante, lorsqu'on cherche à la raccorder avec le plan de la voûte centrale du portique. Mais il faut, pour cela, tenir compte de la distribution des colonnettes.

A l'unanimité des manuscrits, elles sont réparties sur l'échelette comme on l'a vu plus haut (fig. 26, p. 138). Il en résulte que la voûte, soutenue seulement par les deux colonnettes d'arrière, ne doit pas occuper toute la largeur de l'échelette, qu'elle couvrirait alors en porte-à-faux. Il est rationnel de réduire la longueur de la voûte à la demi-largeur de l'échelette, soit à 1 module

361. D'un autre côté, il est naturel d'admettre que la portion du toit qui relie les fourchettes extrêmes aux retombées de la voûte suit sensiblement la ligne qui va de la colonnette d'avant à celle du portique.

En se guidant sur ces diverses conjectures, on obtient l'esquisse (fig. 40) donnée plus haut.

Si incorrect que soit ce tracé, il éveille spontanément l'idée de la MAIN HUMAINE ET DE L'AVANT-BRAS allant se raccorder avec le flanc de la voûte.

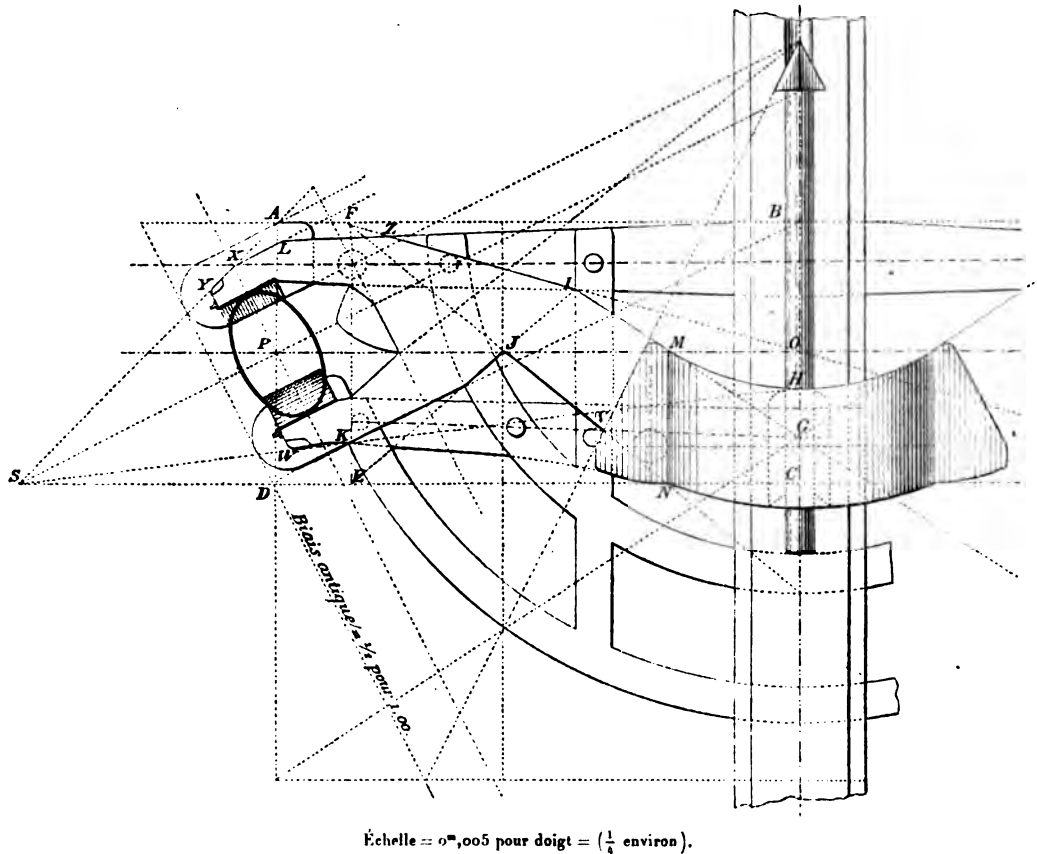
C'est ainsi que j'ai retrouvé le principe du décor symbolique justifiant le nom de BALISTE à MAINS ou *Main qui lance*, donné à la ma-

chine⁴²⁴, et dont l'idée primordiale fut peut-être simplement de rappeler que l'échancrure servait à MAINTENIR l'organe balistique de l'engin.

362. La figure 41 ci-dessous reproduit le tracé perfectionné du DÉCOR VIVANT de la *χειροβαλλίστρα*.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 41. Épure de la main symbolique et de ses lignes enveloppes.



Pour le justifier, je l'encadre dans la projection horizontale de l'échelette, dont les sabots enveloppent régulièrement les doigts de la main. Les colonnettes y occupent également une position très-naturellement autorisée par l'épure. Enfin les lignes principales de la main et du bras y sont orientées suivant des directions indiquées en pointillé, convergeant vers les sommets principaux de l'échelette. Je les passerai en revue ci-

après dans l'énumération des vérifications de l'épure. Il s'agit, en effet, d'un *décor vivant*, encadré dans un *tracé à lignes rigides*. L'harmonie n'en peut ressortir qu'à la condition d'y *montrer les lignes caractéristiques de chaque tracé concourant aux points les plus saillants de l'autre*. Je suis très-persuadé que telle était la méthode des anciens⁴²⁵.

Épure des mains.

363. La figure 41 ci-dessus contient tous les éléments du tracé des mains symboliques.

a. Sur le *longeron d'arrière* et sur la *largeur de l'échelette*, on construit un rectangle \overline{FBCE} , et, en joignant le sommet F au centre O de l'échelette, on obtient la ligne \overline{FI} déterminant le *dos de la main*.

b. On construit ensuite le rectangle \overline{MOCN} , figurant la *projection du demi-extrados* de la voûte. La diagonale \overline{FN} , menée du sommet *arrière* N de ce rectangle au sommet *avant* F du précédent, détermine la *ligne inférieure JV* de l'*avant-bras*.

c. La diagonale \overline{MG} , menée du sommet M *antérieur* de la projection de la demi-voûte, à l'intersection I du *dos* de la main avec l'*arête postérieure* du longeron *d'avant*, détermine le *dessus IM* de l'*avant-bras*.

d. L'*arête postérieure DK* du *sabot d'arrière*, étant prolongée, coupe le front de l'échelette en B sur l'axe du tiroir. Cette ligne \overline{DB} est *tangente à la courbure formée par la base KJ* du pouce.

e. La *phalange inférieure LZ* du *doigt supérieur* est déterminée par l'*arête LB* du longeron *d'avant*. Sa *phalange moyenne LX* est limitée par la *parallèle aux sabots tangente aux crochets de la corde archère*. Sa *petite phalange XY*, prolongée, coupe l'*arrière* de l'échelette à son intersection S avec le petit axe \overline{SP} de l'ovale et avec l'*arrière DC* prolongé du rectangle \overline{ABCD} .

f. La courbure de raccordement du pouce avec l'*avant-bras JV* est *tangente à EI*, diagonale joignant les *naissances supérieure I* et *inférieure J* de la *main* proprement dite. Cette diagonale passe d'ailleurs au sommet inférieur E du rectangle \overline{FBCE} construit sur la *largeur BC* de l'échelette et sur le *longeron d'arrière EC*.

g. La phalange moyenne du *pouce* est tangente à la diagonale \overline{DB} du rectangle construit sur la largeur \overline{BC} de l'échelette et sur le demi-entr'axe \overline{PO} des cadres-ressorts. Enfin la phalange extrême \overline{KW} du *pouce* est tangente à \overline{SH} , diagonale joignant le centre H du front antérieur de la voûte avec l'intersection S du front postérieur \overline{DC} de l'échelette et l'axe transversal \overline{SP} du cadre-ressort.

364. Le mode de tracé ci-dessus permettait de *dessiner sans tâtonnement et de déconper à la scie*, dans la planchette du toit, le PROFIL DES MAINS SYMBOLIQUES. Comme on vient de le voir, il procède théoriquement d'une combinaison savante, inspirée par un sentiment profond de l'art, c'est-à-dire de la nature. Celle-ci ne pouvait donc manquer à simplifier encore l'exécution pratique du tracé en question.

MONTURE.

Coulisse.

365. J'ai déjà fait remarquer la *convergence des ailes du portique vers l'arrière de la coulisse* ou *monture*, situé à 28 doigts = 8 modules du bâti. La figure 42 ci-après montre, en effet, que \overline{WD} , limite latérale de l'échelette, converge en β , limite arrière de la monture.

La monture $\beta\zeta$ mesure 52 doigts de longueur. Comme l'indique Philon de Byzance pour les engins *cuthytones*⁴²⁶, elle devrait avoir 56 doigts ou 16 modules, au lieu de 52 doigts.

Crosse.

Les 4 doigts manquants correspondent à la flèche $\beta\alpha$ de courbure de la crosse \overline{MN} . Quant à l'ouverture de celle-ci, elle correspond à la courbure du ventre d'un homme ordinaire, soit à 4 modules = 14 doigts. Son rayon est alors de 10 doigts⁴²⁷.

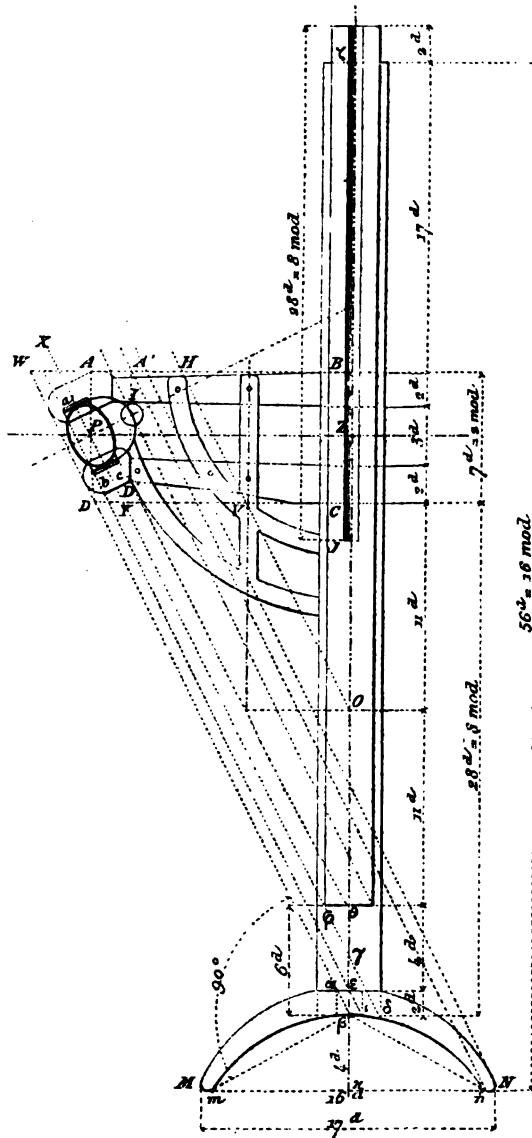
En donnant 1 doigt d'épaisseur aux abouts de la crosse, on trouve pour sa longueur totale 17. Il en résulte que le creux ou segment évidé de la crosse est inscrit dans un rectangle de 4 de base pour 1 de hauteur, double du rectangle antique. On a ainsi $m\alpha = 2\alpha\beta$, et par suite $m\beta$ est à angle droit avec $\overline{D\beta}$. Je signalerai ci-après d'autres concordances du tracé de la crosse avec l'épure générale du système.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Tasseau.

366. Le tasseau *abcd* (fig. 43, p. 186) a 7 doigts = 2 modules de longueur. J'ai fait remarquer⁴²⁸ que cette partie de la monture est un relief

Fig. 42. Épure des directrices biaises reliant l'échelette avec la coulisse.



Echelle de 0^m,0025 pour doigt = ($\frac{1}{4}$ division).

et non le *creux* qu'y avait vu M. Vincent. Sa saillie *bc* est de $1\frac{1}{2}$ doigt. Ainsi que l'explique Héron⁴²⁹, le tasseau est *découpé dans le même bois que la coulisse*.

Le plan médian \overline{PZ} (fig. 42) de la cage se trouve à 9 *modules* du fond β de la crosse, soit à 60 centimètres de l'œil du tireur. C'est la *longueur du bras*, depuis l'épaule jusqu'au centre de la main. En visant le but, l'archer tenait donc à *bras tendu* la machine, dont le centre de gravité reposait sensiblement sur sa main gauche.

Assemblage avec l'échelette.

367. La *coulisse* (fig. 39, p. 173) mesure $3\frac{1}{2}$ doigts = 1 *module de largeur*, sur 3 doigts d'épaisseur courante. Au droit du tasseau, l'épaisseur est de $4\frac{1}{4}$ doigts. Les arêtes du bois, surtout celles du dessous, sont adoucies en quart de rond.

L'*échelette* est fixée à la coulisse au moyen de deux *petits boulons* (fig. 43, p. 186) *traversant l'axe des longerons*⁴³⁰. En donnant à leurs têtes $\frac{1}{4}$ doigt d'épaisseur, on trouve 7 doigts = 2 *modules*, entre le dessous de ces têtes et le dessus du tiroir, savoir : Têtes des boulons = $\frac{1}{4}$; épaisseur des longerons = 1; tasseau = $1\frac{1}{2}$; coulisse = 3; et tiroir = $1\frac{1}{4}$; ensemble 7 doigts = 2 *modules*.

TIROIR.

368. La *section supérieure du tiroir* mesure « $2\frac{1}{2}$ doigts de large sur $1\frac{1}{4}$ de hauteur, $\omega\lambda\acute{\alpha}\tau\omicron\varsigma \omega\varsigma [\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omicron\upsilon\varsigma] \overline{BC}$, τὸ δὲ πλάτος δάκτυλον \overline{AD} ⁴³¹. » Nouvelle application du *rectangle antique*.

La *queue d'aronde* engagée dans la *rainure* de la *monture* a 1 doigt de hauteur. Sa base inférieure mesure 2 doigts de large et sa base supérieure $1\frac{1}{4}$ doigt.

Le tiroir mesure 48 doigts de longueur totale, dont 22 à l'arrière de la cage. La *volée*, ou portion antérieure, serait ainsi de 26 doigts. Mais il faut réserver ce nom pour la partie qui correspond à la *cannelure* destinée à recevoir le trait.

369. *A priori*, la *longueur du dard* doit être un *multiple du module*⁴³². En outre, elle doit être égale à la *course de la corde*, comme

dans l'arc, type primitif de toutes les machines de jet⁴³³. Enfin la flèche doit encore se trouver *tout entière sur le tiroir*, au moment où la corde archère cesse de lui communiquer l'impulsion.

Il suit de là que la *cannelure* doit être de *longueur double* de celle du trait; et, par conséquent, elle doit être un *multiple du module*.

Or le multiple de $3\frac{1}{2}$ doigts, le plus rapproché des 26 *doigts* ci-dessus, c'est 28 *doigts* = 8 *modules* (fig. 42).

La *cannelure* règne donc jusqu'au droit de l'arc intérieur \overline{HJ} de la *petite côte du gril*. Par suite, le *trait* doit mesurer 14 *doigts* = 4 *modules*. La *course* de la *corde archère* est seulement de $12\frac{1}{2}$ *doigts*, correspondant à la *baguette du trait*, y compris la *douille du fer à pointe triangulaire*. Le fer a 2 *doigts* de longueur totale.

On trouvera plus loin de nouvelles preuves à l'appui de cette restitution.

RELATIONS GRAPHIQUES ENTRE LE PORTIQUE, LA MONTURE ET LE TIROIR.

370. La figure 42 ci-dessus montre les diverses concordances retrouvées entre l'épure de la cage et l'arrière de la coulisse et du tiroir.

a. On a vu plus haut⁴³⁴ que l'oblique \overline{DW} , qui limite latéralement l'échelette, sous l'angle biais du $\pi\alpha\lambda\iota\nu\tau\omicron\nu\nu$, concourt à l'arrière β de la coulisse, au fond même de la crosse.

b. On peut remarquer que $\overline{D\bar{Y}} = \frac{1}{2}$ *module*, car $\overline{DP} = 3\frac{1}{2}$ *doigts*. Donc l'axe $\overline{X\bar{Y}}$ prolongé passe en $\bar{\delta}$, angle extrême du bois de la coulisse, avant le découpage du tenon $\varepsilon\beta$. Car $\beta\delta = \frac{1}{2}$ *module*.

c. De même les *rubans montants* bc , de $\frac{1}{2}$ *module* de largeur, fixent la face extérieure ba du cadre à $\frac{1}{2}$ *module* de l'axe $\overline{X\bar{Y}}$ et de \overline{WD} . La face ab doit donc couper l'axe de la coulisse à la naissance ε du tenon d'assemblage de la crosse. En outre elle détermine l'angle extrême ι de ce tenon. On a donc $2\alpha\varepsilon = 2$ *doigts* et par suite $\varepsilon\beta = 2$ *doigts*. Avec une épaisseur de 2 *doigts*, le tenon sera exactement cubique.

d. La crosse aura ainsi 2 *doigts* de largeur en plan, au droit $\overline{\varepsilon\beta}$ de la coulisse; aux extrémités, 1 *doigt*. En donnant à l'arc extérieur \overline{MeN} le même rayon (10 *doigts*) qu'à l'arc intérieur, de manière à limiter la longueur totale \overline{MN} de la crosse à 17 *doigts*, on obtient le

croissant ou *forme lanair*, τὸ σεληνοειδὲς σχῆμα, assignée à cette pièce par Héron d'Alexandrie.

La figure 42 et la grande épure hors texte ne représentent pas rigoureusement les détails (c) et (d) ci-dessus, parce que la directrice *ab* devrait être équidistante de *XY* et de *WD*. En pareille matière, la moindre distraction du tire-ligne peut obscurcir les déductions d'un art qui a tout demandé à la géométrie.

e. Si l'on construit un rectangle $\overline{A'BCD'}$ sur le *longeron* $\overline{D'C}$ d'arrière et sur la *largeur* \overline{BC} de l'échelette, les *directrices biaises* menées par les *sommets A'* antérieurs de ce rectangle, *concourent aux extrémités intérieures du croissant*. De même les *directrices extérieures aux cornes du croissant* touchent l'arc *postérieur de la petite côte* \overline{HJ} du gril.

f. L'axe \overline{XY} prolongé jusqu'à la coulisse coupe en γ l'axe de cette pièce, et l'on a vu plus haut qu'il passe en δ . Comme $\overline{\beta\delta} = \frac{1}{2}$ module, on a $\overline{\beta\gamma} = 1$ module = $3\frac{1}{2}$ doigts. Or, de la queue β de la coulisse à la queue θ du tiroir, on compte 6 doigts. Il reste donc $\overline{\gamma\theta} = 6 - 3\frac{1}{2} = 2\frac{1}{2}$ doigts. C'est la largeur du tiroir. On en déduit $\overline{\gamma\theta} = 2\overline{\varphi\theta}$. Par suite, l'axe \overline{XY} passe à l'angle φ *postérieur du tiroir*.

g. De la *queue du tiroir à l'entrée de la cage*, on compte $\overline{\theta C} = 22$ doigts. L'arrière du tiroir a donc son milieu *O* à $(11 + 7) = 18$ doigts du front antérieur *B* de l'échelette. La petite côte \overline{HJ} du gril ayant 9 doigts de rayon, la ligne qui joint son extrémité *H* au milieu *O* de la portion arrière du tiroir est donc *parallèle au biais*. On a, en effet, $\overline{HB} = 9$ doigts et $\overline{BO} = 18$ doigts; donc \overline{HO} est *oblique à $\frac{1}{2}$ de base pour 1 de hauteur*.

h. Cette ligne détermine, en outre, l'intersection *V* de l'arc intérieur de la petite côte avec l'axe de l'entretoise du gril.

Conclusion.

371. Les curieuses vérifications qui précèdent mettent en évidence le procédé graphique de l'épure. C'est par des *directrices biaises* que s'établissait la concordance des points principaux des machines de jet. Le *biais* était de 1 de base pour 2 de hauteur. Déjà constatée

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

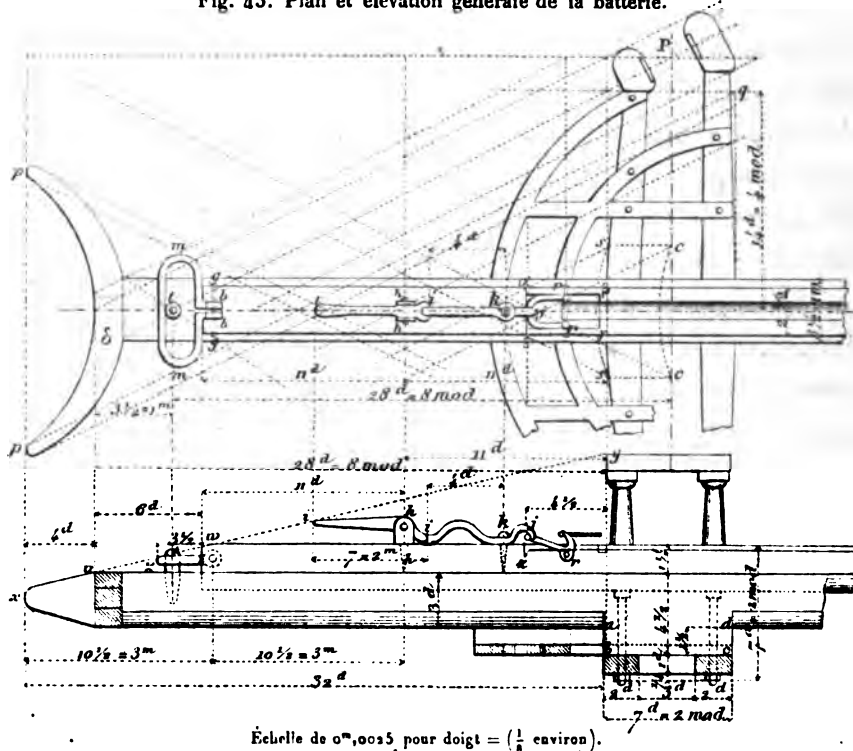
dans la figure des *écussons palintones*, cette méthode doit conduire sûrement à la restitution complète des engins *névrotones*. En attendant, la Chirobaliste va nous en fournir de nouvelles et intéressantes applications.

BATTERIE.

Siège du déclic.

372. En arrière de la cannelure, la portion $\overline{J\theta}$ restante (fig. 42) du tiroir mesure 20 doigts de long. Elle sert de siège aux diverses pièces du *déclic* ou *batterie*. Voici, d'après l'auteur grec, leur mode d'installation (fig. 43).

Fig. 43. Plan et élévation générale de la batterie.

*Manette.*

373. A la queue du tiroir s'ajuste la *manette* mm^{435} , dont la forme est indiquée par les figures des manuscrits. Elle est de *fer rond*, ξ

*ὄλης σιδηρᾶς*⁴³⁶, contournée en rectangle à côtés arrondis; et les deux extrémités de la tige courbée viennent se rejoindre, pour former une double bride *b, b*, qui se loge dans une entaille pratiquée à l'arrière du tiroir. Une *goupille gg* traverse l'œil de la bride, ainsi que les mâchoires de l'entaille, et permet à la manette de prendre à volonté la position horizontale ou verticale.

L'axe de la goupille est à $\frac{1}{2}$ doigt de la queue du tiroir, soit à $10 \frac{1}{2}$ doigts = 3 *modules* de l'alignement des abouts de la crosse. La manette mesure extérieurement 7 doigts = 2 *modules* de long et $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 *module* de largeur. Le *fer rond* dont elle est formée a $\frac{1}{2}$ doigt de diamètre. Ses dimensions internes sont donc de 6 doigts et $2 \frac{1}{2}$ doigts.

374. D'après l'épure ci-dessus, la manette est encadrée par les directions biaises *pq* joignant l'angle antérieur *q* du rectangle construit sur le *longeron d'avant* et sur la *largeur de l'échelette*, avec l'extrémité *p* de l'arc intérieur de la *crosse*.

Dans la machine armée, la manette est *rabattue*, de manière à se trouver retenué par un *bouton t*⁴³⁷, ajusté sur le dessus de la coulisse, et ayant 1 doigt de diamètre sur 1 doigt de saillie. L'axe de ce bouton est à $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 *module* du fond de la crosse; et, par suite, il se trouve à 8 *modules* de l'axe de l'échelette, *distance des axes des ovals*. On a vu en effet (n° 366) que cet axe est à 9 *modules* du fond de la crosse. *L'axe du bouton et les centres des ovals élastiques forment donc* (fig. 42) *un triangle, dont la base (entr'axe des ovals) est égale à la hauteur* (distance du tourillon à l'axe de l'échelette); autrement dit, l'axe du bouton, CENTRE DE RÉSISTANCE de l'engin armé, se trouve à l'intersection γ des *directrices biaises* \overline{XY} passant par les CENTRES DE PUISSANCE P et Q des ressorts; de sorte que $\overline{PZ} = \frac{1}{2} \overline{Z\gamma}$. Cette harmonie entre le *canévas graphique* de l'arme et les *conditions de son équilibre statique* est très-remarquable.

Fourchette et gâchette.

375. « A 11 doigts de la queue du tiroir⁴³⁸, s'enfonce jusqu'au refus, ὥστε ἀκίνητον διαμένειν, » le tenon d'une *fourchette à bran-*

ches verticales hh (fig. 43, p. 186), entre lesquelles, dans l'axe longitudinal du tiroir, s'installe la *gâchette ii*, *σχαστηρία*, ajustée au moyen d'une goupille, qui la laisse pivoter librement. A l'avant, la *gâchette* est fendue en *bec i* de 1 doigt de profondeur.

376. Voici les résultats de l'épure.

a. Le point *h* d'encastrement de la fourchette se trouve au milieu de la portion du tiroir située en arrière de l'échelette. Il est donc, comme on l'a déjà vu⁴³⁹, sur la *directrice* qui passe par l'extrémité de l'arc intérieur de la petite côte du gril.

b. Le pivot *h* de la *gâchette* est à $10 \frac{1}{4}$ doigts = 3 modules de celui de la manette, soit à 6 modules de l'alignement des abouts de la crosse.

c. La queue de la *gâchette* est limitée par les doubles *directrices* des abouts de la crosse. (Voir l'épure hors texte, à la fin de l'ouvrage.)

d. La longueur totale de la *gâchette* est de 7 doigts = 2 modules. Son bec repose sur le plan du tiroir. Sa queue est, au contraire, relevée de manière à pouvoir s'abaisser pour opérer la détente⁴⁴⁰.

e. Le bec de la *gâchette* est à $1 \frac{1}{4}$ doigt en avant du pivot.

f. En plan, le corps de la *gâchette* mesure $\frac{3}{4}$ doigt. Les branches de la fourchette ont $\frac{1}{4}$ doigt d'épaisseur. La fourchette a donc, de dehors en dehors, une largeur de $(\frac{3}{4} + 2 \times \frac{1}{4}) = 1 \frac{1}{4}$ doigt = moitié de celle du tiroir. Dans le sens de la *gâchette*, la fourchette mesure aussi $1 \frac{1}{4}$ doigt. Sa hauteur apparente sera aussi de $1 \frac{1}{4}$ doigt; soit, avec le tenon encastré, $2 \frac{1}{4}$ doigts.

g. Enfin l'élévation longitudinale montre que la droite *xy*, allant du fond de la crosse (dessus *v* de la coulisse) au bord supérieur *y* du toit, touche successivement l'arrière *z* de la manette, la queue *w* du tiroir et celle *i* de la *gâchette*. Cette droite détermine en même temps le plan d'arasement des cornes *xv* du croissant.

Serpenteau.

377. « Le *serpenteau*, dit l'auteur, a son pivot encastré dans le corps du tiroir à 4 doigts en avant du bec de la *gâchette*⁴⁴¹. » Il pivote donc horizontalement. Le bec de la *gâchette* se terminant à

$1 \frac{1}{4}$ doigt en avant du pivot de cette pièce, l'axe k du serpenteau tombe donc à $(11 + 1 \frac{1}{4} + 4) = 16 \frac{1}{4}$ doigts de la queue du tiroir, c'est-à-dire, à l'aplomb de l'arc intérieur de la grande côte du gril (fig. 43, p. 186).

a. Si l'on mène des directrices par les angles antérieurs c, c , du plan d'extrados de la voûte, dont la longueur est de 7 doigts = 2 modules, ces directrices se coupent en j , sur l'axe du tiroir, à 1 module en arrière de l'échelette. De même, les directrices des angles postérieurs s, s , de l'extrados se coupent sur le tiroir, à 2 modules en arrière de l'échelette. Le losange formé sur le tiroir, par ces quatre directrices, encadre l'avant du serpenteau, dont la longueur totale est de 2 modules.

b. La largeur en plan du serpenteau est de $\frac{3}{4}$ doigt, comme pour la gâchette. Au droit de l'œil, le diamètre total est de $1 \frac{1}{4}$ doigt. La pointe du bec est à 2 doigts en avant du pivot.

c. Comme dans la gâchette, le bec j du serpenteau est moins élevé que sa queue. Toutefois il n'arase pas le plan du tiroir. Il en est à $\frac{1}{4}$ doigt, pour donner passage à la traverse de la bascule antérieure. A l'arrière, la queue du serpenteau, après s'être courbée, comme l'indique son nom, dans le plan vertical, vient s'engager dans la fente i de la gâchette, à l'arasement du tiroir.

Bascule et amarre.

378. A la suite du serpenteau vient la pièce nommée $\omega\sigma\lambda\acute{\alpha}\rho\iota\omicron\nu$ (en forme de Π , soit une équerre en U, telle que $\alpha\beta\gamma\epsilon$, fig. 43) reproduite par les figures des manuscrits et d'un système assez complexe.

Elle s'installe dans une entaille qui s'étend à $4 \frac{1}{2}$ doigts du bec « du serpenteau, » c'est-à-dire à partir de la traverse arrière de l'anse horizontale de la bascule. Celle-ci étant à $17 \frac{1}{2}$ doigts = 5 modules de la queue du tiroir, l'entaille du $\omega\sigma\lambda\acute{\alpha}\rho\iota\omicron\nu$ se termine donc à $(17 \frac{1}{2} + 4 \frac{1}{2}) = 22$ doigts de l'arrière du tiroir, c'est-à-dire au droit de l'arête postérieure ss de l'échelette.

379. Ce $\omega\sigma\lambda\acute{\alpha}\rho\iota\omicron\nu$, comme l'indique son nom, se compose d'abord d'une équerre en U, encastrée sur le plan du tiroir, dans les conditions ci-dessus. Sa traverse joignant l'arrière de l'échelette se trouve à

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

$3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 *module* de l'intersection des directrices antérieures de l'extrados⁴⁴².

380. Cette pièce empiète sur la *cannelure* du tiroir qui, comme on l'a vu⁴⁴³, s'étend jusqu'à la côte intérieure du gril. Ce fait explique la *gorge* indiquée au dessin du *πρῆλαριον* dans les manuscrits, ou du moins dans une figure qui l'accompagne latéralement, et qui paraît en être l'élévation transversale, bien qu'elle porte les lettres indicatives ΝΞ du serpentéau (voir fig. 21, p. 124). La même figure, dans plusieurs manuscrits et dans Thévenot⁴⁴⁴, indique que la section de la traverse du *πρῆλαριον*, au lieu d'être rectangulaire, aurait la forme d'un trapèze. J'en conclus qu'en effet la traverse de cette pièce pouvait, de la sorte, s'encaster dans une entaille biaise du bois, et s'y fixer ainsi solidement sans autre secours.

Quant aux *branches* de l'équerre en U, la plupart des manuscrits et Thévenot les terminent par de petits appendices, qui éveillent l'idée de *crochets verticaux* ou *ancres z* (fig. 43, *élévation*) s'enfonçant, à coups de marteau, dans le bois du tiroir. Les branches αβ, εγ, s'étendent jusqu'au bec j du serpentéau, c'est-à-dire que le *πρῆλαριον* a $4 \frac{1}{2}$ doigts de longueur. Les branches ont $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$ doigt de section transversale.

381. Le rôle de cette pièce est de faciliter l'installation, presque à fleur du tiroir, de l'axe transversal d'une petite *bascule jr*, également en forme de Π, et qui paraît comprise, avec la pièce précédente, sous le nom collectif de *πρῆλαριον*. Le pivot de cette bascule est formé de deux petits tourillons rr, maintenus sous les branches de l'équerre en U ci-dessus, convenablement entaillées. Ils sont placés en avant de la *bascule* en U, inscrite dans l'équerre en U fixe, mais ayant sa traverse à l'arrière; et les *branches* de la bascule présentent, en avant des tourillons rr, deux doigts verticaux, c'est-à-dire perpendiculaires aux branches de la bascule.

382. La traverse de la bascule étant abattue sur le tiroir, le bec du serpentéau vient s'appuyer dessus, dans l'axe de la machine. Tant qu'elle est maintenue par la gâchette, la bascule est immobile et ses doigts verticaux retiennent fortement la corde archère. Mais, dès que la gâ-

chette lâche le serpenteau, l'effort de la bascule suffit pour le chasser latéralement et pour déterminer la détente. *Les doigts se rabattent alors dans le fond de l'équerre d'amarre, et l'anse postérieure de la bascule se relève verticalement.* Il suffit donc de pousser en avant le tiroir, jusqu'à ce que la corde archère *touche et rabatte l'anse ainsi relevée, de manière à se trouver de nouveau saisie par les doigts de la bascule.* Cela fait, on cale le serpenteau et on refoule le tiroir, pour le coup suivant³⁴⁵.

L'axe de la bascule est à l'aplomb de l'arrière de la cannelure. Entre ses doigts verticaux, l'intervalle est de $\frac{3}{4}$ doigt. Le diamètre des doigts est $\frac{3}{8}$ doigt, on a ainsi $(\frac{3}{8} + \frac{3}{8} + \frac{3}{8}) = 1 \frac{1}{8}$ doigt, intervalle des branches de l'amarre. Les doigts s'élèvent à $\frac{1}{2}$ doigt en contre-haut du tiroir.

Les branches de la bascule ont $\frac{3}{4}$ doigt de section carrée. De l'axe de son pivot à l'axe du fond de l'anse, on mesure 2 doigts.

Tel est le dispositif de la batterie, restitué d'après les données de l'auteur.

Forme allongée de la batterie.

383. Quant à la forme allongée du mécanisme, il est aisé d'en rendre compte. Lorsque la machine est armée, la queue du trait touche la corde archère au droit des doigts de la bascule, c'est-à-dire à 2 doigts en arrière de l'échelette. La course de la corde étant de $1 \frac{1}{2}$ doigts, il faut, pour armer de nouveau, pousser le tiroir, jusqu'à ce que l'axe de la bascule tombe sous la corde archère, c'est-à-dire à $3 \frac{1}{2}$ doigts = 1 module, en avant de l'échelette. Or, dans cette position, la queue de la gâchette reste tout entière en arrière de l'échelette, et par conséquent à la portée du tireur. La queue du serpenteau tombe également à l'aplomb du longeron d'arrière. Le calage de la bascule se trouve donc ainsi commandé à distance, sans la moindre difficulté.

LEVIER BALISTIQUES.

Conoides.

384. Dans les notes annexées au § V de ma traduction (voir n° 307 et fig. 28), j'ai donné l'interprétation définitive que je propose pour les *Κωνοειδῆ*. M'appuyant sur les figures de la plupart des manus-

crits⁴⁴⁶, il s'agit, ai-je dit, de deux pièces identiques, recevant chacune une broche métallique de forme arquée et terminée par un crochet. Les *conoïdes* servent de *manche* aux *broches*, à l'instar de celui d'un ciseau à main. Le *manche*, de forme tronconique, est *foré suivant l'axe d'un trou carré, qui reçoit la queue de la broche*. Celle-ci est en fer, *traverse le manche de part en part, et s'y trouve maintenue par une virole ou écrou (κρίκος) installé à la base du manche, laquelle présente la forme d'un bourrelet ou pommeau « de 1 doigt d'épaisseur⁴⁴⁷ »*.

La figure 48 (p. 204) montre la forme du manche tronconique, qui lui permet de presser normalement le fond de la gorge du cadre-ressort.

385. Le diamètre du pommeau est de $2^d \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$ module. Son extrémité mince, adjacente au pivot, mesure $\frac{1}{3}$ doigt de diamètre. De ce côté, les manuscrits indiquent très-nettement deux *saillies latérales, de forme triangulaire αβ, εζ* (fig. 27, p. 148) et symétriques de chaque côté de la broche : ce sont des *pointes coniques* ou *tourillons*, constituant les *pivots* mêmes des *battants*. Leur axe est à 3 doigts de la base du pommeau. L'auteur les appelle *τόρμοι ἐν ταῖς κορυφαῖς*⁴⁴⁸. Ils ont $\frac{1}{3}$ doigt de diamètre et de saillie. La longueur des pommeaux, mesurée sur leur axe, est de $3 \frac{1}{3}$ doigts.

386. Ainsi que je l'ai expliqué⁴⁴⁹, la structure du battant de la chirobaliste et de son pivot est *inverse* de celle du même organe dans le *χαλκότονον* de Philon de Byzance⁴⁵⁰. Néanmoins la forme du *κωνοειδής*, son faible diamètre, son trou carré central, ses tourillons transversaux faisant saillie à son extrémité, sont autant de circonstances attestant que la pièce était *fondue d'un seul morceau en bronze*, avec une grande économie de main-d'œuvre. Comme pour les chapes et crapaudines, le moulage offrait, ici encore, le moyen de fabrication le plus commode⁴⁵¹.

Broches.

387. A partir du pivot, la *broche* est sensiblement arquée. Elle présente, y compris le manche et le crochet opposé, une longueur totale « de 11 doigts⁴⁵² ». Le crochet ayant « $\frac{1}{3}$ doigt de saillie, » son rabattement est aussi de $\frac{1}{3}$ doigt. La longueur de la broche propre-

ment dite est donc de $10 \frac{1}{7}$ doigts = 3 modules. En outre, le manche ayant $3 \frac{1}{7}$ doigts = 1 module, en y comprenant l'écrou d'arrière, la partie visible de la broche mesure 2 modules. Le manche forme le tiers de la longueur totale.

L'auteur appelle *ὑψος* la saillie des crochets. Ils se relèvent verticalement, pour placer la corde archère à l'arasement du tiroir.

388. Quant à la grosseur de la broche, elle est de $\frac{1}{2}$ doigt à son entrée dans le manche de bronze, avec lequel elle s'ajuste à frottement. Sa queue intérieure mesure au plus $\frac{1}{2}$ doigt et $\frac{1}{4}$ au droit de l'écrou. Celui-ci se réduit probablement à un anneau, qui s'ajuste à frottement (*συμφορής*) avec la queue de la broche, et qui est retenu par une goupille transversale⁴⁵³.

La portion visible de la broche s'amincit légèrement jusqu'au crochet, dont l'épaisseur est d'environ $\frac{1}{4}$ doigt. Elle contribue à l'effet balistique, en fléchissant elle-même d'une certaine quantité. Cela résulte de sa forme arquée et de sa faible section transversale. Rien n'est laissé au hasard dans l'œuvre grecque, et la puissance dynamique s'y concilie toujours avec l'élégance de la forme.

L'épure balistique de l'engin (fig. 45) complétera ci-après la justification des *κωνοειδῆ*.

ÉPURE BALISTIQUE.

Position des pivots.

389. J'ai démontré plus haut⁴⁵⁴ la coïncidence des pivots ou centres des chapes des *καμβέσπρια* avec les points que l'auteur, dans la description du *καμάριον*, signale distants entre eux de $23 \frac{1}{2}$ doigts, à la condition pourtant que les *καμβέσπρια* soient orientés à l'instar de l'écusson palintone. Dans cette hypothèse, j'ai fait voir que le pivot du battant est situé à $1 \frac{1}{8}$ doigt en avant de l'axe de l'échelette (fig. 34, p. 165), soit à $(1 \frac{1}{8} + 3 \frac{1}{2}) = 4 \frac{5}{8}$ doigts du bord arrière de l'échelette. Or, en joignant le talon D d'arrière au pivot I (fig. 44), on a dans le triangle \overline{IDT} :

$$\frac{\overline{IT}}{\overline{DT}} = \frac{4 \frac{5}{8}}{2 \frac{1}{2}} = \frac{4.625}{2.250} = 2.0556. \quad \text{D'où angle } \overline{IDT} = 64^{\circ} 3'.$$

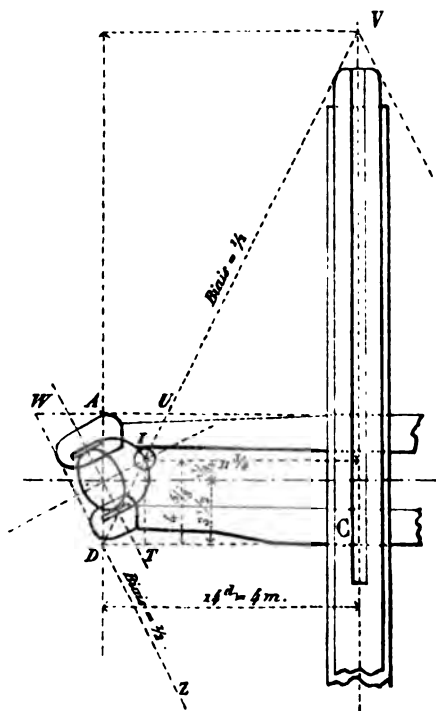
L'angle du biais antique est de $63^{\circ} 26'$. La différence n'est donc

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

que de $37'$. Pour la corriger, il suffirait de ramener le pivot I à $4\frac{1}{4}$ doigts de l'arrière de l'échelette (puisque $\overline{DT} = 2\frac{1}{4}$ doigts). Son déplacement serait de $\frac{1}{4}$ doigt ou de $2\frac{1}{2}$ millimètres, quantité pratiquement négligeable⁴⁵⁵. Or la ligne \overline{DI} , prolongée jusqu'en V, axe du tiroir, est symétrique de \overline{DZ} , biais de l'échelette prolongé à l'arrière.

On a en effet $\overline{AU} = \overline{AW}$. Les deux lignes \overline{DU} et \overline{DZ} forment donc

Fig. 44. Détermination de la position du pivot par le principe du biais antique.



Échelle de 0^m,0025 pour doigt = ($\frac{1}{4}$ environ).

un demi-losange, dont l'autre moitié est complétée par le surplus de l'épure symétrique. Ce losange a son grand axe sur le tiroir, et son petit axe sur le longeron \overline{DC} arrière de l'échelette. Le grand axe mesure 16 modules et le petit axe 8 modules de longueur. Ce losange est donc inscrit dans le rectangle antique, de hauteur double de la base; et les pivots sont situés sur les côtés antérieurs de ce losange, qui représente le canevas fondamental de la *χειροβαλλίστρα*.

Bien plus, dans la machine *désarmée*, les *battants* sont orientés suivant les mêmes axes.

Orientation des battants.

390. Nous avons vu que la *gorge* des *καμβέσρια* a de profondeur $\frac{1}{4}$ module, mesuré du dedans du montant. La figure 48 (p. 204) montre la *section horizontale* de cette gorge, avec la projection du *pommeau* du battant et de son *pivot*. Elle explique la raison d'être du *pommeau*, dont la fonction est de transmettre la pression oblique du battant, *perpendiculairement à la surface de la gorge et en son milieu*. C'est dans ces conditions que le *pommeau* admet $\frac{1}{2}$ module de diamètre.

Les autres dimensions de cette pièce sont justifiées par l'épure.

L'*orientation du battant* vers l'avant de la machine résulte tout naturellement et de la position du *pivot* et de celle de la *gorge du ressort*⁴⁵⁶. Comme dans l'engin *palintone*, les leviers de la *chirobaliste* tombent donc dans la région extérieure de la machine, *ἀναπεπλωκίτας εἰς τὸ ἐκτὸς μέσος*. La *chirobaliste* est donc *palintone*.

Angle du battement.

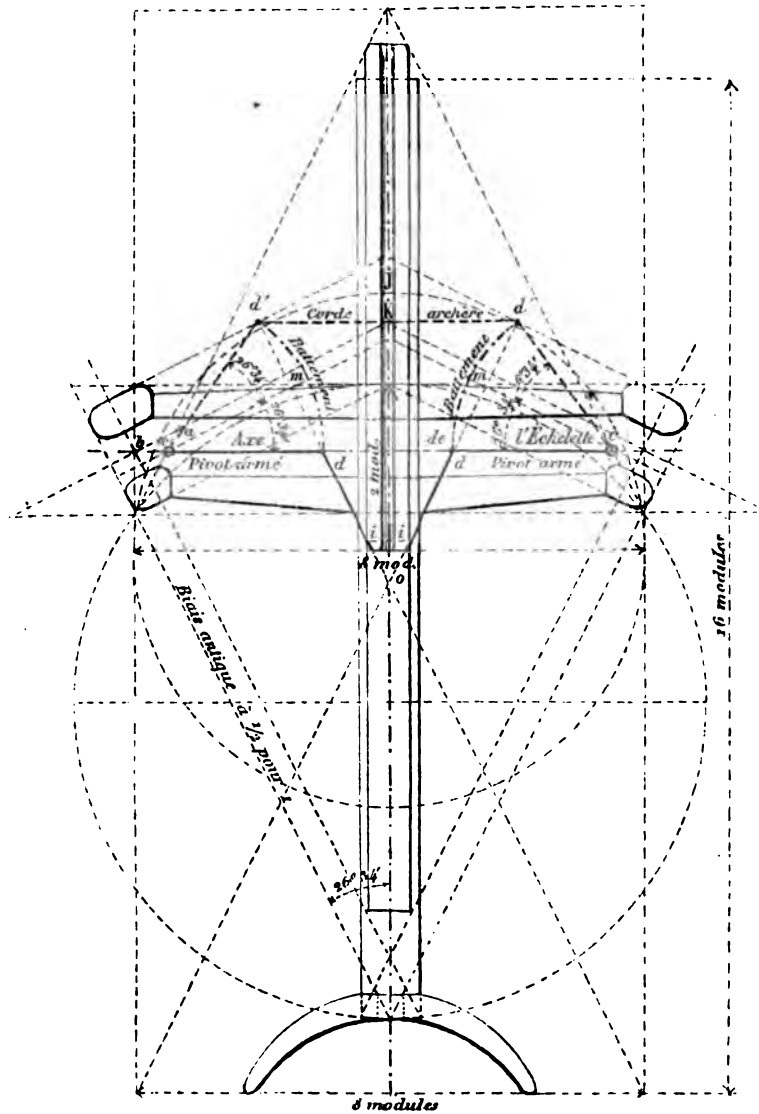
391. Lorsqu'on arme la *corde archère*, il se produit un effort de compression qui tend à ramener en arrière les pivots. Le même effort tend à entraîner également le montant d'avant du cadre à ressort : de là, compression énergique des ovals et tension puissante des *καμβέσρια*. Tout se passe comme si le pivot *a* et le point d'appui *b* du *pommeau* sur la gorge tournaient dans le même sens, autour d'un point intermédiaire *c*, pris sur l'axe du levier et invariable de position par rapport à la cage (fig. 45). Le point *c* constitue, pour ainsi dire, le *pivot idéal* du battant.

La symétrie des effets autour de ce pivot conduit à le supposer équidistant des points *a* et *b*. On l'obtient par l'intersection de l'axe du battant avec le prolongement du fond de la gorge. Donc la circonférence décrite de *c* comme centre, avec le rayon *ca*, passe par *b*. C'est sur cette courbe que se déplacent théoriquement les points *a* et *b*, dans la mise au bandé de la machine. Elle mesure $1 \frac{1}{2}$ doigt de rayon. Elle passe par le centre du *pommeau*, c'est-à-dire à $(1 \frac{1}{4} + \frac{1}{4}) = 2$ doigts du pivot

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

392. Du pivot *c* idéal à l'extrémité du battant, on compte $8 \frac{1}{4}$ doigts. Mais la position du crochet *d* dans l'épure est encore incertaine, puisque la courbure de la broche n'est pas connue. Il s'agit de la déterminer.

Fig. 45. Épure balistique de la chirobaliste.



Échelle de 0^m,005 pour doigt = ($\frac{1}{8}$ environ).

A mesure que la corde s'infléchit, elle forme, comme on l'a vu dans le *palintone*, une sorte de V, dont l'angle se ferme de plus en plus. Ici, le fond du V est occupé par la largeur des doigts de la bascule, mesurée de dehors en dehors.

Si l'on suppose la corde inextensible, on voit que la distance de chaque crochet au doigt voisin de la bascule doit être constante, quelle que soit la position de la bascule.

393. D'un autre côté, la courbure de la broche doit être en harmonie de direction avec l'ensemble de l'épure.

Enfin on sait que la corde archère, à l'abattu, doit se trouver en $d'd'$, à $3\frac{1}{2}$ doigts = 1 module en avant de l'échelette, et que sa course totale est de $12\frac{1}{2}$ doigts.

Je prends, sur la cannelure du tiroir (fig. 45), la longueur de $\overline{IJ} = 4$ modules, correspondant à la position du dard. J'en déduis, à l'avant, $\overline{JK} = 1\frac{1}{2}$ doigt pour la longueur de la pointe, et je mène la transversale $d'd'$ figurant l'axe de la corde archère au repos. Puis, du talon c du battant comme centre, avec un rayon de 11 doigts, je décris un arc de cercle dd' , qui coupe l'axe de la corde sensiblement dans la région où doit se trouver le crochet.

394. Or, en cherchant à rattacher cette intersection au reste de l'épure, je trouve les résultats suivants :

a. Le crochet d' est situé sur la circonférence décrite de la queue I du trait comme centre, avec 4 modules pour rayon, c'est-à-dire, passant par la pointe J de la flèche.

b. Cette circonférence coïncide avec l'arête extérieure des battants curvilignes, dont la forme se trouve ainsi déterminée.

c. Les crochets d' , d' , au repos tombent à 14 doigts = 4 modules l'un de l'autre. La corde archère mesure donc $d'd' = 4$ modules. On a aussi $dd' = 2$ modules; et d , d , coïncident avec les naissances antérieures de l'extrados.

d. Les directrices dd' des naissances de l'extrados concourent en o , à $3\frac{1}{2}$ doigts en arrière de l'échelette. Les doigts de la bascule se trouvant à $1\frac{1}{2}$ doigt en avant de ce point et mesurant, de dehors en dehors,

$1\frac{1}{2}$ doigt, les directrices dd' sont tangentes aux doigts extérieurement. Ainsi le doigt i de la bascule et le crochet du battant, armé en d et abattu en d' , sont sur la ligne droite $d'di$, directrice braise de l'épure.

e. La distance constante de chaque crochet au doigt voisin de la bascule est de $(7 - \frac{3}{4}) = 6\frac{1}{4}$ doigts. Mesurée, à partir de chaque doigt, sur la directrice de l'angle antérieur d'extrados, son extrémité tombe au sommet même de cet angle. Donc, quand la machine est armée, le crochet se trouve en d , à l'aplomb de ce sommet, et le brin oblique di de la corde coïncide avec la directrice dd' , dont il est le prolongement.

f. Dès lors, le centre idéal c de rotation du bras s'obtient par l'intersection de l'axe dc du battant au repos, avec la perpendiculaire cm au milieu de la droite dd' , qui joint les positions extrêmes du crochet. D'après l'épure, ce centre idéal tombe sur l'axe même de l'échelette. L'arc décrit par le crochet mesure ainsi $8\frac{3}{4}$ doigts de rayon ⁴⁵⁷.

g. La corde dd' de l'arc décrit étant une directrice, la perpendiculaire qui lui est menée du centre idéal fait, avec l'axe de l'échelette, l'angle aigu du biais antique, soit $\overline{mcd} = 26^{\circ}34'$. Le même angle se trouvant être la moitié de celui du battement, on voit que l'angle total décrit par le battement sera de $\overline{d'cd} = 53^{\circ}8'$. Il en résulte que le triangle formé par le pivot idéal c et par les positions extrêmes d' et d des crochets, est de base égale à sa hauteur, comme le triangle antique \overline{CDN} (fig. 30, p. 155) formé par les trois centres des ovals ⁴⁵⁸. (Pour les corollaires de h à m , voir la grande épure hors texte, à la fin de l'ouvrage).

h. La perpendiculaire qui précède est la corde idéale de la broche courbée, dans la position moyenne du battant. D'après l'épure, elle passe en même temps au droit du fond de la gorge des $\kappa\alpha\mu\beta\acute{\epsilon}\sigma\iota\rho\iota\alpha$ et à l'extrémité de l'entrétoise du gril.

i. L'arc de courbure des broches passe par la pointe du dard. La tangente à cet arc, menée au droit du crochet, est tangente à la phalange moyenne du doigt antérieur de la main symbolique. En outre, elle coupe l'axe de la machine à $10\frac{1}{2}$ doigts = 3 modules de la pointe de la coulisse.

j. L'arête antérieure du sabot d'avant, étant prolongée, touche extérieurement la courbure du crochet.

k. Les directrices menées par la pointe du dard déterminent la forme de la pointe du trait. En outre elles sont *tangentes à la courbure de la manche* des avant-bras symboliques. Le centre de cette courbure est sur l'axe du tiroir, à 1 doigt en arrière de l'échelette.

l. Le rectangle *antique* figuré par le plan de la voûte (extrados) se raccorde brusquement avec les ailes symboliques du toit. Je substitue à ces deux bases deux arcs concentriques $\overline{MHM'}$ et $\overline{NKN'}$ décrits de la pointe du dard comme centre. Il en résulte un raccordement très-élégant de la voûte avec les parties latérales. À l'arrière, elle surplombe l'échelette de $\overline{KC} = \frac{1}{4}$ doigt.

m. Le raccordement en plan de la courbe arrière de la voûte avec le longeron adjacent de l'échelette se fait très-élégamment, au moyen d'une contre-courbe figurant l'arête postérieure du longeron. On obtient ainsi une *doucine* allongée, qui donne à l'échelette un aspect plus dégagé.

Ces perfectionnements au tracé de la voûte et du longeron résultent *naturellement* de ce qui précède. Ils complètent ce que j'avais à dire du détail de l'épure.

DIMENSIONS DU TRAIT DE LA CHIROBALISTE.

395. Par hypothèse, j'en ai fixé plus haut la longueur à $\frac{1}{4}$ modules, et l'on a vu combien cette dimension est favorable à la restitution de l'épure balistique. L'hypothèse est donc déjà presque certaine.

Dans l'*euthytone*, on sait que la longueur du trait était de 9 modules. J'ai expliqué⁴⁵⁹ que son diamètre était vraisemblablement de $\frac{1}{3}$ de la longueur, soit de $\frac{1}{4}$ module.

396. Dans la chirobaliste, la règle primitive donnerait une flèche de $3\frac{1}{2}$ doigts. La cannelure du tiroir n'ayant que 28 doigts, le trait n'y serait pas soutenu d'une manière convenable. D'un autre côté, le mécanisme n'admet que $1\frac{1}{2}$ doigts de course pour la corde archère. La course ne serait donc plus égale à la longueur du trait. Enfin une flèche de $3\frac{1}{2}$ doigts démentirait le témoignage de Végèce⁴⁶⁰, d'après lequel la *manubaliste* (ancien *scorpion*) lançait des dards courts et sub-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

tis, parvis subtilibusque spiculis mortem inferunt. Celui de la chirobaliste doit donc se trouver *de dimensions réduites.*

397. Du temps de Héron, il existait de très-petites catapultes *névrotones*. Philon de Byzance⁴⁶¹ mentionne le type *ἡμισπίθαμος*, dont le trait mesurait $\frac{1}{2}$ empan = 6 doigts. Puis venait le type *σπιθαμαῖος* ou de 1 empan (flèche de 12 doigts); et ensuite ceux de 2, 3, etc., *empans*⁴⁶².

On a déjà remarqué avec quel soin l'auteur, tout en s'efforçant de perfectionner l'ancien système, respecte cependant la tradition de l'engin *névrotone*. Le choix du MODULE = $3\frac{1}{2}$ DOIGTS correspond à l'ouverture naturelle et moyenne de la main; mais ce module se retrouve dans l'organe balistique. La cage est de longueur moyenne entre celles du *palintone* et de l'*euthytone*; et il en est de même de l'angle du battement, de la longueur des leviers et de la longueur de la flèche. En un mot, au point de vue des proportions générales, la chirobaliste est un TYPE MIXTE entre les deux spécimens *névrotones primitifs*.

398. Étant admis que le trait de l'engin mesure 4 modules, la baguette mesurera 12 doigts de long = (1 empan), sur $\frac{2}{3}$ doigt de diamètre à la queue⁴⁶³, et s'amincira vers l'avant jusqu'à $\frac{1}{4}$ doigt. Le fer et la douille mesureront 2 doigts. Le diamètre de la douille est de $\frac{3}{4}$ doigt. Le fer a $1\frac{1}{4}$ doigt de long; et, comme la corde, à l'abattu, tombe au droit de la base du fer, la course effective de la corde est de $12\frac{1}{2}$ doigts. Elle tombe ainsi à 1 module en avant de l'échelette. La pointe triangulaire a $1\frac{1}{4}$ doigt de large et $\frac{2}{4}$ doigt d'épaisseur au droit de la douille.

Poids du trait.

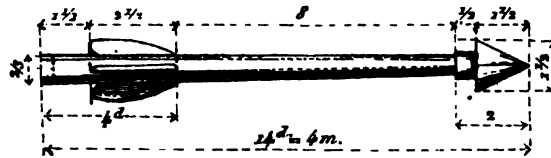
399. La figure 46 ci-après donne les dimensions suivant lesquelles j'ai calculé le poids du trait de la chirobaliste. Ce poids est de $26\frac{1}{3}$ grammes, ou environ 6 drachmes⁴⁶⁴. Il est presque identique à celui de la balle du fusil chassepot⁴⁶⁵.

400. A la densité de $\frac{1}{4}$, une balle de marbre, caillou, silex, aurait $26\frac{1}{3}$ millimètres de diamètre, la grosseur d'une noix⁴⁶⁶. A défaut de flèches, une pareille balle, de $1\frac{1}{4}$ doigt de diamètre, pouvait se loger

entre les branches du V formé par la corde archère et en recevoir une impulsion convenable. Mais l'effet en devait être incertain, et le pro-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 46. Restitution de la flèche de la chirobaliste.



Échelle de 0^m,005 pour doigt = ($\frac{1}{4}$ environ).

jectile aigu était bien supérieur au biscayen de même poids. D'ailleurs, arasant le tiroir, la balle ne pouvait être exactement frappée au centre de gravité par la corde archère.

DIAMÈTRE DE LA CORDE ARCHÈRE.

401. En le supposant égal au diamètre de l'encoche de $\frac{1}{4}$ doigt qui occupe $\frac{1}{3}$ de la tranche de queue de la flèche, le diamètre de la corde archère serait d'environ $4\frac{1}{4}$ millimètres. Or, d'après les données modernes⁴⁶⁷, une corde de chanvre de diamètre d (millimètres) se rompt sous une charge de $4d^2$ kilogrammes. Elle ne doit pas travailler à plus de $2d^2$ kilogrammes. La charge pratique de la corde de la chirobaliste serait donc de $2(4.50)^2 = 40^k.50$.

Or on évalue à 80 kilogr. l'effort limite nécessaire pour bander la machine⁴⁶⁸, effort mesuré sur l'axe du tiroir, avec lequel les deux brins du V font chacun un angle de $26^\circ 34'$, tel que $\cos 26^\circ 34' = 0.894$. La tension de chaque brin, pour correspondre à 40 kilogrammes sur l'axe du tiroir, doit donc être d'environ 44 kilogrammes. C'est exactement la tension pratique calculée plus haut, d'après la règle moderne, pour une corde de $4\frac{1}{4}$ millimètres. Tel est donc le diamètre de celle de la chirobaliste.

CANNELURE DU TIROIR.

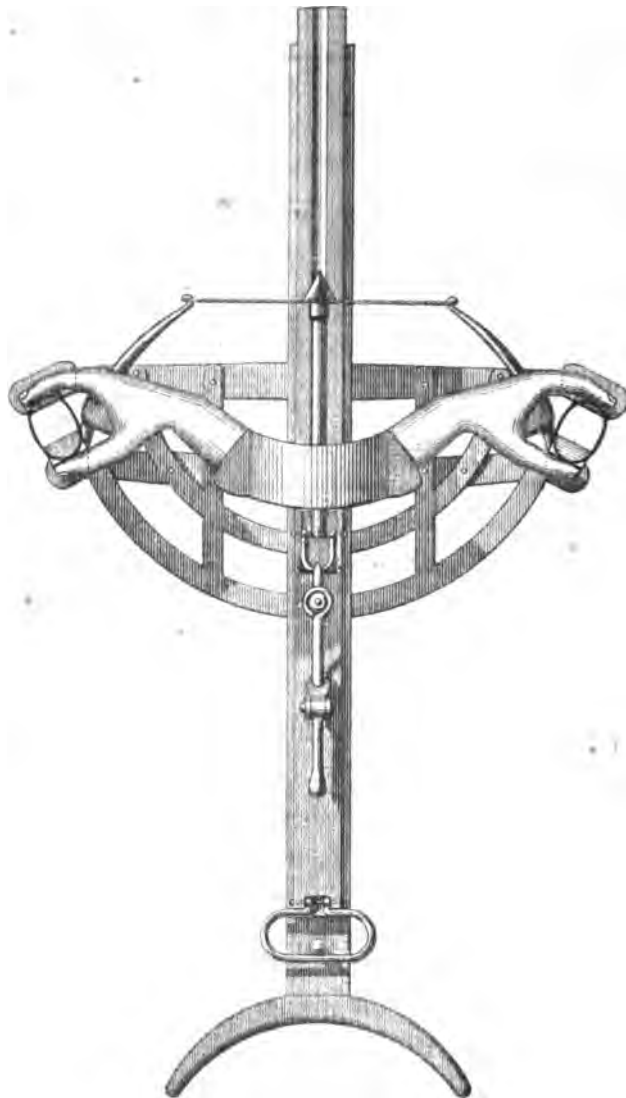
402. On a vu précédemment⁴⁶⁹ que la cannelure du tiroir occupe une longueur de 28 doigts = 8 modules, double de la longueur du trait. Sa largeur est de $\frac{2}{3}$ doigt, un peu moins du tiers de celle du tiroir, et sa profondeur est de $\frac{1}{4}$ doigt.

ÉPURE D'ENSEMBLE DE LA CHIROBALISTE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

403. La figure 47 ci-dessous représente en élévation la chiroba-

Fig. 47. La chirobaliste.



Échelle de 0^m,0055 pour doigt = ($\frac{1}{4}$ environ).

liste, dont l'épure générale, avec toutes les lignes du canevas technique de l'engin est donnée par la grande planche hors texte, à la fin

de l'ouvrage. Cette épure fait ressortir, avec une évidence complète, non-seulement la justesse des divers détails analysés précédemment, mais encore et surtout la prodigieuse habileté des artistes grecs dans l'exécution de l'ornement. Au point de vue de l'art antique, les spirituelles mains de la chirobaliste constituent un poëme, aussi admirable, en sa conception exquise, qu'une ode d'Anacréon ou une idylle de Théocrite, et aussi achevé, par l'harmonie de sa structure, qu'un dialogue de Platon ou une tragédie de Sophocle.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

CALCULS BALISTIQUES.

Effort de bandage.

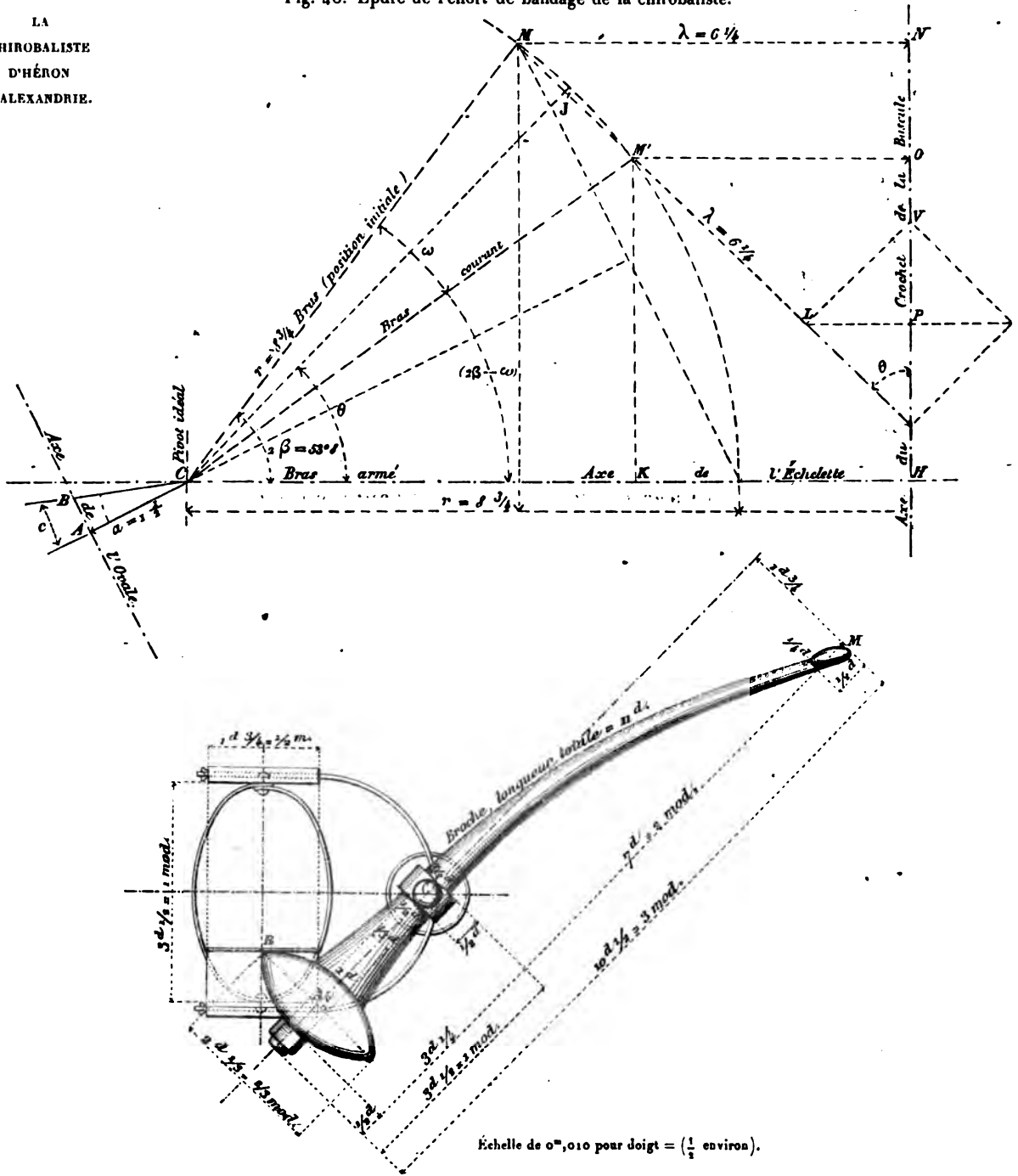
404. J'ai démontré précédemment⁴⁷⁰ que l'angle du battement des leviers est double du *biais antique*. On a donc $2\beta = 2 \times 26^\circ 34' = 53^\circ 8'$.

Dans chaque position successive des leviers, la réaction des ressorts fait équilibre à la tension de la corde, autour du *pivot idéal* c , défini n° 391. Si ces deux forces étaient connues, en projetant la tension de la corde sur l'axe du tiroir, on obtiendrait l'*effort balistique* de l'engin, pour la position considérée des battants. Cet effort reste sensiblement constant sur un faible parcours, et son travail balistique résulte du produit de l'effort par l'espace parcouru correspondant. La somme de tous les travaux analogues détermine la force vive totale, qu'il s'agit de calculer.

405. Grâce à la forme du pommeau, le talon du battant demeure constamment appuyé contre le fond de la gorge du ressort, suivant le grand axe de l'ovale ou le plan médian du cadre. La *réaction du ressort a donc pour bras de levier moyen* (fig. 48) la longueur \overline{CA} , distance du pivot idéal au plan médian du cadre. D'un autre côté, *son intensité croît proportionnellement à la flexion du ressort, c'est-à-dire à l'espace parcouru par le point d'appui du pommeau*. A l'instant initial, ce point d'appui est en A , au pied même de la perpendiculaire mesurant le bras de levier de la réaction considérée, et la réaction est nulle. A bout de course, elle est proportionnelle au déplacement total $c = \overline{AB}$ du pommeau. Or, à la limite, $c = 2$ doigts⁴⁷¹.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 48. Épure de l'effort de bandage de la chirobaliste.



On a, d'après l'épure (fig. 48 ci-dessus),

$$c = a \operatorname{tang} 2\beta, \quad \beta = \text{angle du biais} = 26^{\circ} 34',$$

$$\operatorname{tang} 2\beta = 1.333 \quad \text{et} \quad a = 1 \frac{1}{2} \text{ doigt.}$$

Soit P l'effort courant de la main de l'archer et du poids de l'arme réunis, nécessaire pour mettre l'arme au bandé. La tension T des brins sera, pour $P = VN'$ et $LN'V = \theta$,

$$(1) \quad T = LN' = \frac{VN'}{2 \cos \theta} = \frac{P}{2 \cos \theta}$$

Le bras de levier $\overline{CJ} = b$ de cette tension fait également l'angle θ avec l'axe de l'échelette. On a donc

$$(2) \quad b = \overline{CJ} = \overline{CM'} \cos \overline{JCM'} r \cos \{ \theta - (2\beta - \omega) \} r \cos (\theta + \omega - 2\beta).$$

L'angle θ se détermine d'ailleurs par la relation⁴⁷²

$$(3) \quad \sin \theta = \frac{\delta - r \cos (2\beta - \omega)}{\lambda}.$$

Le moment M_t de la tension courante sera donc

$$(4) \quad M_t = Tb = \frac{P}{2 \cos \theta} r \cos (\theta + \omega - 2\beta).$$

La réaction du ressort a pour bras de levier moyen $\overline{CA} = a$. Elle croît d'ailleurs proportionnellement⁴⁷³ à la flexion $\overline{BA} = a \operatorname{tang} \omega$. Si donc S est sa valeur limite, lorsque $\omega = 2\beta$, la réaction R sera

$$(5) \quad R = S \frac{\operatorname{tang} \omega}{\operatorname{tang} 2\beta}$$

Et son moment M_r ,

$$(6) \quad M_r = Ra = S \frac{a \operatorname{tang} \omega}{\operatorname{tang} 2\beta}$$

Égalant ce moment à M_t , de l'équation (4), on trouve

$$(7) \quad \frac{P}{2 \cos \theta} r \cos (\theta + \omega - 2\beta) = S \frac{a \operatorname{tang} \omega}{\operatorname{tang} 2\beta}.$$

A la limite⁴⁷⁴, on a $P = 72^k$ et $\omega = 2\beta$; et il vient

$$Sa = \frac{Pr}{2} \quad \text{d'où} \quad S = \frac{Pr}{2a} = 36 \frac{r}{a}.$$

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Ou bien, en tenant compte du poids de la machine, qui donne $P = 80^k$, on a

$$(8) \quad S = 40 \frac{r}{k}$$

Substituant dans l'équation (6), il vient

$$(9) \quad M_r = 40 r \frac{\text{tang } \omega}{\text{tang } 2\beta}$$

Égalant de nouveau M_t (4) et M_r (9), on a

$$\frac{P}{2 \cos \theta} \cos (\theta + \omega - 2\beta) = 40 \frac{\text{tang } \omega}{\text{tang } 2\beta}$$

D'où

$$(10) \quad P = 80 \frac{\cos \theta \text{ tang } \omega}{\cos (\theta + \omega - 2\beta) \text{ tang } 2\beta} = 60 \frac{\cos \theta \text{ tang } \omega}{\cos (\theta + \omega - 2\beta)}$$

à cause de $\text{tang } 2\beta = 1.333 = \frac{4}{3}$

406. L'extrême simplicité de la manœuvre et la nature des frottements permet de limiter à 10 p. 0/0 la perte d'effet utile due aux résistances passives, provenant de la roideur de la corde. L'effort absolu courant Φ sera donc 0.90 seulement de la quantité ci-dessus, équation (10), et l'on aura

$$(11) \quad \Phi = 54 \frac{\cos \theta \text{ tang } \omega}{\cos (\theta + \omega - 2\beta)}$$

Course de la corde.

407. Elle se compose :

1° Du recul du crochet $\overline{NQ} = r \sin 2\beta - r \sin (2\beta - \omega)$.

2° De l'obliquité du brin $\overline{QN'} = \lambda \cos \theta$.

En la désignant par C, on a donc

$$(12) \quad C = \lambda \cos \theta + r \sin 2\beta - r \sin (2\beta - \omega)$$

Tables balistiques.

408. Reprenons les équations ci-dessus

$$(11) \quad \Phi = 54 \frac{\cos \theta \text{ tang } \omega}{\cos (\theta + \omega - 2\beta)}$$

$$(12) \quad C = \lambda \cos \theta + r \sin 2\beta - r \sin (2\beta - \omega)$$

et

$$(4) \quad \sin \theta = \frac{\delta - r \cos (2\beta - \omega)}{\lambda}$$

qui permettent d'évaluer la *force vive de l'arme* sans recourir aux opérations, ici impraticables, du calcul intégral⁴⁷⁵. J'y substitue les valeurs numériques suivantes :

$$\lambda = 6 \frac{1}{4} \quad r = 8 \frac{3}{4} \quad \text{et } \delta = 11 \frac{1}{2}, \quad \text{en doigts.}$$

ou

$$\lambda = 0.119 \quad r = 0.166 \quad \text{et } \delta = 0.219, \quad \text{en mètres.}$$

En outre,

$$\sin 2\beta = 0.80.$$

Il vient donc

$$(13) \quad C = 0.133 + 0.12 \cos \theta - 0.166 \sin (2\beta - \omega)$$

et

$$(14) \quad \sin \theta = 1.84 - 1.40 \cos (2\beta - \omega).$$

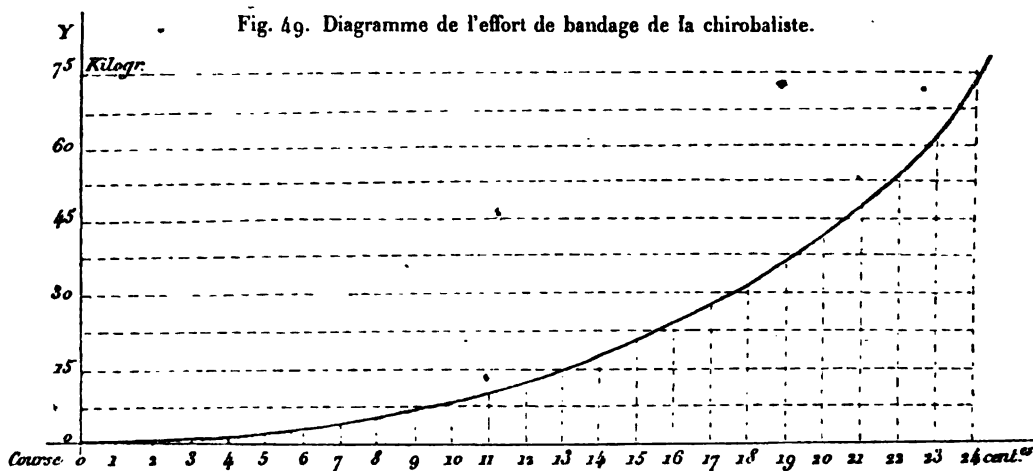
ANGLE ω .	TANG ω .	SINUS ($2\beta - \omega$).	COSINUS ($2\beta - \omega$).	COS θ .	COSINUS ($\theta + \omega - 2\beta$).	EFFORT ABSOLU Φ .	COURSE c.
3°	0.052	0.768	0.641	0.333	0.937	1.000	0.046
6°	0.105	0.733	0.680	0.460	0.964	2.703	0.067
9°	0.158	0.696	0.718	0.535	0.972	4.698	0.079
12°	0.213	0.658	0.753	0.618	0.983	7.230	0.095
15°	0.268	0.617	0.787	0.674	0.986	9.891	0.109
18°	0.325	0.575	0.818	0.719	0.988	12.771	0.121
21°	0.384	0.532	0.847	0.756	0.988	15.858	0.134
24°	0.445	0.487	0.874	0.787	0.988	19.116	0.144
27°	0.510	0.440	0.898	0.812	0.988	22.635	0.155
30°	0.577	0.393	0.920	0.833	0.983	26.406	0.166
33°	0.649	0.344	0.939	0.851	0.980	30.432	0.177
36°	0.727	0.295	0.956	0.865	0.974	34.863	0.187
39°	0.810	0.244	0.970	0.876	0.967	39.624	0.196
42°	0.900	0.193	0.981	0.884	0.958	44.847	0.206
45°	1.000	0.141	0.990	0.891	0.946	50.859	0.216
48°	1.111	0.089	0.996	0.895	0.931	57.672	0.225
51°	1.235	0.037	0.999	0.898	0.913	65.592	0.234
53° 8'	1.334	0.000	1.000	0.898	0.898	74.736	0.240

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

409. Les formules définitives (11), (13) et (14) dépendent des cinq valeurs angulaires $\cos \theta$, $\text{tang } \omega$, $\cos(\theta + \omega - 2\beta)$, $\sin(2\beta - \omega)$ et $\cos(2\beta - \omega)$. La table ci-dessus fournit les éléments numériques correspondants. L'angle ω s'y trouve de 3° en 3° , jusqu'à $2\beta = 53^\circ 8'$. Les valeurs de $(2\beta - \omega)$ s'en déduisent immédiatement; et, par suite, celles de θ et de $(\theta + \omega - 2\beta)$.

410. Si l'on construit une courbe sur l'ensemble des points ayant pour *abscisses* les valeurs de la course C, et pour *ordonnées* celles de l'effort absolu Φ , on obtient le tracé suivant (fig. 48).



Échelles { Abscisses = 0^m,005 par centimètre de course.
Ordonnées = 0^m,010 par 15 kilos de tension.

La courbe passe naturellement par l'origine des coordonnées. Il est facile d'y mesurer les valeurs de l'effort absolu Φ à chaque centimètre de la course. La moyenne des valeurs de Φ correspondant à deux nombres consécutifs de centimètres représente la valeur constante que l'on peut assigner à Φ , pendant que la corde parcourt le centimètre considéré. Le produit de cette moyenne par 0^m,01 donne le travail de tension correspondant.

411. On obtient ainsi le tableau suivant :

COURSE TOTALE.	EFFORT		COURSE partielle.	TRAVAIL moteur PARTIEL.	COURSE TOTALE.	EFFORT		COURSE partielle.	TRAVAIL moteur PARTIEL.
	TOTAL.	MOYEN.				TOTAL.	MOYEN.		
									Report.
0 ^m .01	0 ^k .25	0 ^k .12	0 ^m .01	0 ^{km} .001	0 ^m .13	15 ^k .00	13 ^k .75	0 ^m .01	0 ^{km} .441
0 .02	0.50	0.38	0 .01	0 .004	0 .14	17.50	16.25	0 .01	0 .137
0 .03	0.75	0.63	0 .01	0 .006	0 .15	21.00	19.25	0 .01	0 .193
0 .04	1.00	0.87	0 .01	0 .009	0 .16	24.00	22.50	0 .01	0 .225
0 .05	1.30	1.15	0 .01	0 .012	0 .17	28.00	26.00	0 .01	0 .260
0 .06	2.00	1.65	0 .01	0 .017	0 .18	32.00	30.00	0 .01	0 .300
0 .07	3.00	2.50	0 .01	0 .025	0 .19	36.50	34.50	0 .01	0 .345
0 .08	4.50	3.75	0 .01	0 .038	0 .20	41.50	39.00	0 .01	0 .390
0 .09	6.30	5.40	0 .01	0 .054	0 .21	46.50	44.00	0 .01	0 .440
0 .10	8.00	7.15	0 .01	0 .072	0 .22	53.50	50.00	0 .01	0 .500
0 .11	10.00	9.08	0 .01	0 .090	0 .23	61.50	57.50	0 .01	0 .575
0 .12	12.50	11.25	0 .01	0 .113	0 .24	74.75	68.13	0 .01	0 .681
	A reporter.			0 ^{km} .441	TRAVAIL MOTEUR TOTAL. . .				4 ^{km} .650

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Force vive totale.

412. Les 4^{km}.65 ci-dessus supposent (n° 405) que la flexion initiale des ressorts est nulle. Mais on a vu (CHIROB., § IV, $\bar{\delta}$, p. 140, note ^f) que les cadres se trouvent comprimés, dès leur installation dans la cage, de $\frac{1}{4}$ doigt, soit de $\frac{1}{12}$ de la flexion totale $c = 2$ doigts que leur fera subir la tension de la corde. A cause de $\overline{AC} = 1\frac{1}{2}$ doigt (fig. 48), la compression initiale des ressorts correspond à

$$\text{tang } \omega' = \frac{\frac{1}{12}}{\frac{3}{2}} = \frac{1}{18} = 0.056,$$

soit

$$\omega' = 3^{\circ} 12'.$$

Or la table du n° 409 donne plus haut :

Pour $\omega' = 3^{\circ}$, Course C = 0.046;

Et pour $\omega = 4^{\circ}$, Course C = 0.067.

TOME XXVI, 2^e partie.

27

L'angle $\omega' = 3^{\circ} 12'$ donnerait donc $C = 0^m.050$, course à laquelle correspond (table du n° 411), le travail $0^{km}.012$, correspondant à l'effort moyen

$$\varepsilon = \frac{0.012}{0.05} = 0^k.24.$$

Cet excédant s'ajoute à l'effort moyen E nécessaire pour armer la corde archère. Or cet effort est

$$E = \frac{4^{km}.650}{0^m.24} = 19^k.35.$$

On a donc

$$E + \varepsilon = 19^k.35 + 0^k.24 = 19^k.59;$$

soit, pour le travail total,

$$T = 19^k.59 \times 0.24 = 4^{km}.70.$$

Posons, en nombre rond,

$$E + \varepsilon = 20^k$$

$$\text{et } T = 20 \times 0.24 = 4^{km}.80.$$

On a vu plus haut (n° 409, tableau) que le *maximum de l'effort absolu* Φ est de $74^k.74$, soit $\Phi' = 75^k$, correspondant à la tension limite de la corde. Cet effort correspond à la force habituelle d'un homme vigoureux⁴⁷⁶. En y ajoutant le poids de l'engin, qui est de 8^k , et qui s'ajoute à l'effort moyen de 20^k ci-dessus, on obtient pour le travail de bandage fourni par l'homme et par le poids de l'engin⁴⁷⁷ :

$$T' = (20 + 8) \times 0.24 = 6^{km}.72,$$

soit

$$T' = 6^{km}.80.$$

Mais, comme, dans la flexion des ressorts, la *moitié de l'effort fléchissant* Φ est absorbée par le jeu moléculaire du métal, on comptera seulement pour le travail utile de la détente :

$$T_u = 3^{km}.40.$$

Les $T = 4^{\text{km}} \cdot 80$, dépensés par le tireur dans une manœuvre nécessairement intermittente⁴⁷⁸, excèdent à peine le travail moyen courant d'un ouvrier employé à *soulever des poids avec la main et à les élever à une certaine hauteur*. Considéré comme continu, son travail correspond, en effet, à un *effort moyen* de 40 kilogrammes, avec une vitesse de $0^{\text{m}} \cdot 12$ par seconde⁴⁷⁹.

413. Les conditions balistiques de l'arme d'Héron, telles qu'elles sont établies ci-dessus, sont donc tout à fait normales. L'arme peut être manœuvrée par un soldat de force moyenne, comme l'atteste Vitruve, « *unius ope prudenti tactu perficit quod propositum est.* »

Vitesse initiale de la flèche.

414. Entre la *masse* m du projectile, T_u le *travail balistique utile* et V la *vitesse initiale*, on a la relation

$$T_u = \frac{1}{2} m V^2.$$

D'où

$$V = \sqrt{\frac{2 T_u}{m}},$$

On a trouvé plus haut, pour le poids de la flèche,

$$p = 6 \text{ drachmes} = 0^{\text{k}} \cdot 0262.$$

Et comme

$$p = mg = 9^{\text{m}} \cdot 8088m$$

on en déduit

$$m = \frac{p}{g} = \frac{0 \cdot 0262}{9 \cdot 8088} = 0 \cdot 00267$$

On a d'ailleurs

$$2T_u = 2 \times 3^{\text{km}} \cdot 40 = 6^{\text{km}} \cdot 80.$$

Il vient donc

$$V = \sqrt{\frac{6^{\text{km}} \cdot 80}{0 \cdot 00267}} = \sqrt{2545} = 50^{\text{m}} \cdot 00.$$

Soit, en nombre rond, $V = 50$ mètres.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Portée du jet de la chirobaliste.

415. La portée *dans le vide* d'un projectile, lancé sous l'angle α et sous la vitesse initiale V , a pour formule connue

$$A = \frac{V^2}{g} \sin 2\alpha.$$

Au maximum, pour $\alpha = 45^\circ$, on a $\sin 2\alpha = 1.00$.

$$A = \frac{V^2}{g} = \frac{2500}{9.8088} = 255 \text{ mètres,}$$

soit, en nombre rond, $A = 260$ mètres.

416. En tenant compte de la *résistance de l'air*, supposée *proportionnelle au cube de la vitesse initiale* V , on obtient la *portée pratique* E de la flèche par la formule balistique suivante⁴⁸⁰, usitée pour les projectiles *ogivo-cylindriques* des bouches à feu :

$$E = -H \frac{m}{V} + \sqrt{2 H \frac{m}{V} \left(A + \frac{H m}{2 V} \right)},$$

dans laquelle $H = 1,100,700$ et $m = \frac{m}{\Sigma}$, Σ étant la *section transversale*, en *décimètres carrés*, du trait de *masse* m ; c'est-à-dire la *masse-unité* opposée à l'air.

La *section* Σ , dans la flèche de la chirobaliste, est le losange de $1 \frac{1}{2}$ doigt sur $\frac{1}{4}$ doigt formant la *base du fer triangulaire*. On a donc, en doigts :

$$\Sigma = \frac{1}{2} \left(1 \frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{4} \right),$$

soit, en *décimètres carrés* :

$$\Sigma = \frac{1}{2} (0^{\text{déc.}}.286) (0^{\text{déc.}}.143) = 0^{\text{déc.}}.02045.$$

On a donc

$$m = \frac{m}{\Sigma} = \frac{0.00267}{0.02045} = 0.1305, \quad \text{et} \quad \frac{m}{V} = \frac{0.1305}{50} = 0.00261.$$

Et par suite

$$E = -2,873^m + \sqrt{5,746 (260^m + 1,437^m)},$$

soit

$$E = -2,873^m + \sqrt{9,750,962^m} = 3,123^m - 2,873^m = 250 \text{ mètres.}$$

Sous la vitesse initiale $V = 50$ mètres, la résistance de l'air *varie seulement comme le carré de la vitesse*. On peut donc poser, sous l'angle limite $\alpha = 45^\circ$,

$$E = 280 \text{ mètres, soit } E = 1 \frac{1}{2} \text{ STADE.}$$

Sous l'angle usuel $\alpha = 10^\circ$, obtenu en visant par la ligne joignant la queue du tiroir à la crête du toit, on trouve $A' = 96^m.00$, portée dans le vide.

Et la portée pratique correspondante est :

$$E' = -2,873^m + \sqrt{5,746 (90^m + 1,437^m)} = -2,837^m + \sqrt{8,774,142^m},$$

d'où

$$E' = 2,965^m - 2,873^m = 92^m, \text{ soit } E' = \frac{1}{2} \text{ STADE.}$$

Portée comparative de la chirobaliste avec celle des engins névrotones.

417. Ainsi la flèche de la chirobaliste avait une *vitesse initiale* d'environ 50 mètres, et portait à $1 \frac{1}{2}$ STADE *au maximum*. Son tir ordinaire portait à $\frac{1}{2}$ STADE *seulement*.

418. Pour un scorpion (*euthytone*) lançant un trait de 500 grammes, M. Dufour a trouvé⁴⁸¹ une vitesse initiale $V = 66^m.10$. Ailleurs⁴⁸² il donne $V = 62^m.80$ et⁴⁸³ $V = 64^m.18$: portées correspondantes $A = 445^m$, $A = 402^m$ et $A = 420^m$, que le savant officier cherche à justifier par preuves historiques⁴⁸⁴. Mais ces portées correspondent *au vide sous* $\alpha = 45^\circ$; et l'on vient de voir qu'à cette limite la résistance de l'air est presque sans effet sur la *portée théorique*.

419. Agésistrate, dit Athénée le mécanicien⁴⁸⁵, avait construit une catapulte de 3 *empans* (trait de 36 doigts = $0^m.684$) portant à $3 \frac{1}{2}$ stades ou $647^m.50$; et aussi un *παλίτρονον*, lançant un trait de 4 *coudées*

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

(96 doigts = 1^m.824) à 4 stades ou 740 mètres. Mais l'auteur ne dit rien du poids de ces projectiles.

420. J'ai démontré⁴⁸⁶ qu'à *module égal*, la *flèche* de l'*euthytone* a même poids que le *boulet* du *palintone*. Or on sait que le module μ et le poids β (en mines) du boulet sont liés par l'équation

$$\mu = 1.10 \sqrt[3]{100 \beta}$$

Dans l'*euthytone*, à flèche de λ doigts de longueur, on a $\lambda = 9 \mu$, d'où

$$\mu = \frac{\lambda}{9} = 0.110 \lambda.$$

Il vient donc

$$0.11 \lambda = 1.10 \sqrt[3]{100 \beta}$$

d'où

$$\lambda = 10 \sqrt[3]{100 \beta} \quad \text{et} \quad \beta = \frac{\lambda^3}{100.000} = 0.00001 \lambda^3.$$

Les deux traits d'Agésistrate pèseraient donc

$$\beta_1 = 0.00001 (36)^3 = 0.467, \text{ soit } \frac{1}{2} \text{ mine}^{487}.$$

et $\beta_2 = 0.00001 (96)^3 = 8.847$, soit 9 mines.

La mine pesant 0^k 436 (ou 100 drachmes), on a donc

$$\beta_1 = (0^k.436)^{\frac{1}{2}} = 220 \text{ grammes}$$

et $\beta_2 = (0^k.436) 9 = 3^k.925$.

Sous l'angle de 45°, les portées ci-dessus $A = 647^m.50$ et $A = 740^m$, donnent les *vitesses initiales* $V = 79^m.70$ et $V = 85^m.20$, dans le vide.

421. Ces nombres excèdent d'un tiers les vitesses trouvées par Dufour pour des engins beaucoup plus puissants. Mais les projectiles d'Agésistrate sont des flèches, dont la plus lourde ne pesait que 4 kilos. Athénée déclare à *peine croyables*⁴⁸⁸ les portées obtenues. Elles prouvent seulement avec quel soin le constructeur avait ménagé l'effet utile de ses engins. Ces résultats étaient exceptionnels, et l'on

doit admettre que les *vitesse initiales* des grosses machines de jet variaient de 60 à 65 mètres, pour une portée d'environ 2 stades, distance des lignes d'investissement des places chez les Romains.

422. Par sa *vitesse initiale* et par sa *portée pratique*, la chirobaliste prend place à côté des autres engins de siège. Seulement elle lançait un trait de masse limitée au poids suffisant pour produire une blessure mortelle. Elle servait, dans la défense des places, au moment de repousser l'assaut⁴⁸⁹. Elle dépassait en portée l'arc et la fronde : et Végèce l'a classée au rang des ARMES PORTATIVES.

Manœuvre de l'engin.

423. La Chirobaliste se manœuvrait en cinq temps, savoir :

- 1° Appuyer l'arme contre la hanche droite en la soutenant de la main gauche;
- 2° Pousser le tiroir et caler la batterie;
- 3° Appuyer contre terre la pointe du tiroir et refouler la corde en arrière;
- 4° Remettre l'arme à la position n° 1 et poser le trait;
- 5° Épauler, viser et presser la détente.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

L'ordre des paragraphes est celui de la description grecque.
Les lettres grecques de renvoi correspondent aux subdivisions du texte.
Les numéros de renvoi correspondent à ceux de la Synthèse.
Les dimensions libres sont fournies directement par le texte grec.

NOTA. — Le nombre total des dimensions (colonnes 8, 9 et 10) est le PRODUIT du nombre des DIMENSIONS

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.
§ I. COULISSE ET TIROIR (Χειροβ. n° 303, p. 116 à 123).		
1° Dimensions données par le texte.		
(Fig. 19 et 20.)		
303 α , β , 312 g , 365, 367..	Coulisse. Dimensions pleines.....	1
303 α , γ , 368.	Tiroir. Dimensions pleines.	1
303 δ , 368.	Rainure de la coulisse et languette du tiroir en queue d'aronde.....	1
303 ϵ , 312 e	Tasseau. { Distance à l'arrière de la coulisse..... Distance à l'avant de la coulisse..... Longueur totale..... Saillie sous la coulisse.....	1
303 ϵ		"
303 ϵ , 312 f , 366.		"
303 ζ , 366.		"
(Fig. 42, 43 et 46.)		
2° Dimensions déduites de la Synthèse.		
365.	Crosse. Longueur totale.	1
365.	Segment évidé ou creux de la crosse. { Flèche..... Corde.....	1
366.	Distance de l'axe de l'échelette au fond de la crosse.....	"
367.	Épaisseur de la coulisse, non compris le tasseau.....	"
367.	Hauteur du plan balistique en contre-haut du dessous des écrous assemblant l'échelette avec le tasseau.....	"
368.	Languette du tiroir, en queue d'aronde. { Base inférieure..... Base supérieure.....	1
368, 370 f	Distance du fond de la crosse à la rainure de la coulisse.....	"
	A reporter.....	7

SYNOPTIQUE
DE LA CHIROBALISTE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Les dimensions entre parenthèses résultent des déductions de la Synthèse.

Le MODULE = $3\frac{1}{2}$ DOIGTS.

Le doigt = $\frac{1}{4}$ du pied athénien = 19 millimètres.

(Le pied athénien = 308 millimètres.)

PARTIELLES (colonnes 4, 5, 6 et 7) par le nombre des PIÈCES ou parties semblables (colonne 3).

DIMENSIONS PARTIELLES.				NOMBRE TOTAL DES DIMENSIONS.		
LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
52 ^d	3 ^d $\frac{1}{2}$ = (1 mod.)	4 ^d $\frac{1}{2}$	#	3	#	1
48 ^d	2 ^d $\frac{1}{2}$	1 ^d $\frac{1}{4}$	#	3	#	#
46 ^d	#	1 ^d	#	2	#	#
#	#	#	28 ^d = (8 mod.)	1	#	1
#	#	#	17 ^d	1	#	#
7 ^d = (2 mod.)	#	#	#	#	1	1
#	#	1 ^d $\frac{1}{2}$	#	1	#	#
(17 ^d)	#	#	#	#	1	#
(4 ^d)	#	#	#	#	1	#
(16 ^d)	#	#	#	#	1	#
#	#	#	31 ^d $\frac{1}{2}$ = (9 mod.)	#	1	1
#	#	(3 ^d)	#	#	1	#
(7 ^d = 2 mod.)	#	#	#	#	1	1
#	(2 ^d)	#	#	#	1	#
#	(1 ^d $\frac{1}{2}$)	#	#	#	1	#
#	#	#	(6 ^d)	#	1	#
				11	10	5

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.
	Report.....	7
368, 402.....	<i>Cannelure du trait.</i> Dimensions.....	1
369, 401.....	<i>Corde archère.</i> Longueur.....	1
370 c.....	<i>Tenon</i> d'assemblage de la crosse avec la coulisse.....	1
365, 370 d.....	Largeur de la crosse { au droit de la coulisse..... aux extrémités du croissant.....	# #
365, 370 d.....	Rayons de courbure de la crosse. { Interne..... Externe.....	# #
370 g.....	Distance de la queue du tiroir à l'entrée de la cage.....	#
369, 395, 398.....	<i>Trait ou flèche.</i> { Dimensions de la tige..... Dimensions du fer triangulaire..... Dimensions de la douille..... Longueur totale du trait.....	1 1 1 #
399.....	Poids du trait..... (6 drachmes = 26 $\frac{1}{2}$ grammes.)	#
415.....	Portée pratique du trait. { Sous l'angle de 45° = (1 $\frac{1}{2}$ stade)..... Sous l'angle de 10° = ($\frac{1}{2}$ stade).....	# #
§ II. BATTERIE (<i>Χειροβ.</i> n° 304, p. 123 à 130).		
1° <i>Dimensions données par le texte.</i>		
(Fig. 21 et 22.)		
304 β̄, γ̄, ε̄, 375, 376 f.....	{ <i>Fourchette</i> recevant la gâchette. Distance à la queue de la coulisse..... <i>Bec</i> de la gâchette. Longueur de la fente.....	1 1
304 ε̄, 377.....	<i>Serpenteau.</i> Distance de son pivot au bec de la gâchette.....	2
304 ε̄, 378.....	<i>Pittarium.</i> Longueur de la portion entaillée.....	3
2° <i>Dimensions déduites de la Synthèse.</i>		
372.....	Longueur du siège de la batterie sur le tiroir.....	#
373.....	De l'axe de la goupille de manette à la queue du tiroir.....	#
373.....	<i>Manette.</i> { Dimensions internes..... Dimensions externes..... Diamètre du fer rond.....	1 # #
374.....	<i>Bouton de retenue.</i> { Distance de l'axe au fond de la crosse..... Distance de l'axe à l'axe de l'échelette.....	1 #
376 a.....	Distance de la manette à la gâchette entre les pivots.....	#
376 d.....	<i>Gâchette.</i> Longueur totale.....	1
376 e.....	Saillie du bec de la gâchette en avant du pivot.....	#
	A reporter.....	23

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

DIMENSIONS PARTIELLES.				NOMBRE TOTAL DES DIMENSIONS.		
LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
				11	10	5
($28^d = 8 \text{ mod.}$)	($\frac{2^d}{2}$)	($\frac{1^d}{4}$)	#	#	3	1
($12^d \frac{1}{2}$)	($\frac{1^d}{4}$)	#	#	#	2	#
(2^d)	(2^d)	(2^d)	#	#	3	#
"	(2^d)	"	#	#	1	"
"	($\frac{1^d}{2}$)	"	#	#	1	"
(10^d)	"	"	#	#	1	"
(10^d)	"	"	#	#	1	"
"	"	"	(22^d)	#	1	"
($12^d \frac{1}{2}$)	($\frac{2^d}{2}$)	($\frac{1^d}{2}$)	#	#	3	"
($1^d \frac{1}{2}$)	($1^d \frac{1}{2}$)	($\frac{2^d}{4}$)	#	#	3	"
($\frac{1^d}{2}$)	($\frac{2^d}{2}$)	"	#	#	2	"
($14^d = 4 \text{ mod.}$)	"	"	#	#	1	1
"	"	"	#	#	1	"
"	"	"	#	#	1	"
"	"	"	#	#	1	"
#	#	#	11^d	1	"	#
1	#	#	#	1	"	#
#	#	#	4^d	1	"	"
$4^d \frac{1}{2}$	#	#	#	1	"	"
(20^d)	#	#	#	#	1	"
"	#	#	($\frac{1^d}{2}$)	#	1	"
(6^d)	($2^d \frac{1}{2}$)	#	#	#	2	"
($7^d = 2 \text{ mod.}$)	($3^d \frac{1}{2} = 1 \text{ mod.}$)	#	#	#	2	2
"	($\frac{1^d}{2}$)	#	#	#	1	"
"	"	#	($3^d \frac{1}{2} = 1 \text{ mod.}$)	#	1	1
"	"	#	($28^d = 8 \text{ mod.}$)	#	1	1
"	"	#	($10^d \frac{1}{2} = 3 \text{ mod.}$)	#	1	1
($7^d = 2 \text{ mod.}$)	#	#	#	#	1	1
($1^d \frac{1}{2}$)	#	#	#	#	1	"
				15	47	13

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.
	Report.	23
376 f.	{ Largeur du corps de la gâchette.	#
	{ Épaisseur des branches de la fourchette.	2
	{ Dimensions totales de la fourchette.	#
377.	Serpenteau. Distance de son axe à la queue du tiroir.	2
	{ Largeur en plan du serpenteau.	#
377 b.	{ Diamètre du serpenteau au droit du pivot.	#
	{ Saillie du bec du serpenteau en avant du pivot.	#
378.	Entaille du Pittarium. { Distance à l'arrière du tiroir.	1
	{ Longueur de l'entaille.	#
379.	Distance de l'avant du Pittarium à l'arrière de l'échelette.	#
380.	Dimensions des branches du Pittarium.	2
	{ Pittarium. Distance de l'axe de bascule à l'arrière du tiroir.	#
	{ Intervalle entre les doigts verticaux de la bascule.	#
382.	{ Diamètre des doigts.	2
	{ Hauteur des doigts.	#
	{ Section des branches de l'anse en U de la bascule.	1
	{ Distance de l'axe de la bascule au fond de l'anse en U.	#
§ III. RESSORTS (Χσιρῶς. n° 305, p. 131 à 136).		
1° Dimensions données par le texte.		
(Fig. 23 et 24.)		
305 β̄, 312 a, 312 b, 327. ...	Montants verticaux des cadres-ressorts.	4
305 γ̄.	Ovales. Largeur ou petit diamètre interne.	4
305 δ̄, 317, 327.	Largeur du ruban d'acier formant l'ovale.	#
305 ε̄, 312 c.	Intervalle entre les montants des cadres.	#
305 ε̄, 321.	Brides d'assemblage des étriers avec les cadres.	8
305 ζ̄.	{ Longueur des chapes.	4
305 ζ̄, 321.	{ Chapes en bronze. { Diamètre de l'évidement des chapes.	#
305 η̄, 321.	{ Fentes diamétrales.	4
305 ζ̄, 330.	Crapaudines, appendices des chapes.	4
305 η̄, 321, 323.	Étriers reliant les chapes et pivots aux cadres-ressorts.	4
2° Dimensions déduites de la Synthèse.		
320.	Épaisseur x des lames composant les cadres-ressorts.	#
325.	Distance du centre de l'ovale au centre de la chape (pivot).	#
	A reporter.	66

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

DIMENSIONS PARTIELLES.				NOMBRE TOTAL DES DIMENSIONS.		
LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
				15 .	47	13
"	$(\frac{2^d}{4})$	"	"	"	1	"
"	"	$(\frac{1^d}{4})$	"	"	2	"
$(1^d \frac{1}{2})$	$(1^d \frac{1}{4})$	$(2^d \frac{1}{4})$	"	"	3	"
"	"	"	$(16^d \frac{1}{2})$	"	1	"
"	$(\frac{2^d}{2})$	"	"	"	1	"
"	$(1^d \frac{1}{4})$	"	"	"	1	"
(2^d)	"	"	"	"	1	"
"	"	"	$(17^d \frac{1}{2} = 5 \text{ mod.})$	"	1	1
"	"	"	$(4^d \frac{1}{2})$	"	1	"
"	"	"	(0^d)	"	1	"
$(4^d \frac{1}{2})$	$(\frac{1^d}{2})$	$(\frac{1^d}{4})$	"	"	6	"
"	"	"	(20^d)	"	1	"
"	"	"	$(\frac{2^d}{2})$	"	1	"
"	$(\frac{2^d}{2})$	"	"	"	2	"
"	$(\frac{1^d}{2})$	"	"	"	2	"
"	$(\frac{2^d}{2})$	$(\frac{2^d}{2})$	"	"	4	"
"	"	"	(2^d)	"	1	"
$10^d \frac{1}{2} = (3 \text{ mod.})$	$(1^d \frac{2}{4} = \frac{1}{2} \text{ mod.})$	$(x = \frac{1^d}{12})$	"	4	8	8
"	2^d	$(x = \frac{1^d}{12})$	"	4	4	"
"	1^d	$(x = \frac{1^d}{12})$	"	4	4	"
"	"	"	$3^d \frac{1}{2} = (1 \text{ MOD.})$	2	"	2
$\frac{2^d}{2}$	$(x = \frac{1^d}{12})$	$(x = \frac{1^d}{12})$	"	8	16	"
2^d	$(x = \frac{1^d}{12})$	$(x = \frac{1^d}{2})$	"	4	8	"
"	$1^d \frac{1}{2}$	"	"	4	"	"
$\frac{2^d}{2}$	$(x = \frac{1^d}{12})$	"	"	4	4	"
$1^d \frac{1}{4}$	$\frac{2^d}{2}$	$(x = \frac{1^d}{12})$	"	8	4	"
10^d	$2^d \frac{1}{2}$	$(x = \frac{1^d}{12})$	"	8	4	"
"	"	$(x = \frac{1^d}{12} = \frac{1}{10} \text{ mod.})$	"	"	1	1
"	"	"	$(2^d \frac{1}{2})$	"	4	"
				65	134	25

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures. -	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de PIÈCES ou parties semblables.
	Report.	66
326.....	Distance des centres des ovales des cadres-ressorts.	"
327.....	Intervalle entre les deux ovales d'un cadre-ressort.	"
328 a.....	Intervalle entre l'ovale et l'étrier adjacent.	"
	Distance entre les étriers d'un cadre, de dehors en dehors.	"
328 b.....	Distance du centre de la gorge au plan externe de l'étrier.	"
328 c.....	Hauteur externe des brides d'attache des étriers.	"
329 $\bar{\alpha}$	Diamètre de la gorge d'appui du battant.	"
329 $\bar{\beta}$	Hauteur du corps cylindrique des chapes.	"
329 $\bar{\gamma}$	Hauteur de la partie sphérique.	"
329.....	Hauteur de la gorge adjacente.	"
329.....	Hauteur totale de la chape.	"
330.....	Hauteur totale, chape et crapaudines réunies (pivot).	"
	Distance du bord de la crapaudine à l'axe du bras.	"
325, 326, 330.....	Hauteur totale du pivot en contre-haut de l'axe du bras.	"
333, 389.....	Distance de pivot à pivot entre les cadres symétriques.	"
	Distance du pivot en avant de l'axe de l'échelette.	"
§ IV. CAGE ($\chi\sigma\iota\phi\epsilon$. n° 306, p. 137 à 146).		
(Fig. 27 et 28.)		
1° Dimensions données par le texte.		
306 $\bar{\alpha}$, 349.....	Arcade ou cage. Longueur entre les échancrures du toit.	1
306 $\bar{\alpha}$, 349.....	Voûte centrale. Ouverture.	1
306 $\bar{\beta}$, 359.....	Longueur de l'index des mains.	2
	Longueur du pouce des mains.	2
306 $\bar{\beta}$, 358.....	Intervalle du pouce à l'index (largeur de l'échancrure).	"
306 $\bar{\beta}$, 351, 359.....	Épaisseur de la voûte, du toit et des mains.	"
	Échelette. { Longeron d'avant.	1
	{ Longeron d'arrière.	1
306 $\bar{\gamma}$, 334.....	Largeur des longerons { en leur milieu.	"
	{ au droit des sabots.	"
306 $\bar{\zeta}$, 334.....	Écartement des longerons.	"
306 $\bar{\eta}$	Sabots. Épaisseur verticale.	4
306 $\bar{\delta}$	Portique ou cage. Nombre des compartiments égaux.	3
306 $\bar{\epsilon}$, 336.....	Entretoise ou traverse de l'échelette dans la coulisse.	1
306 $\bar{\epsilon}$, 352, 357.....	Colonnettes.	4
	A reporter.	86

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

DIMENSIONS PARTIELLES.				NOMBRE TOTAL DES DIMENSIONS.		
LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
				65	134	25
"	"	"	($18^d = 8 \text{ mod.}$)	"	4	4
"	"	"	($8^d \frac{1}{2}$)	"	4	"
"	"	"	($\frac{1^d}{3}$)	"	4	"
"	"	"	($7^d = 2 \text{ mod.}$)	"	2	2
"	"	"	($3^d \frac{1}{2} = 1 \text{ mod.}$)	"	2	2
($\frac{1^d}{2}$)	"	"	"	"	8	"
"	($1^d \frac{3}{4} = \frac{1}{2} \text{ mod.}$)	"	"	"	2	2
"	($\frac{2^d}{3}$)	"	"	"	4	"
"	($\frac{2^d}{3}$)	"	"	"	4	"
"	($\frac{2^d}{3}$)	"	"	"	4	"
"	(2^d)	"	"	"	4	"
"	($3^d \frac{1}{4}$)	"	"	"	4	"
"	"	"	($\frac{1^d}{3}$)	"	4	"
($3^d \frac{1}{2} = 1 \text{ mod.}$)	"	"	"	"	4	4
"	"	"	($23^d \frac{1}{2}$)	"	1	"
"	"	"	($1^d \frac{1}{4}$)	"	2	"
$23^d \frac{1}{2}$	"	($y = 1^d$)	"	1	1	"
"	5^d	($y = 1^d$)	"	1	1	"
4^d	"	($y = 1^d$)	"	2	2	"
2^d	"	($y = 1^d$)	"	2	2	"
"	"	"	$3^d \frac{1}{2} = (1 \text{ MOD.})$	2	"	2
"	"	($y = 1^d$)	"	"	1	"
16^d	"	($z = 1^d$)	"	1	1	"
24^d	"	($z = 1^d$)	"	1	"	"
"	2^d	"	"	2	"	"
"	$1^d \frac{1}{4}$	"	"	2	"	"
"	"	"	3^d	1	"	"
"	"	2^d	"	4	"	"
"	"	"	"	1	"	"
3^d	$2^d \frac{1}{2}$	"	"	2	"	"
10^d	1^d	"	"	8	"	"
				95	199	41

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LETTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de PIÈCES ou parties semblables.
	Report.....	86
306 $\bar{\eta}$, 345.....	{ Gril ou côtes arquées.....	4
	{ Intervalle entre les côtes arquées.....	"
(Fig. 35, 36, 37, 38, 39 et 40.)	<i>2° Dimensions déduites de la Synthèse.</i>	
312 d, 334, 336.....	Largeur totale de l'échelette.....	"
335.....	Épaisseur z des longerons et de l'entretoise.....	"
336.....	Tenons de l'entretoise.....	2
337.....	Section transversale des sabots.....	"
339.....	{ Longueur du sabot d'arrière.....	"
	{ Longueur du sabot d'avant.....	"
340 b.....	Intervalle entre les sabots.....	"
341.....	Longueur externe de la cage de dehors en dehors des cadres.....	"
343, 345.....	Entailles des sabots recevant le pied des cadres.....	"
345.....	Épaisseur u des côtes arquées du gril.....	"
348.....	{ Rayon externe de la grande côte.....	"
	{ Rayon externe de la petite côte.....	"
	{ Différence des rayons moyens des deux côtes.....	"
349.....	Distances des deux traverses longitudinales du gril.....	"
350, 359.....	Épaisseur γ de la voûte centrale.....	"
350.....	Extrados. { Diamètre aux naissances.....	"
	{ Montée.....	"
351, 359.....	Épaisseur γ du toit et des mains.....	"
353.....	Hauteur externe du toit en contre-haut du gril.....	"
353.....	Dimensions générales de la cage.....	"
354, 365.....	Longueur totale de la chirobaliste.....	"
355.....	Hauteur de plan balistique { en contre-haut de l'échelette.....	"
	{ en contre-haut du gril.....	"
	{ en contre-bas du toit.....	"
356.....	{ Chapiteau des colonnettes.....	"
	{ Distance du chapiteau au plan balistique.....	"
	{ Intervalle en élévation entre les colonnettes.....	"
	{ Tourillons d'assemblage des colonnettes.....	"
357.....	{ Intervalle entre les colonnettes extrêmes.....	"
	{ Entr'axe des colonnettes extrêmes.....	"
360.....	Longueur de la voûte (sur l'axe du tiroir).....	"
	A reporter.....	9 ¹

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

DIMENSIONS PARTIELLES.				NOMBRE TOTAL DES DIMENSIONS.		
LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
				95	199	41
13 ^d	1 ^d	(u = 1 ^d / ₁₂)	"	8	4	"
"	"	"	2 ^d 1/2	1	"	"
"	(7 ^d = 2 mod.)	"	"	"	1	1
"	"	(z = 1 ^d)	"	"	1	"
(2 ^d)	(2 ^d)	(1 ^d / ₂)	"	"	6	"
"	(2 ^d)	(2 ^d)	"	"	8	"
(2 ^d 1/2 et 2 ^d 1/4)	"	"	"	"	4	"
(3 ^d 1/2 et 3 ^d 1/4)	"	"	"	"	4	"
"	"	"	(2 ^d 1/2)	"	1	"
(31 ^d 1/2 = 9 mod.)	"	"	"	"	1	1
(1 ^d 1/2)	(1 ^d / ₂)	(1 ^d / ₂)	"	"	12	"
"	"	(u = 1 ^d / ₂)	"	"	4	"
(13 ^d 1/2)	"	"	"	"	1	"
(10 ^d)	"	"	"	"	1	"
(3 ^d 1/2 = 1 mod.)	"	"	"	"	1	1
"	"	"	(10 ^d)	"	1	"
"	"	(y = 1 ^d)	"	"	1	"
"	(7 ^d = 2 mod.)	"	"	"	1	1
"	(3 ^d 1/2 = 1 mod.)	"	"	"	1	1
"	"	(y = 1 ^d)	"	"	1	"
(10 ^d 1/2 = 3 mod.)	"	"	"	"	1	1
(28 ^d = 8 mod.)	(7 = 2 mod.)	(14 ^d = 4 mod.)	"	"	3	3
(56 ^d = 16 mod.)	"	"	"	"	1	1
"	"	"	(5 ^d 1/2)	"	1	"
"	"	"	(5 ^d 1/4 = 1/2 mod.)	"	1	1
"	"	"	(5 ^d 1/4 = 1/2 mod.)	"	1	1
(2 ^d)	(1 ^d / ₂)	"	"	"	8	"
"	"	"	(3 ^d 1/2 = 1 mod.)	"	4	4
"	"	"	(7 ^d = 2 mod.)	"	3	3
(1 ^d)	(1 ^d / ₂)	"	"	"	16	"
"	"	"	(23 ^d)	"	1	"
"	"	"	(24 ^d)	"	1	"
(3 ^d 1/2 = 1 mod.)	"	"	"	"	1	1
				104	295	61

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LÉTTRES OU NUMÉROS DE RENVOI au texte grec, à la Synthèse et aux figures.	DÉSIGNATION DES PIÈCES OU PARTIES DU MÉCANISME.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.
	Report.....	92
	§ V. BATTANTS (Χειροβ. n° 307, p. 146 à 149).	
	1° Dimensions données par le texte.	
(Fig. 27 et 28.)		
307 $\bar{\alpha}$	{ Pommeaux ou talons conoïdes. Longueur.....	2
	{ Épaisseur de base.....	2
307 $\bar{\beta}$, 387.....	{ Épaisseur près des pivots.....	2
	{ Saillie des crochets à l'extrémité des broches.....	2
(Fig. 45 et 47.)		
	2° Dimensions déduites de la Synthèse.	
385.....	{ Diamètre des pommeaux de base.....	"
	{ Diamètre du collet adjacent au pivot.....	"
	{ Diamètre et saillie des pivots.....	"
387.....	{ Broches. Longueur totale (encastrement compris).....	2
	{ Revers du crochet extrême.....	2
	{ Longueur de la broche (non compris le crochet).....	2
	{ Longueur totale du pommeau conoïde.....	"
	{ Longueur de la portion visible de la broche.....	"
388.....	{ Diamètre de la broche { au droit du pivot, partie visible.....	2
	{ au droit du pivot, partie encastrée.....	"
	{ au droit du crochet extrême.....	"
	TOTAUX.....	102

En résumé :

La chirobaliste est composée de 102 pièces ou parties, de formes distinctes.

Le nombre des dimensions fournies directement par le texte est de... 112

Le nombre des dimensions déduites de la Synthèse est de..... 319

ENSEMBLE..... 431

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

DIMENSIONS PARTIELLES.				NOMBRE TOTAL DES DIMENSIONS.		
LONGUEUR ou HAUTEUR.	LARGEUR ou DIAMÈTRE.	ÉPAISSEUR ou PROFONDEUR.	DISTANCE ou INTERVALLE.	TEXTE GREC.	SYNTHÈSE.	
					En doigts.	En modules.
				104	295	61
$3^d \frac{1}{4}$				2		
	1^d			2		
	$\frac{1^d}{2}$			2		
$\frac{1^d}{2}$				2		
	$(1^d \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \text{ mod.})$				2	2
	(1^d)				2	
$(\frac{1^d}{2})$	$(\frac{1^d}{2})$				4	
(11^d)					2	
	$(\frac{1^d}{2})$				2	
$(10^d \frac{1}{2} = 3 \text{ mod.})$					2	2
$(3^d \frac{1}{2} = 1 \text{ mod.})$					2	2
$(7^d = 2 \text{ mod.})$					2	2
	$(\frac{1^d}{2})$				2	
	$(\frac{1^d}{2})$				2	
	$(\frac{1^d}{4})$				2	
				112	319	69

Et les 431 dimensions ci-dessus en comprennent 69, soit *un sixième*, exprimées en *modules* ou *fractions simples de module*, dont 8 résultent directement du texte grec, ainsi qu'on peut le vérifier en comptant, parmi les *dimensions partielles* (colonne 4, 5, 6 et 7), celles qui se trouvent *entre parenthèses*, en regard d'un nombre de la colonne 8.

NOTES.

PREMIÈRE PARTIE.

¹ Paris, *ex. typ. reg.* 1693, in-f°, p. 121 à 144.

² Paris, Imprimerie impériale, 1867, in-4°.

³ *La Chirobaliste d'Héron d'Alexandrie*, traduite du grec en collaboration avec M. Vincent, etc. Paris, juillet 1862, grand in-8° avec figures.

⁴ *La Chirobaliste d'Héron d'Alexandrie*, restitution et traduction. Paris, 1866, petit in-8°.

⁵ Une réédition de ce traité, revue et complétée sur les manuscrits connus, serait d'un grand secours pour la restitution définitive des machines de jet antiques. Moitié des textes de la *Poliorcétique des Grecs*, de M. Wescher, n'ont pas, à beaucoup près, l'importance technique des livres IV et V de Philon de Byzance, le premier sur les *Armes de jet*, le second sur la *Fortification* et sur la *Défense des places*.

⁶ Voir *Nouv. biogr. univ. de M. Hœfer*, art. BALDI.

⁷ *De Adm. Imp.* (Leyde, 1611, in-8°). Ch. 53 : *De Castris Chersonis hist.*, p. 203 : Ἐτεκμήραντο τοῦ Φυγεῖν, μὴ προσδέξαντες τὰς ἐν τοῖς ἀρμασι κατασκευασμένας Χειροβολίστρας. — *Id. ibid.* p. 204 : Οἱ δὲ Χερσονῖται ἡμέρα Φησι φεύγοντες ταῖς Χειροβολίστρας τοὺς διώκοντας ἀνήλiskon Βοσποριανούς. — *Id. ibid.* p. 209 : Πάση σπουδῇ κατασκευάσαντες τὰτε πολεμικὰ ἀρματα καὶ τὰς Χειροβολίστρας, καταλαμβάνουσι τὸν Ἰσθρον ποταμὸν.

⁸ *De Adm. Imp.* p. 203 : Κατασκευάσαντες ἀρματα πολεμικὰ καὶ ἐνθόντες ἐν αὐτοῖς τὰς λεγομένας Βολίστρας. — *Id. ibid.* p. 210 : Πρὸς δὲ τούτοις καὶ παρέχουμιν ὑμῖν καθ' ἕκαστον ἔτος νεῦρόν τε καὶ κἀναβον, σιδηρόν τε καὶ ἐλαῖον, ὑπὲρ κατασκευῆς τῶν Βολιστρῶν ὑμῶν.

⁹ *De Cærim.* p. 673, 1, 3; 676, 17.

¹⁰ Théoph. a. 1. *Artemii* : Κτίσας τοξοβολίστρας.

¹¹ *Leo Tact.* c. v, vii : Ἀμάξας ἐχούσας τοξοβολίστρας. — *Ibid.* c. vi, xxvii : Τοξοβολίστρας καὶ σαγίττας αὐτῶν.

¹² *Voy. Biogr. univ. Michaud*, art. VÉGÈCE.

¹³ *De re milit.* III, xiv : « In quinta acie ponebantur interdum carlobalistæ, manubalistarii, fundibulatores, funditores. Fundibulatores sunt qui fustibalis lapides jaciunt. » — *Ibid.* II, xv : « Erant item sagittarii cum cassidibus. Erant tragularii qui ad manubalistus VEL arcubalistas dirigebant sagittas. — *Ibid.* IV, xxi : « Admotis turribus, funditores lapidibus, sagittarii jaculis, manubalistarii VEL arcubalistarii sagittis, jaculatores plumbatis ac missilibus e muris submovent hostes. »

¹⁴ Végèce, *op. cit.* IV, xxii : « Fustibalos, arcubalistas et fundas describere superfluum « puto, quæ presens usus agnoscit. »

¹⁵ *Id. ibid.* IV, xxii : « Balista funibus, nervis chordisque tenditur; quæ quanto prolixiora brachiola habuerit, hoc est quanto major fuerit, tanto *spicula* longius mittit. « Onager dirigit lapides et saxorum pondera jaculatur. *Scorpiones* dicebant quas nunc « *manubalistas* vocant; ideo sic nuncupati, quod *parvis subtilibusque spiculis* mortem inferunt. » *Spiculum* signifie proprement la *pointe du dard*, témoin Amm. Marc. *Rer. gest.* XXV, 1 : « Sagittarii divaricatis brachiis flexiles tendebant arcus, ut nervi mammas perstringerent dextras, *spicula* sinistris manibus cohærent. » Le même, *ibid.* XXIII, 111 : « Sagittam ligneam *spiculo* conglutinatam. . . »

¹⁶ Végèce, *op. cit.* III, xxv : « *Carrobalistas* aliquanto majores superpositas curribus « cum binis equis aut mulis post aciem ordinari convenit, ne cum sub jactum teli advenierint bestiæ sagittis balistariorum transfigantur. »

¹⁷ Végèce, *op. cit.* IV, ix : « Onagri vel balistæ cæteraque tormenta nisi funibus nervinis intenta nil prosunt. » Voir également plus haut, note 15.

¹⁸ Végèce range les *scorpions* ou *manubalistes* à côté des *archers* ou *sagittaires*. Dans l'antique zodiaque, le signe du *scorpion* est adjacent à celui de l'*archer*. Peut-être se mêla-t-il un peu d'astrologie dans les raisons qui firent nommer *scorpion*, à l'origine, un engin destiné à renforcer les *archers* sur le champ de bataille. Manilius appelle le *scorpion Martis sidus*.

¹⁹ Amm. Marc. *Rer. gest.* XXIII, iv : « *Scorpionis* autem, quem adpellant nunc *onagrum*, hujusmodi forma est, etc. » *Id. ibid.* : « *Scorpio* autem (adpellatur) quoniam aculeum desuper habet erectum; cui etiam *onagri* vocabulum indidit ætas novella, ea re « quod asini feri, cum venantibus agitantur, ita eminus lapides post terga calcitrando « emittunt. »

²⁰ Polybe, *Hist.* VIII, vii : « Ἐὼς ἀνδρομήκους ὕψους κατεπέκνωσε τρήμασι τὸ τεῖχος, ὡς παλαιστίοις τὸ μέγεθος, κατὰ τὴν ἐκτὸς ἐπιφανείαν οἷς τοξότας καὶ σκορπίδια παρασλήσας ἐντὸς τοῦ τείχους, καὶ βάλλων διὰ τούτων ἀχρήστους ἐποίησε τοὺς ἐπιβάτας. » Remarquons en passant que Polybe applique le terme βάλλων au *jet des flèches*, lancées par les *archers* et par les *scorpions*. Au surplus βέλος se dit d'un projectile *aigu* ou *ronde*, à volonté.

²¹ Plut. *Vit. Marcelli*, c. xv : « Οἱ σκορπίοι βραχύτονοι μὲν, ἐγγύθεν δὲ πλῆξει παρασλήμεσαν ἀόρατοι τοῖς πολεμοῖσι. » De même Vitruve, *De arch.* X, x (Schneider), vulgo 15 : « *Bruchii brevitatis facit plagam vehementiorem.* » De même Végèce, IV, xxii : « Balista . . . « quanto *prolixiora brachiola* habuerit, tanto *spicula longius emittit.* » Voir également Philon de Byzance (*Math. vet.* p. 53, l. 35) : « Τὰ δὲ βραχυτονώτερα δυσκατάγωγά τε εἶναι καὶ μὴ λίαν μακροβολεῖν. » Nous reviendrons sur l'explication technique de ces divers témoignages.

²² Tite-Live, XXVI, xlvi : « *Scorpionum majorum minorumque* . . . ingens numerus. » *Ibid.* : « *Scorpiones majores ad LX*, si auctorem græcum sequar Silenum; si Valerium « *Antiatem, majorum scorpionum sex millia, minorum tredecim millia.* »

²³ Macchab. I, c. vi, v. 51 : « Καὶ ἐσλήσεν ἐκαστὴ βελοςίασις καὶ μηχανὰς καὶ πυροβόλα »

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

καὶ λιθοβόλα καὶ σκορπιδια εἰς τὸ βάλλεσθαι βέλη καὶ σφενδόνας. » On voit que le *πυροβόλον*, machine incendiaire, est d'une haute antiquité. M. Wescher (*Poliorcét. Introd.* p. XXI; et p. 262) traduit ce mot, dans Héron de Byzance (x^e siècle), par *arme à feu*. Dans notre langue, *arme à feu* se dit de celles où le feu engendre la force balistique, tandis que, dans dans le *πυροβόλον* antique ou byzantin, le feu s'applique au *projectile* même. *Arme à feu* se dirait plutôt *πυρότονον*. Les Grecs modernes appellent un *canon πυροβόλον*; mais cela ne prouve point que le passage d'Héron le jeune, commenté par M. Wescher, concerne une *arme à feu*. Il s'agit, au contraire, de *feu jeté presque à bout portant*, au moment de l'assaut d'une place forte : « Des engins portatifs, propres à lancer du feu, permettent aux assaillants d'atteindre et de brûler au visage leurs adversaires : μετὰ « σίρπητων ἐγχειριδίων πυροβόλων κατὰ πρόσωπον τῶν πολεμίων διὰ πυρὸς ἀκοντίζουσι. » A si faible distance, une *arme à feu* véritable eût dispensé de viser l'ennemi à la face.

²⁴ Wescher (*Poliorcét.* p. 74) : Τὰ δὲ εὐθύτονα τινες καὶ σκορπίους καλοῦσιν, ἀπὸ τῆς περὶ τὸ σχῆμα ὁμοιότητος.

²⁵ Just. Lips. (*Poliorcét.* lib. III, dial. 17) : « Longius scorpio catapulta se concitat. » On pourrait donner à ce passage la signification inverse, en prenant *scorpio* pour l'ablatif de *scorpius*. Mais, en latin, *scorpius* ne se dit jamais d'une *arme de guerre*.

²⁶ César, *Bell. gall.* VII, xxv : « Quidam ante oppidi portam Gallus, scorpione ab latere « dextro trajectus exanimatusque concidit. » Hirtius, *Bell. afric.* XXI : « Scorpione accuratius « misso, atque eorum decurione percusso et ad terram defixo, reliqui perterriti fuga se « in castra recipiunt. »

²⁷ *De arch.* [Schneider, X, 2 (vulgo 15), p. 290-292].

²⁸ *De arch.* X, 1, p. 269.

²⁹ Voir plus loin le *Parallèle entre les καμβέστρια et les anisocycles*, n^o 281 à 302.

³⁰ *Quæst. nat.* II, XVI : « Nam balistæ quoque et scorpiones tela cum sonitu expellunt. »

³¹ *De scorpio* : « Hamatile spiculum in summo tormenti ratione stringit, unde et bel- « licam machinam retracta tela vegetantem de scorpio nominant. Id spiculum et fistula est, « patula tenuitate in vulnus et virus qua figit, effundit. » Juste-Lipse, commentant ce pas- « sage (*Poliorc.* lib. III, 17) ajoute : « Significat clare et mucronem et ad eum canaliculum « fuisse, qui infunderet venenum. Alii non dicunt. » Mais il perd de vue que Tertullien ne « parle que de l'insecte *scorpion*, dont il désigne d'abord l'aiguillon, *hamatile spiculum*, en « rappelant l'analogie de fonction de ce dard avec l'engin de guerre appelé *scorpion*. Puis « il revient au dard de l'insecte, *id spiculum et fistula est*. Évidemment, *id* se rapporte à « *hamatile spiculum* et non à *scorpius*. L'analogie cherchée par Juste-Lipse est donc inad- « missible. Toutefois l'expression *retracta tela vegetantem* classe le *scorpion* mentionné par « Tertullien dans la catégorie des *παλίτρονα*, ainsi qu'on le verra plus loin.

³² Voir *Synthèse de la Chirobaliste*, n^o 308 et suiv.

³³ Héron d'Al. Βελοποιικά (Wescher, *Poliorcét.* p. 78) : « Καὶ μετὰ ταῦτα διωθὲν ἄκρον « τῆς διώστρας εἰς τὸ ἔξω μέρος ἀντήρειδον τοίχῳ τινὶ ἢ τῷ ἐδάφει, ἐπήρειδον τὴν γαστέρα « ἐπὶ τοῦ κοιλάσματος, καὶ βιαζόμενοι τῷ ὅλῳ σώματι διώθουν τὴν διώστραν, καὶ κατήγον « τὴν τοξίτιν νευράν. »

³⁴ Eutocius, *In Archim.* (Bâle, 1544, in-8°, Hervag.), *De sphaera et cylindro*, II, p. 21 :

« Γράφεται δὲ ἡ παραβολὴ διὰ τοῦ εὐρηθέντος διαβήτου τῷ Μιλησίῳ μηχανικῷ Ἰσιδώρῳ τῷ ἡμετέρῳ διδασκάλῳ· γράφεται δὲ ὑπ' αὐτοῦ εἰς τὸ γενόμενον αὐτῷ ὑπόμνημα τῶν Ἡρωνος Καμαρικῶν : La parabole se décrit au moyen du compas inventé par Isidore, ingénieur de Milet, mon maître, à l'intention de son commentaire sur le *Tracé des voûtes* d'Héron. »

³⁵ Voir mon premier opuscule (*Chirobaliste*, Paris 1862, grand in-8°), p. 28, note; et p. 29, fin. C'est sur la simple lecture d'un passage de M. Henri Martin (de Rennes), que je suggérai à M. Vincent cette interprétation. On trouvera plus loin (n° 64-71) le passage de M. H. Martin rappelé ci-dessus.

³⁶ Dans l'*Introduction* à sa traduction (italienne) des *Automates* d'Héron (Venise, 1589, in-4°) fol. 14 : « Fece ancor altre opere intitolate *Camariche*, *Cambestrie*, sopra le quali « fece commentarj Isidoro Milesio; de' quali *Camarici* e *Cambestri* si trova menzione nella « *Belopija*, cioè in quel che diciamo delle baliste e de' tormenti da lanciar dardi. »

³⁷ Voir *Heronis. Alex. vita*, par Baldi, en tête de l'édition d'Augsbourg, p. 71 : « Scripsit præterea quædam, ex Eutocii in Archimedem testimonio, de *Camaricis*, quæ « Isidorus Milesius, nobilis mathematicus et ipsius Eutocii præceptor, commentationibus « *adaucta* illustravit. Harum *machinarum* descriptionem quamdam habemus in calce libri « *Belopæcon*. »

³⁸ Voir *Heronis. Alex. vita* par Baldi, en tête de l'édition d'Augsbourg, p. 71. L'erreur de Baldi, au sujet de la pluralité des engins de la *Χειροβαλλίστρα*, est d'autant plus singulière, que les paragraphes concernant les *divers objets* réunis sous ce titre sont tous liés entre eux d'une manière frappante. Le § 2 (*Batterie*) contient deux renvois formels au § 1°. Le § 3 (*Ressorts*) commence ainsi : *Κατσκευάσθωσαν δὲ καὶ τὰ καλούμενα Καμβέστρια*. Le § 4 (*Cage*) : *Γεγονέτω δὲ καὶ τὸ καλούμενον Καμάριον*. Enfin, le § 5 (*Conoïdes*) : *Πεποιήσθωσαν δὲ καὶ κωνοειδῆ δύο*. A la vérité, l'auteur grec désigne ces paragraphes par le mot *Θεωρήματα*, qui semble les rendre indépendants les uns des autres, par le fond sinon par la forme.

³⁹ En effet Héron renvoie du texte aux figures toutes les fois qu'il s'agit de formes dont l'œil seul peut bien saisir l'idée. De la *manette du tiroir*, des *ressorts*, de l'*arcade*, il dit scrupuleusement : *Τῷ σχήματι οἷα ὑπογράφεται*.

⁴⁰ *Her. Alex. vit.* p. 71 (72), 72 (73).

⁴¹ Just. Lips. *Poliorticicōn, sive de machinis, tormentis, telis lib. quinque* (Anvers, 1625, petit in-4°).

⁴² *De re milit. Rom.* (Leyde, 1657, in-4°), p. 222 : « Circa sæculum Constantini (306-337) aut paulo ante videntur (*manubalistarii vel arcubalistarii*) in militiam recepti : « græci *Χειροβαλλίστρας* vocant. In Burgundiæ nostræ agro Alexiensi prope Arnetum re- « pertæ sunt haud ita pridem duæ iconculæ sive sigilla argentea, unum militis quasi le- « gionarii, pari certe habitu veterani et hujusmodi *arcubalistam* ad pedem tendere co- « nantis. »

⁴³ *Comment. de Bibliot. Cæsar. Vindob* (Vienne, 1675, grand in-f°), t. VII, p. 294 et suiv. : « In cod. Vindob. CX : Tertio et quidem a f° 59, p. 1, usque ad f° 61, p. 2. « *Ejusdem Heronis Alexandrini manuballistræ constructio et symmetria, etc.* Edidit hoc He- « ronis fragmentum Bern. Baldus Urbinates, cum supra memoratis ejusdem Heronis Be-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

« lopoeticis, p. 64, 65, 66, sed tantum græce. Quarto: Et quidem a f° 61, p. 2, usque
« ad f° 63, p. 1, ejusdem Heronis Alex. *fragmenta duo de Campestribus et Camario*, ma-
« chinis bellicis ita dictis; quorum *primum* incipit his verbis: *Κατασκευάσθωσαν . . . μῆ-*
« *κος έχοντα δακτύλους ις (εἴκοσι Baldus) κτλ. alterum* autem: *Γέγνε δὲ τὸ καλούμενον*
« *Καμάριον κτλ.* Edidit quidem hoc etiam Heronis *fragmenta* græce Bern. Baldus, cum
« supra memoratis Belopoeticis, *sed non mediocriter diverse.*

⁴⁴ *Gloss. med. et infim. græcit.* — Voir les mots cités.

⁴⁵ *Hist. XXI:* « Falarica erat Saguntinis missile telum, hastili oblongo et cetera tereti
« præterquam ad extremum, unde ferrum exstabat. Id sicut in pilo quadratum stupa cir-
« cumligabant lineabantque pice. Ferrum autem tres in longum pedes habebat, ut cum
« arnis corpus transfigere posset. » Silius, à propos de Sagonte, dit également :

Armavit clausos ac portis arcuit hostem
Librari multa consueta falarica dextra.

⁴⁶ *Breviar. ac suppl. comment. Lambec.* (Vienne, 1690, in-f°), p. 65: « Heronis Alexan-
« drini I sive senioris *Constructio et symmetria Manuballistræ*, cum duplici appendice de
« *Campestribus et Camario*, extat part. 4, p. 18, n° 3. Cum appendice de *Manuballistræ*
« *constructione et fragmentis duobus de Campestribus et Camario* extant, p. 73, n° 1; Ejus-
« dem *constructio et symmetria Manuballistræ*, n° 3; Ejusdem *fragmenta duo de Campes-*
« *tribus et Camario*, n° 4. »

⁴⁷ Voir plus haut, note 2.

⁴⁸ *Testim. auct. de Tacticis (Math. vet. Introd.)*, p. xii. Ex Baldo in *Heronis Belop.*
schol. « Libellum hunc Heronis esse inde evincitur, quod in appendice ejus ad finem,
« ubi de *chiroballistris*, ita habet inscriptio *τοῦ αὐτοῦ Ἡρωνος, ejusdem Heronis.* » Voir *ibid.*
p. 331, et Baldi, *Βελοποιικά* (Augsbourg, 1616), p. 44.

⁴⁹ Meister (1724-1788), professeur d'art militaire à l'université de Gœttingue, a laissé
de nombreux mémoires, la plupart en latin, sur la science antique. Ses conjectures sur
la chirobaliste sont consignées dans l'opuscule intitulé: Alb. Lud. Frider. Meisteri, *De*
catapultæ polybolæ commentatio, Gœttingæ, 1768, petit in-4°.

⁵⁰ P. 73 à 77.

⁵¹ *Op. cit. préf.* p. 7. *Architectus*, chez les Latins, c'est l'*ingénieur*. Chez les Grecs, *in-*
génieur se désigne encore aujourd'hui par *Μηχανικός*. Voir *Poliorcét.* (Wescher), *Notes sur*
les manuscrits, p. 1x.

⁵² L'auteur de la traduction latine de la *Χειροβαλλίστρα* dans les *Math. vet.* Voir d'ail-
leurs Lambécus (*op. cit. sup. not. 43*), et Nessel (*op. cit. sup. not. 46*), auteurs de l'in-
terprétation adoptée plus tard par Thévenot.

⁵³ *Meist. op. cit.* p. 19.

⁵⁴ P. 67 à 73.

⁵⁵ Voir *Math. vet.* p. 70, l. 4. C'était du bronze à trois pour cent d'étain: *Εἰθ' ὄπως*
εἰς τὴν μῆν (χαλκοῦ) μιχθέντος κασσιτέρου ὀκτῆς δραχμαὶ τρεῖς, κτλ.

⁵⁶ *Meist. op. cit.* p. 18, juge ainsi la description de Philon: « Ita chalcotonum ortum

« fuit, quod Philo subobscura quanquam satis verbose descripsit; interpres [Thevenot] aliquanto etiam obscurus. »

⁶⁷ Meist. *op. cit.* p. 17-18 : « Ceterum æneæ chalcotoni laminæ non arcus lignei instar adhibebantur, sed eo fere modo quo in *claustris forium, repagulis seu schasteris declinandis et relevandis elaterem aliquem chalybeum duplicem seu complicatum subijcere solemus.* »

⁶⁸ Voir mon opuscule sur la *Chirob.* Paris, 1862, in-8°, p. 29.

⁶⁹ Meist. *op. cit.* p. 20.

⁷⁰ *Math. vet.* p. 111-114; Wescher, *Poliort.* p. 61-68 (avec figures).

⁷¹ Voir *op. cit.* not. 4. Dans l'introduction : « Quoi qu'il en soit, dit M. Vincent, le titre du traité de la *Chirobaliste* ou *Baliste à main*, indique suffisamment une arme portative, destinée avant tout à lancer des masses, telles que pierres, balles ou légers boulets comparables à nos biscaiens, etc. » M. Vincent ne tenait, on le voit, aucun compte de la tradition historique qui assigne, comme je l'ai montré plus haut, un projectile aigu à la *Chirobaliste*.

⁷² Meist. *op. cit.* p. 28.

⁷³ Voir plus haut, note 15.

⁷⁴ Voir plus haut, note 14.

⁷⁵ Leipzig, in-4°, t. IV, p. 236 : « Fragmenta duo de *Campestribus et Camario*, machinis bellicis, edita quidem sunt a Bernard. Baldo, cum *Belopoeticis*; sed in cod. cx non mediocriter diverse leguntur, observante Lambecio, VII, p. 418. Extant quæque in Vindob. CXIII et in aliis codd. *Harles.* »

⁷⁶ Paris-Genève, 1840, in-4°, p. 14.

⁷⁷ *De re milit.* II, xv : « Manubalistas vel arcubalistas. » *Ibid.* IV, XXI : « Manubalistarii vel arcubalistarii. »

⁷⁸ Grieschische Kriegschriftsteller, Leipzig, 1853, in-8°, t. I, *Einleitung zu Heron und Philon*, p. 199 : « Er (Heron) hat autzer der hier gelieferten Schrift noch mehrere an über Gegenstände der Naturkunde und Mechanik geschrieben, darunter auch eine über die Construction der Handballiste (*χειροβαλλίστρα*, manuballista), deren Verständniss uns aber bis jest verschlossen geblieben ist, das wir folglich auch dem Publicum nicht forlegen konnten. »

⁷⁹ Voir *Collection des Mém. présentés à l'Acad. des insc. et belles-lettres*, Paris, 1854, t. IV, p. 37-40.

⁸⁰ M. H. Martin écrit *χειροβαλλίστρα*. Pourtant une note de lui, reproduite par feu M. Vincent (*Chirob.* 1866) p. 29, observe que *βαλλίστρα* vient de *βάλλω*, jeter, et peut-être même de *βαλλίζω*, sauter. J'adopterais plus volontiers cette seconde explication, qui rappelle le *retractu tela vegetantem* de Tertullien (voir plus haut, note 31), le *jet par ruade* ou à reculons, caractéristique des *παλιντροα*, auxquels appartiennent la *χειροβαλλίστρα* et son ancêtre le *scorpion*. Dans la même note, M. Martin paraît tenir à voir dans le *καμάριον* un appareil de balistique. Je reviendrai, à l'occasion des *καμβέστρια*, sur les autres parties de cette note.

⁸¹ Dans une note en renvoi : « Depuis la rédaction de ce passage de mon Mémoire, ajoute le savant professeur, M. Vincent m'a communiqué une interprétation assez plau-

« sible de Meister, d'après laquelle le mot *καμβέστρια*, étant dérivé de *κάμπειν*, les « *καμβέστρια*, ainsi nommés *a curvatura sua*, seraient analogues aux *χαλύκτονοι* décrits « par Philon de Byzance, p. 67-73 de Thévenot. En outre, Meister paraît vouloir que « les *καμβέστρια* fassent partie de la *χειροβαλλίστρα*. *Καμάριον* signifie *voûte*; mais l'auteur « décrit sous ce nom une petite machine. »

⁷² MM. T. H. Martin et Vincent (*Chir.* p. 10) attachent une grande importance à ce manuscrit (*olim* 110, *nunc* 140) de Vienne, importance bien amoindrie par celle du ms. (ix^e siècle) de Mynas (*cod. Par. supp. græc.* 607) et du manuscrit de Vienne (*olim* 113, *nunc* 120) copié sur un texte de même origine et non moins ancien que celui de Mynas, mais assez différent. En 1863, avant que l'Empereur eût fait don du manuscrit de Mynas à la Bibliothèque impériale, j'avais fait venir de Vienne une copie du manuscrit 110, dont les variantes et les figures m'ont été très-utiles.

⁷³ Baldi n'a point hasardé un pareil titre (voir plus haut, notes 36, 37 et 40). Au surplus, voici sa déclaration textuelle, p. 71 (72) 72 (73) : « Cetera vero commentariola, « in quibus *χειροβαλλίστρας κατασκευὴν καὶ συμμετρίαν*, hoc est *manuballistræ commen-* « *sum et constructionem* docet, item illa in quibus de *cambestriis et camaricis*, ut dictum est, agit, *σχεδιάσματα* potius quam justa volumina esse appellanda arbitramur. »

⁷⁴ Voir mon opuscule intitulé *A. M. Vincent, en réponse à sa critique de l'opuscule intitulé la Chirobaliste, etc.* Paris, 1863, grand in-8°, p. 5, note 1. Il s'agissait de la traduction des *termes techniques* de la *Bélopée*, que M. Vincent rendait à l'instar du traducteur latin des *Math. vet.* (voir plus haut, p. 13, n° 45) : « Ainsi, Monsieur, écrivais-je en 1860 « à M. Vincent, j'ai proposé en marge du verso (fol. 8) les expressions suivantes : *Pa-* « *rustates, montants latéraux. Stat* éveille l'idée d'une chose qui *se tient debout, d'un mon-* « *tant; παρά, de côté, latéral. Antistates, montants de face*, pour le spectateur placé dans le « plan du tir. *Mésostates, montants intermédiaires*, variante d'*antistates. Pérित्रήτε, couronne*, « celui du haut. *Anteroïdes, contre-fiches, etc.* » Je complétais ma communication en signalant l'étroite parenté existant, dans les diverses langues, entre la plupart des termes qui désignent des objets de fabrication usuelle. L'*analogie figurative* préside à leur formation. Il n'est pas rare qu'une *image unique* ait servi à fixer le nom d'un même objet, dans les divers idiomes. Cela tient-il aux affinités mystérieuses du langage avec la pensée ? Ou bien plutôt, les arts industriels s'étant de très-bonne heure propagés à travers les peuples, à raison des besoins généraux qu'ils venaient satisfaire, ne faudrait-il point admettre que la nomenclature, créée par un peuple à l'usage d'un art de son invention, ait été simplement empruntée et traduite ultérieurement par les étrangers, cessionnaires du nouvel art ? Il en arrive ainsi chaque jour, sous nos yeux, pour des inventions françaises, dont les étrangers traduisent ensuite les noms, d'après les mêmes analogies.

⁷⁵ Voir *Math. vet.* p. 77-78. Philon de Byzance décrit sans figure l'engin d'essai de Ctesibius, *en des termes qui prouvent que l'expérience n'a pas réussi*. J'en avais fait la remarque dans l'*appendice* (p. 36-38) de ma première édition (1862). La traduction allemande de Philon de Byzance, par MM. Köchly et Rüstow (*op. cit.* p. 312-317, voir *note* 68 plus haut) est inexacte en plusieurs endroits de la description de l'*ἀερότονον ὄργανον* de Ctesibius.

⁷⁶ Voir *op. cit.*, note 3.

⁷⁷ J'ai déjà reconnu à M. Vincent (p. 33 de ma première édition) le mérite de la priorité de cette conjecture.

⁷⁸ Ce passage sera commenté plus loin.

⁷⁹ Voir *Exam. de l'écrit. intit. la Chirob.* (Paris, 1862, petit in-8°) p. 22, note. Cet opuscule est de M. Vincent.

⁸⁰ *La Chirob. Restitut. et traduct.* par A. J. H. Vincent, etc. (Paris, 1866, petit in-8°).

⁸¹ *Op. cit.* p. 10-10 : « Ici (fig. manuscrit 140 Vienne, 110 Lambecius) plus de doute, s'écrie M. Vincent, sur le véritable caractère et la nature essentielle des conoïdes. Les calques cités, que je reproduis dans ma première planche, en représentent clairement la charpente comme formée de feuilles métalliques repliées en manière de cônes tronqués, suivant l'axe desquelles se meuvent des broches signalées dans le texte, broches terminées d'un côté par des crochets destinés évidemment à retenir la corde archère, et de l'autre par des anneaux qui, embrassant les conoïdes, peuvent glisser à frottement sur leur surface extérieure en les comprimant plus ou moins. Dès lors il devient évident que les bourses de cuir, représentées dans les manuscrits et dans l'édition de Paris, ne jouaient qu'un rôle secondaire, celui de garnir d'un coussin flexible et élastique la partie des conoïdes qu'elles enveloppaient, etc. » M. Vincent oublie de dire que la fonction des conoïdes, comme battants, a été découverte et expliquée par son collaborateur. Ce point est fondamental. Selon moi, dès l'origine, les crochets appelaient la corde archère, et les talons des conoïdes s'adaptaient aux gorges des καμβέστρια. Ceux-ci, a priori, paraissaient donc être des ressorts, d'une forme particulière. Toute la solution dépendait du rôle des conoïdes. Aussi bien M. Vincent passa huit mois (avril-nov. 1861) à les considérer comme des réservoirs d'air comprimé, avant d'aborder le reste du mécanisme.

⁸² Philon (*Mathematici veteres*, p. 72) reproche au système névrotone de s'user rapidement par l'effet de la torsion. L'humidité lui est aussi fatale. Eutrope (*Epit. bell. gall.* Paris, Marnet, 1564) p. 55, cité par M. Massiat (voir *Vinc. Chirob.* p. 43) dans un Mém. sur la première et la septième campagne de César, confirme le fait : « Quod oppidum (Genabum) diu oppugnatum, tandem... pluvio die, cum hostilium machinarum amenta nervique languerent... captum atque deletum est. »

⁸³ *Olymp.* IX, v. 103, 104 : « Il est prudent de taire des efforts que le ciel n'aide pas. » (Trad. Boissonade, éd. E. Egger; Paris, 1867, in-32) p. 59.

⁸⁴ Voir plus haut, note 66.

⁸⁵ Voir *op. cit.* (plus haut, note 68) pl. V, fig. 3 à 6.

⁸⁶ P. 123 à 134.

⁸⁷ Avril 1868, p. 253.

⁸⁸ Voir *Poliorec.* p. 127, l. 1 : δακτύλων̄] ῑα quasi ex codd. Par. (P₁ P₂ P₃) dedit Vincent. Dederat Baldus. ε̄ habent (F₁ P₁ P₂ P₃ P₄ P₅). Ex Th. dederam. || *Ibid.* p. 129, l. 10 : Ᾱ καὶ δ̄] Ᾱς'δ' ex Baldo et codd. Par. (P₁ P₂ P₃ P₄) correxi. || *Ibid.* p. 131, l. 12 : δακτύλους Γ̄]. Ponunt omnes; δακτύλους Ῑ ex συμμετρία organi correxi. Quin philologice ex confusione uncialium Γ̄ et Ῑ conjici potest. || *Ibid.* p. 131, l. 12 : δακτύλους ΒC]. Ponunt omnes, δάκτυλον ενα restitui ex συμμετρία organi. Philologice in cod. par. P₁ (2438)

I.A
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

δακτύλους \overline{BC} pro δάκτυλον *ενα* scripsit librarius ex repetitione verborum quæ precedentem τοῦ διαπηγίου descriptionem concludunt. || *Ibid.* p. 132, l. 6 : δακτύλων $\overline{\Gamma}$. Ponunt plerique; δακτύλων $\overline{\Pi}$ ex *συμμετρία* restitui. Philologice ex confusione uncialium $\overline{\Gamma}$ et $\overline{\Gamma}$ (pro $\overline{\Pi}$) conjiciendum; δάκτυλον A habet cod. Myn. Quin, *ultima hora, ibid.* p. 133, l. 2 : δακτύλων \overline{IA} in δακτ. $\overline{\Gamma\Delta}$ vertendum philologice uti ex figura conjeci. (Cf. § V, 1, *Chirob.*, p. 146 du présent ouvrage.)

⁹⁹ M. Wescher préfère les manuscrits de Paris (Mynas) et 120 de Vienne, issus du commerce libre, à ceux de Paris et du Vatican, provenant de la recension officielle byzantine. Les deux premiers, dit-il, sont plus anciens. Pourtant certaines dimensions de la *Χειροβαλλίστρα* ne se lisent bien que dans les autres. Les figures des manuscrits de la série byzantine sont beaucoup plus voisines de la réalité que celles des manuscrits préférés par M. Wescher. Les musées et arsenaux grecs contemporains devaient posséder encore des modèles des engins de guerre de l'antiquité. On a vu plus haut que Constantin Porphyrogénète, parlant des Chirobalistes de Constantin I^{er}, les désigne par un néologisme, *Χειροβολίστραι*. C'était une sorte d'artillerie de campagne. La *Chirobaliste* d'Héron fut sans doute jugée digne de figurer à côté des *Βελσποϊικά*. La forme antique de son nom fut respectée. *Χειροβαλλίστρα* n'est pas plus un néologisme que *διόπτρα*, *διώστρα*, et autres termes employés par Héron d'Alexandrie. Ce sont simplement des termes techniques. En rééditant la *Chirobaliste*, les savants byzantins du x^e siècle firent un effort évident pour rectifier les figures barbares des manuscrits plus anciens, tels que celui de Mynas, de manière à rendre l'opuscule d'Héron plus intelligible. Si l'on y joint des dimensions plus correctes, on comprendra que les manuscrits dits *secondaires* de Paris, dont M. Wescher n'a donné aucune variante, ne m'ont pas été moins utiles que les textes de Mynas et du manuscrit 120 de Vienne.

¹⁰⁰ Le tableau n'en contient que quatorze; mais au manuscrit V du Vatican sont annexées implicitement les données de deux autres manuscrits V₁ (219) et V₂ (220), recueillies par M. Wescher à la bibliothèque vaticane. Des seize manuscrits connus, onze appartiennent à la Bibliothèque nationale de Paris, deux à celle de Vienne et trois à celle du Vatican.

¹⁰¹ *Op. cit.* Introd. p. 6.

¹⁰² En effet, d'après le tableau donné plus haut, on a *variantes inéd.* = (2030 leçons + 965 *in corrections*) = 2995, soit 2 sur 3.

¹⁰³ Par suite de lacunes échappées à Baldi et à Thévenot, les 322 passages du commentaire définitif correspondent à 314 passages seulement dans Baldi, et à 321 dans Thévenot et dans ma première édition. Ainsi, au § 4 (n° 58 du commentaire) une lacune de vingt-huit mots supprime dans Baldi sept passages annotés de notre texte actuel. De même, au n° 77 suivant, une lacune de quatre mots supprime encore un passage : (322 — 8) = 314. D'un autre côté, la lacune du n° 77 précité se retrouve dans Thévenot et dans ma première édition : 322 — 1 = 321.

¹⁰⁴ Baldi : 314 — 186 = 128 passages.

¹⁰⁵ Parmi les leçons heureuses dues à Baldi, je signale les suivantes : § 1^{er}, n° 15 : [δακτύλους] restitution imprimée à la marge de l'édition *princeps*. M. Vincent l'adopte sans en indiquer l'origine; et M. Wescher loue M. Vincent de cette restitution, en ajoutant les

crochets ci-dessus au mot *δακτύλους*. — § 2, n° 7, 33 et 51 : *Δίχηνλον*. Sept manuscrits donnent *δίχηνλον*. — *Id.* n° 39 et 52 : *κοινοῦμεν*. Plusieurs manuscrits donnent *κυνούμεν*.

⁹⁶ Les mots maintenus avec raison par Thévenot sont les suivants : § 2 : 1, *Nῦν* au lieu de *Αὔ* (Baldi). || § 3 : 9, *κάμπισθαι*, au lieu de *κάμπισται* (Baldi). — *Ibid.* 23, *χαλκοὶ κοῦφοι*, au lieu de *χαλκούφοι* (Baldi). || § 4 : 50, *διαπήγιον*, omis par Baldi. — *Ibid.* 52, *έχον*, omis par Baldi. — *Ibid.* 52, *τὸ* omis par Baldi. || Enfin le mot judicieusement évité par Thévenot est (§ 4, 61) *τε*, rétabli depuis par M. Wescher, qui lit *τάτε στυλάρια*, au lieu de *τὰ Δ̄ στυλάρια*, donnés par les manuscrits de Médicis, du Vatican, 140 de Vienne et par la plupart des manuscrits secondaires de Paris (P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆, P₇).

⁹⁷ Voir les passages suivants de mon commentaire : (a) § 1^{er} : 57; § 2 : 27, 57. — § 3 : 34. — § 4 : 37. — § 5 : 3, 26. || (b) § 1^{er} : 42. — § 2 : 12, 13, 19, 65, 67; — § 3 : 22. — § 4 : 33. || (g) § 2 : 73, *τὸ πιττάριον* (voir plus haut, XII g).

⁹⁸ Voir mon comment. paléogr. : (a) § 1^{er} : 62. — § 2 : 2, 21, 38, 56; § 3 : 1. — § 4 : 4, 21, 76. || (b) § 1^{er} : 21, 28, 31. — § 2 : 32, 46. — § 3 : 38, 41, 45. — § 4 : 3, 4, 7, 9, 38, 70. || (c) § 1^{er} : 18. — § 3 : 4. || (d) § 3 : 24. — § 4 : 19. || (g) § 2 : 1, *δη*.

⁹⁹ § 1^{er} : 42, *ὡς τε* Baldi Th. — 57, *ἀρῆν* *ἀρῆν* Baldi Th. || § 2 : 12, *ΚΑΜ* *κλμρ* Baldi, *κλμρ* Th. — 13, *ΝΞ* *μξ* Baldi, *μνξ* Th. — 19, *ΓΔ* *οξεδ* Baldi, *εδ* Th. — 27, *παρὰ ληλογράμω* *παρ. . . μως* Baldi, *παρ. . . γράμος* Th. — 57, *τὸ Π* (*τὸν. . .*) *τὸν π* (*τὸν. . .*) Baldi Th. — 65, *τὸ ΝΞ* *τὸν ξ*, Baldi Th. — 67 [*ΑΒ*] *ΓΔ* *γδ* Baldi Th. || § 3 : 22, *τὰ Σ*, *Τ*, *Υ*, *Φ*, *Χ*, *Ψ*, *Ω*, *Α*] *τῶν υφχψω*. *α* Baldi, *τὰ σ*. *υφχ*. *ψω*, *α* Th. — 34, *δακτύλου* *δακτύλων* Baldi Th. || § 4 : 37, *ἐκάστου* *ἐκαστος* Baldi Th. || § 5 : 3, *ἐκότερον* *έτερον* Baldi, *έχοντα τὸ μὲν* Th. — 26, *τάς*] *τὰ* Baldi et Th.

¹⁰⁰ § 1^{er}, 43 : *θκ* au lieu de *κθ* || § 2, 10 : *θη*, au lieu de *ΖΘ* || § 3 : 10, *οἶοι εἰσι*, au lieu de *οἶοι εἰσι*; — 15, *δακτύλου ἐνός*, au lieu de *δάκτυλον ἐνα*; — 32, *ἴσον τῶν*, au lieu de *ἴσον τῶ τῶν*. || § 4 : 35, *γδ* (?) au lieu de *αδ* = *ἐνα τέταρτον*.

¹⁰¹ § 1^{er} : 15, [*δακτύλους*] donné par Baldi (marge); 17, *Αδ*, donné par moi en 1862 : *εαδ* Baldi et Th. || § 2 : 48, *ΙΑ*, cote très-importante due à Baldi.

¹⁰² Voir mon comment. paléogr. (a) § 1^{er} : 48. — § 2 : 31, 36, 63. — § 3 : 10, 15, 30; § 4 : 1, 32, 34, 41, 68. — § 5 : 12. || (b) § 1^{er} : 43, § 3, 37. || (c) § 4 : 35, 77. || (d) § 1^{er} : 47; § 3 : 42; § 4 : 77. || (f) § 1^{er} : 11, *έχέτω* (supprimé).

¹⁰³ Voici ces corrections définitives : § 1^{er} : 50, *HB[H]* *τὸν β* Baldi, *ηβ* Th. (*υβ* marge), *ηβ* Prou (1^{re} édition), *BH* Vincent, *HB* Wescher. || § 3 : 6, *πλειῶν*. Tous éditeurs antérieurs *πλειῶ*; 32, *ἴσον τῶ τῶν* *ἴσον τῶν*, tous éd. ant.—43, *ςς[ςς]* *ςς* Baldi Th. et Prou (1^{re} édit.); *ς*, *ς*, *ς*, *ς* Vincent; *ςςςς* Wescher. — 48, *Ι*]. Tous les manuscrits et éditeurs donnent *Γ*, *γ* ou *γ'*. || § 4 : 58, *Ι*] *τρεις* (de *γ* ou *Γ*) Baldi Th. Dans ma première édition je proposais *ΙΓ* ou *ιγ* ou *τρισκαίδεκα*, *γ* Vincent, *Γ* Wescher. — 59, *δάκτυλον*. Tous éd. ant. : *δακτύλους*. || 59 *bis*, *ἐνα*] *δύο ἡμισυ* Baldi, *β'ς* Th., *β'ς* Prou (1^{re} édit.), *βL* Vincent, *BC* Wescher. — 73 *τὰ ζ*]. Tous éd. ant. : *τὰ ςς*. — 76, *ΙΓ*] *α* Baldi et Th., *ιδ* Prou (1^{re} édit.), *α* Vincent, *Γ* Wescher. La discussion des trois corrections numériques du § 4 est établie dans la *synthèse* (4^e partie de la présente édition). — Voir en outre plus haut, note 88, la correction numérique *ΓΔ* substituée à *ΙΑ*.

¹⁰⁴ *Introd.* p. 6-7.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹⁰⁵ *De Arch.* lib. X, ch. xv-xvii (Schneider, t. I, p. 290-295).

¹⁰⁶ Le terme *νευρότονον*, malgré sa forme correcte, n'appartient pas aux textes de la Poliorcétique. Thévenot l'a adopté (*Math. vet.* p. 127) d'après la variante *νευρότονον* du manuscrit 2435 de Paris. Les manuscrits de Médicis et du Vatican donnent, en un seul mot, *νευράτονον*. La leçon véritable, éditée par M. Wescher, est fournie par le manuscrit de Mynas : *Ἐκαλοῦν δὲ τὰ μὲν συνέχοντα τοὺς ἀγκῶνας νεῦρα, τόνον*. La séparation *νεῦρα, τόνον* répond seule au sens. Néanmoins, dans une théorie générale de l'artillerie antique, le terme *νευρότονον* s'oppose très-naturellement au terme *χαλκότηνον*.

¹⁰⁷ Voir ci-après (n° 281 à 302) le parallèle entre les *Καμβέσθρια* et les *Anisocycli*.

¹⁰⁸ Voir, plus haut, n° 9.

¹⁰⁹ *Chirob.* (1866), p. 7.

¹¹⁰ La remarque est de M. H. Martin (de Rennes). Voir *Chirob.* (Vinc. 1866), p. 29-30.

¹¹¹ Voir *Βελοπ.* (*Poliorcét.* Wescher), p. 77-78.

¹¹² *Id. ibid.* p. 119 *note*, donne la liste des géomètres grecs qui ont traité de la *duplication du cube*, problème fondamental de l'échelle de proportion des engins balistiques.

¹¹³ *Poliorcét.* p. 119 : « Apud Pappum laudantur Heronis Καταπαλτικά . . . sed plenior atque mirabilior nota extat in cod. 120 (Vindob.) ubi hæc ad calcem leguntur : « Τέλος τῶν Ἀρχιμήδους Βελοποιικῶν τῶν ἐξηγηθέντων παρὰ Ἡρώνος Κτησιδίου. »

¹¹⁴ *Math. vet.* p. 246, l. 26 et suiv.

¹¹⁵ Voir ci-après *Troisième partie*, § 4, note 14 du Comment. paléogr. Voir également Wescher, *op. cit.* p. 130, ligne avant-dernière.

¹¹⁶ Voir ci-après *Troisième partie*, § 2, note 71 du Comment. paléogr. et Wescher, *op. cit.* p. 127, ligne dernière. Voir aussi § 1, note 15 du Comment. paléogr. et Wescher, *op. cit.* p. 123, l. 5.

¹¹⁷ Voir *Math. vet.* p. 145-242.

¹¹⁸ Voir *Math. vet.* p. 243-274.

¹¹⁹ *Olymp.* VII, 53 : « Des chefs-d'œuvre qu'on dirait vivre et se mouvoir. »

¹²⁰ M. G. Boissonade a remarqué, avant M. Ferdinand Delaunay, que les *pouces* des deux mains qui tiennent les ressorts étaient peut-être *mobiles*, de manière à simuler un effort de compression effective. *Χειροβαλλίστρα* signifierait alors, non-seulement un *engin muni ou orné de mains*, mais une *arme lançant son projectile par un jeu de mains*. Cette conjecture me paraît plausible. Elle expliquerait d'ailleurs la position de certains points symétriques et distants entre eux de $23 \frac{1}{2}$ doigts (1 pied + $7 \frac{1}{2}$ doigts), du § 4 du texte, lesquels seraient les pivots d'articulation des pouces mobiles. Je suis heureux de signaler ici l'observation de mon savant ami. La muse hellénique devait bien cette inspiration au fils d'un de ses plus délicats interprètes.

¹²¹ *Olymp.* VII, 50 :

Αὐτὰ δὲ σφισιν ὄπασε τέχνην
Πᾶσαν ἐπιχθονίων Γλαυκῶπις ἀριστοπόνους χεραὶ κρατεῖν.

(Voir traduction Boissonade, citée plus haut note 83.)

Errata. — Au n° 132 (p. 44) : au lieu de 54, lire 69; au lieu de 7, lire 8; au lieu de 204, lire 431. (Voir tableau, p. 226.)

DEUXIÈME PARTIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹²² Voir *Math. vet.* p. 51, et Köchly-Rüstow, p. 244 : Τοῦτο δὲ συνέβαινε... διὰ τὸ φιλοδόξων καὶ φιλοτέχνων ἐπιληφθῆναι βασιλέων.

¹²³ Amm. Marc. *Rer. gest.* XXIII, 4 : « Hi (axes) in modum serratoriae machinae connectuntur. »

¹²⁴ *Hist. nat.* VII, LVI.

¹²⁵ *Paralip.* II, c. xxvi, v. 15. La Vulgate rend *μηχανὰς μεμηχανευμένας λογιστοῦ* par *machinas fabri factas excoGITantis*. — Δογιστής signifie *calculateur*, et parfois *inventeur*. Dureau de la Malle (*Poliocet. des anc.* t. II) croit que les engins d'Ozias n'étaient pas de création récente. Le degré de science que suppose le texte *μηχανὰς μεμηχανευμένας λογιστοῦ* prouve que ces engins furent, sinon inventés, du moins construits avec art par un *ingénieur*. Δογιστής admet volontiers cette signification.

¹²⁶ Ézéchiel, iv, 2, et xxii, 22. Les deux passages emploient le mot *βελοστάσις*, que la Vulgate rend par *arietes*, *béliers*. Mais, dans les Macchab. I, vi, v. 20 et v. 51, la Vulgate traduit *βελοστάσις* par *balistas*. Βελοστάσις signifie proprement l'endroit où sont installées des machines de jet, une *batterie* : « Βελοστάσις οὐκείας τοῖς ἐπιτίθεσθαι μέλλουσι καταπέλτας » (Diod. x, 85). Voir également Phil. Byz. (*Math. vet.* p. 82 et 97) et Polyb. IX, xli. Athénée le mécanicien (Wescher, p. 22) emploie *βελοστασία* dans le même sens : ἔχει δὲ καὶ μέσσην στέγην ἐπὶ τῶν σύλων ἀνακαυομένην, ὅπως ἡ βελοστασία ἐπ' αὐτῆς εἴη. Le sens donné à *βελοστάσις* par la Vulgate dans les Macch. permettrait d'y voir l'origine du latin *balista*, terme classique qu'on retrouve dans Plaute, Cicéron, César, Tite-Live, Sénèque, Tacite, etc. (voir Just. Lips. *Poliocet.* III, dial. 2 et 3). Le grec *βαλλίστρα* n'est pas davantage un néologisme (voir, plus haut, notes 70 et 89). C'est *βολίστρα* qui date du vi^e siècle (voir Maurit. *Tact.*). Les deux langues ont pu d'ailleurs demeurer fidèles chacune à son génie propre.

¹²⁷ Θρη. II, v. 8 : Ἐξέτεινε μέτρον, καὶ οὐκ κτλ. Il reste à savoir si *funiculum*, qui traduit *μέτρον* dans la Vulgate, répond au terme hébraïque que les Septante ont rendu par *μέτρον*. Si oui, s'agirait-il pourtant d'engins *névrotones*? Ἐκτείνειν μέτρον, *tendere funiculum*, serait plutôt une métaphore : « Il a pris toutes ses mesures, il a travaillé sans relâche à l'anéantissement de la ville. » Videant magistri.

¹²⁸ Diod. Sic. XIV, xlii, 1 : Καὶ γὰρ τὸ καταπελτικὸν εὐρέθη κατὰ τοῦτον τὸν καιρὸν ἐν Συρακουσίαις, ὡς ἀν τῶν κρατίστων τεχνίτων πανταχόθεν εἰς ἓνα τόπον συνηγμένων. MM. Köchly et Rüstow (*op. cit.* p. 189) suivent l'opinion de Diodore, sans dire un mot du passage des Livres saints.

¹²⁹ *Var. Hist.* VI, xii : Ὁ δὲ καταπέλτης εὐρημα ἦν αὐτοῦ Διονυσίου.

¹³⁰ Plut. *Apopth.* Ce cri d'un brave a son analogue dans un de nos vieux poèmes du moyen âge, *Girars de Viane*, analysé par le savant M. Léon Gautier, dans son bel ouvrage sur nos épopées nationales (voir ms. 1448, Paris).

Cent fois maudit soit le premier archer !
Il était lâche, il n'osait approcher.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹³¹ Plut. *Alex.* LXX, III.

¹³² Arr. *Anab.* IV, IV, 4.

¹³³ Athen. *Dipnosoph.* XII, LIV (*Schweigh.*).

¹³⁴ *Id. ibid.* V, XLIII.

¹³⁵ 170 avant J. C., mission de Popilius Lænas, sous Ptolémée IV Philométor.

¹³⁶ Suidas, mot *Μάχαιρα*. Montesquieu (*Grund. et Déc. des Romains*, ch. 11) attribue ce passage à Polybe : Τὴν μὲν κατασκευὴν μετέλαβον [οἱ Ῥωμαῖοι], αὐτὴν δὲ τὴν χρῆσι-
τητα τοῦ σιδήρου καὶ τὴν ἄλλην ἐπιμελείαν οὐδαμῶς δύνανται μιμῆσθαι. Philon de Byz.
(*Math. vet.* p. 71) dit expressément : Ὡφθη γὰρ ἡ τῶν προσηρημένων λεπίδων (rubans
d'airain élastiques de Ctésibius) ἐργασία διὰ τῶν Κελτικῶν καὶ Ἰσπάνων καλουμένων μα-
χαιρῶν. De nos jours, les aciers de Tolède sont encore renommés pour leur merveil-
leuse souplesse.

¹³⁷ Voir *Math. vet.* p. 105 à 114, et *Poliorect.* (*Wescher*), p. 41 à 68.

¹³⁸ Dans un savant travail consacré à Héron d'Alexandrie (*Mém. de l'Acad. des insc.*
1854, p. 23). M. H. Martin (de Rennes) a démontré que le célèbre élève de Ctésibius
florissait vers l'an 70 avant J. C.

¹³⁹ Philon de Byzance fut contemporain de Ctésibius, dont il continua les travaux
(*Math. vet.* p. 73; — Köchly et Rüstow, p. 300). Héron (*Math. vet.* p. 263) cite de
Philon de Byzance un traité des *Automates*, dont il se déclare le continuateur. Vitruve
(lib. VII, præfatio) nomme Philon de Byzance, à la suite de Ctésibius, parmi les au-
teurs d'ouvrages sur la balistique. D'après Athénée (*Dipnosoph.* IV), Ctésibius vivait sous
Ptolémée Évergète II, septième roi d'Égypte (146 à 147 av. J. C.). Fabricius croit
Ctésibius contemporain de Ptolémée Philadelphie. Schweighæuser (*ap. Ath. l. c.* p. 637)
et M. H. Martin (de Rennes) ont réfuté cette opinion (*Mém. cit.*). Köchly et Rüstow
placent Philon de Byzance sous le premier Ptolémée (323-285), à propos du passage
relatif aux rois « amis de la gloire et amis des arts, » cité au chapitre précédent. Rien ne
prouve que Philon décerne cet éloge aux souverains d'Égypte ses contemporains.

¹⁴⁰ *Math. vet.* p. 1 à 48. *Wescher* (*op. cit.*) p. 137 à 193.

¹⁴¹ Ch. X, XI et XII (*Schneider*); *vulgo* 15, 16 et 17, 18.

¹⁴² Voir plus haut, note 113.

¹⁴³ Τὸ περὶ τῆς ἀταραξίας, la *paix de l'âme*, terme employé ici, avec beaucoup de
finesse, par Héron d'Alexandrie, dans le sens de la *paix politique*. Köchly traduit par
Seelenruhe, *paix des âmes*.

¹⁴⁴ Σοφία, c'est la science proprement dite; témoin Pindare (*Ol.* VII, v. 98-99) :

Δαέντι δὲ καὶ σοφία
Μείζων ἄβολος τελέθει.

¹⁴⁵ Ceci est encore une allusion aux philosophes stoïciens, qui font consister le
bonheur dans la *paix avec soi-même*. Tels sont Aristote, Épictète, Sénèque, Plutarque. Le
Nil admirari d'Horace résume la doctrine.

¹⁴⁶ Ἐπανόδοις] Ἐπανόδους. W. ἐφόδους Th. ἐφόδοις, Köch.-Rüst.

¹⁴⁷ Αὐτοὶ τε κατὰ συνείδησιν ἀτάραχοι διαμένουσι (διαμένωσι, Th. Köch.) mot à mot :

« Et l'on demeure à bon escient imperturbable. » Köchly traduit : « Und selbst in diesem Bewutztsein seine Seelenruhe behauptet. »

¹⁴⁰ On trouvera plus loin la distinction technique à faire entre les deux systèmes. M. de Reffye l'a seulement entrevue (*Monit.* 6 nov. 1867). Je l'ai déduite du texte même d'Héron. Le *παλίντονον* de la Bélopée n'a jamais été expliqué comme je le présente aujourd'hui. M. de Reffye a exécuté pour le Musée d'Artillerie et pour celui de Saint-Germain, des modèles *euthytone* et *palintone*, dont les battants sont tournés *par dehors*. Le seul qu'il ait muni de *bras convergents*, caractère distinctif du *παλίντονον*, figure, à titre de *variante* seulement, au Musée d'Artillerie.

¹⁴¹ Le *Καταπέλτης* ou *Καταπάλης* grec est le nom générique des machines de jet. *ὄξυβελής*, *λιθοβόλος* ou *πυροβόλος*, indiquent l'engin spécial lançant des *traits* ou des *pierres*. On a vu plus haut (note 128) le terme *τὸ καταπελτικόν*, désignant dans Diodore l'Artillerie. Certains auteurs disent également *ἀφειτήρια ὄργανα* (*machines de jet*). D'ordinaire *καταπέλτης* est une arme lançant des *flèches*. Les *pierriers* sont le plus souvent *παλίντονα*, avec ou sans le mot *ὄργανα*. Le *σκορπίος* est une *catapulte ὄξυβελής*, ou simplement un *ὄξυβελής* (s. e. *καταπέλτης*) ou encore *ὄξυβελές* (s. e. *ὄργανον*). Les Grecs avaient un troisième système, à moteur *névrotone* mais à *bras unique*, ou *μονόγων*, qui fonctionnait dans le plan même du tir. Ce battant se terminait par une fronde armée d'une pierre, que l'engin lançait à l'instar du frondeur, à *tour de bras*. Ce type appartenait à la classe *εὐθύτονον*. Les Romains modifièrent la nomenclature grecque primitive. Les *ὄξυβελείς* deviennent pour eux des *scorpions*, et les *παλίντονα* ou *λιθοβόλοι* prennent le nom de *balistes*. Le *μονόγων* devient la *catapulte*, que Vitruve confond pourtant avec le *scorpion*; de même que *σκορπίος* et *καταπέλτης* désignent souvent en grec un seul et même engin, du genre *εὐθύτονον*. Plus tard, le *σκορπίος* devint *παλίντονος*, sans cesser d'être *ὄξυβελής*; enfin il prit le nom de *χειροβαλλίστρα*, *manubalista*. Athénée (Th. p. 3, W. p. 8) cite un engin d'Agésistrate qui, *παλίντονος ὄν*, dit le texte, envoyait à quatre stades (740 mètres) un trait de quatre coudées (1^m,85). La *Χειροβαλλίστρα* est un type mixte : le *corps de l'arme* est *εὐθύτονον*, l'engin étant *ὄξυβελές*; son *mécanisme* est *παλίντονον*, plus puissant et moins encombrant que celui de l'*εὐθύτονον*, comme il convient à une arme portative. La *manubaliste*, variété de la *baliste*, est évidemment *παλίντονος*. A l'époque où elle se substitue au *scorpion euthytone*, définitivement délaissé par l'artillerie romaine, le nom de *scorpion* est cependant maintenu au vocabulaire, et devient celui du *pierrier μονόγων*, de la *catapulta* ou *pierrier-fronde* de César. Un peu plus tard cette machine reçoit le nom définitif d'*onagre*. La *baliste* est le seul engin dont le nom, chez les Romains, soit demeuré invariable. Sa description dans Vitruve est conforme à celle du *παλίντονον* d'Héron et de Philon. Selon ces trois auteurs, la *baliste* était un *pierrier*. Parfois, dans César, elle lance de grosses flèches. Depuis, elle cesse complètement de jeter des pierres. Peut-être la confond-on alors avec la *manubaliste*, comme les Grecs disent *βολίστρα* pour *χειροβολίστρα*. *Palintone* par essence, la *baliste* lançait probablement à volonté, comme le remarque Héron, des *pierres* ou des *flèches*.

¹⁴² M. Wescher écrit : « *οἰσίους ἢ...καὶ συναμφοτέρα*, » lacune indiquée, paraît-il, mais sans justification plausible, dans le ms. de Mynas.

¹⁵¹ Thévenot rend *σκληρότητα* par *asperitates*!

¹⁵² La figure des *Math. vet.* est assez correcte, mais la forme de la *monture* n'est point celle d'une planchette, comme l'a cru également W. Newton (*Stratic. Vitruve*, p. 184, pl. XVIII, fig. 1 et 3). Rien n'indique non plus, dans Héron, une forme analogue pour le *refouloir* (*καταγωγίς*), celui de la chirobaliste est un simple *croissant* (*σεληνοειδές σχῆμα*), ajusté à tenon et mortaise avec la queue de la monture. La courbure donnée par Thévenot et W. Newton à l'autre extrémité de la monture n'est pas davantage justifiée : « Catagogis extremum E arcui propius in rotundam lineam erat conformatum. » (W. New.)

¹⁵³ M. Dufour (*op. cit.* p. 30) la définit *coulisse à queue d'aigle* (?).

¹⁵⁴ Θήλυς, *rainure* (pièce *femelle*); ἀρρήν, *lanquette* (pièce *mâle*). Köch. Rüst. traduisent ἀρρήν par *feder, plume*, qui a sans doute en allemand l'acception du mot *lanquette*. Vitruve appelle *buccalæ* (*lèvres*) les *bords de la rainure*. Philon (T. 53, KR. 252) les appelle *πτερόγνια, ailettes*. Double rapprochement curieux entre *feder* et *πτερόγνια*, d'une part, entre *lanquette* et *buccalæ*, de l'autre. Dans toutes les langues, l'*analogie avec les formes vivantes* préside évidemment à la *nomenclature technique*.

¹⁵⁵ Κανών, terme ayant en grec le même sens vague que *pièce* en français.

¹⁵⁶ Δίχηλον (*δίχσιλον* Th. et KR). Baldi, avant M. Wescher, avait adopté *δίχηλον*, pour le motif suivant (*Math. vet.* p. 332) : « δίχηλα dicebantur animalia divisas seu bifidas bisulcasve unguulas habentia, ut boves, capræ, cervi et cetera ejusmodi. » Dans la *Χειροβαλλιστρα*, Baldi écrit également *δίχηλον*, honneur rapporté exclusivement aux mss. par M. Wescher.

¹⁵⁷ Καθάρτερ τῶν καλουμένων σκανδύλων. Baldi (*Math. vet.* p. 332) rapproche ce dernier mot de *σκανδύνες, σκολόπες, κόρακες*, donnés par Hésychius. L'outil en question ressemblerait plutôt à la *tête du marteau de menuisier*, qui est fendue pour saisir par la tête les pointes ou clous à arracher du bois.

¹⁵⁸ Le dessin de la *batterie*, dans Thévenot, est fort incorrect. Ses successeurs l'ont mieux restitué.

¹⁵⁹ Silberschlag (*Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1760, p. 378-432), dans sa *Dissertation sur les principales machines de guerre des anciens*, dit que *σφρίγξ* désignait probablement tout le tronc de la machine. M. Dufour (*op. cit.* p. 30) traduit *σφρίγξ* par *croisse* (?). Le terme exact est *MONTURE*.

¹⁶⁰ M. Dufour (*op. cit.* p. 30) traduit *διώστρα* par *plateau*, et la *lanquette* du tiroir par *tenon*.

¹⁶¹ Il cavo della saetta, disent les Italiens (Bald. *Math. vet.* p. 332). W. Newton (*Stratic.* t. IV, p. 184) appelle cette pièce *ἐπιτοξίς* (?).

¹⁶² Dufour (p. 31) traduit *χελώνιον* par *chelon*, qui désigne, selon lui, la *détente* ou la *noix de détente*. *Χελώνιον, tortue*, est la forme de la batterie elle-même, *vue en plan*, et *proéminente à la queue du tiroir*, c'est-à-dire la *croupe* de l'engin. La *culasse* d'une arme à feu répond à une analogie du même genre.

¹⁶³ *Καταγωγίς, pièce ramenant en bas* [le tiroir]. A raison du tir incliné, la *volée* de l'engin était le *haut*, et l'*arrière* le *bas*. *Κατάγειν* signifie donc *ramener en arrière*. De là *καταγωγίς* traduit par *refouloir*.

¹⁶⁴ *Ἐλ ἡσούλοιστο ἐντιθέται τὸ τόξον*. Thévenot traduit : « *Volentes telum imponere* » (!)

¹⁶⁶ Ἀνήγον τὴν διώστρον équivalant à pousser en avant le tiroir. Meister (*op. cit.* p. 34) a signalé la précision technique de ces termes de manœuvre, composés avec ἀνά et κατά, et indiquant le mouvement en avant ou en arrière du tiroir, à cause de l'inclinaison du tir, soit de l'εὐθύτονον ou du παλίντονον. Les simples archers tiraient souvent, au juger, en visant l'ennemi au-dessus de la tête. Les plus anciens bas-reliefs d'Égypte et d'Assyrie en offrent plus d'un exemple. Xénophon (*Cyrus*. VI, 111) parle d'archers tirant par-dessus un double rang de combattants. La distinction que l'on a voulu établir entre l'εὐθύτονον et le παλίντονον, d'après l'inclinaison plus ou moins sensible du tir, est insoutenable. Tous les engins antiques tiraient sous un angle très-relevé. Les termes de la manœuvre sont identiques pour tous les systèmes. Nous mettrons le fait en complète évidence.

¹⁶⁶ Τὸ διωσθὲν ἔκρον τῆς διώστρος εἰς τὸ ἔξω μέρος. L'importance technique de εἰς τὸ ἔξω μέρος n'a jamais été signalée. Köch. Rüst. traduisent (p. 207) : « das nach autzen vorgestotzene Ende des Lauifers, » ce qui n'a rien de particulier. D'abord, εἰς τὸ ἔξω μέρος signifie ici principalement la direction du tir, du point où se trouve l'ennemi. L'exemple actuel du γαστροφέτης montre l'engin comme une sorte de rempart, dont l'extérieur est le côté de l'ennemi, le champ du tir. Un peu plus loin (Th. 127, KR. 210, W. 82), Héron dit encore εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος, pour définir l'orientation des bras du παλίντονον. Le sens est évidemment identique : « Les bras, dit Héron, doivent avoir leur battement de bas en haut (ἀνάπλωσιν) et leur effet balistique dans la région extérieure (τὴν βίαν εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος). » Il est clair, d'après cette indication si précise, que les bras du παλίντονον, installés à la hauteur de la volée, fonctionnent vers l'avant de la machine.

Plus loin encore, nous voyons reparaître le caractère distinctif du παλίντονον. A propos de ce système, Héron (Th. 135, KR. 224, W. 100) dit : τῶν ἀγκύρων εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος ἀνακλινομένων; les bras battant vers l'extérieur. Ce point si important revient encore (Th. 132, KR. 226, W. 100-101) quelques lignes après : « Il faut, dit l'auteur, tordre les faisceaux de manière à orienter le battement des bras dans le sens que j'ai dit : ὅπως οἱ ἀγκύρες τὴν ἀνάπλωσιν ἔχωσι τὴν εἰρημένην. » On doit donc tenir compte de l'indication si précise εἰς τὸ ἐκτὸς. De son côté, Philon (Th. 68, KR. 288) emploie les termes ἐν τῷ ἐκτὸς... εἰς τὰ ἐντὸς, pour expliquer le sens des réactions de chaque moitié du faisceau tordu sur le talon du battant. Son témoignage confirme donc celui d'Héron d'Alexandrie. Enfin Vitruve (Schn. t. I, p. 294), parlant de la volée de la baliste (παλίντονον), dit « Climacidos superioris pars quæ est proxima brachiis, quæ conjuncta est mensæ, etc. » Or, d'après Héron (Th. 135, KR. 224, W. 100), la monture (σύργη du gastraphète) est de forme modifiée dans le παλίντονον, et s'appelle κλιμακίς. Ainsi on ne peut douter que les battants du παλίντονον ou baliste ne fussent installés en avant de la cage, leurs pointes convergeant vers la volée de la machine. Jusqu'ici on n'avait vu, dans εἰς τὸ ἐκτὸς, que l'extérieur de la cage, c'est-à-dire tout l'espace autour du bâti; et l'on orientait, en conséquence, les bras du παλίντονον en saillie latérale au bâti, comme ceux de l'εὐθύτονον. C'est là un grave contre-sens.

¹⁶⁷ Κατήγον τὴν τοξὴν νευράν. Κατάγειν, faire descendre, amener en arrière; mettre au bandé la corde archère.

¹⁶⁸ Αὐτάρκως ἢ καταγωγῆ, mot à mot : le refoulement étant suffisant.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹⁶⁹ Τὴν διώστρον καταχθεῖσαν (voir, plus haut, note 165).

¹⁷⁰ Μηκέτι ἀνάγεσθαι εἰς τὸ ἄνω μέρος, mouvement inverse de κατάγειν.

¹⁷¹ Ce mécanisme est assez correctement rendu dans Thévenot.

¹⁷² Καταγομένης οὖν τῆς διώστρος (voir note 165).

¹⁷³ Κατακλεῖς, *clef agissant de haut en bas*. M. Dufour (p. 30) l'appelle *piéd de biche*, nom d'une pièce bien différente dans l'arbalète du moyen âge. Littéralement : *déclit*.

¹⁷⁴ Μηκέτι ἀνάγεσθαι τὴν διώστρον (voir note 170 ci-dessus).

¹⁷⁵ Le γαστροφέτης montre que la première arbalète fut plus compliquée qu'elle ne l'est aujourd'hui. Le *Journal des Savants* (avril 1868, p. 64) assure que le terme γαστροφέτης indique qu'on appuyait l'arme sur le ventre pour lancer le trait. La pression du ventre servait exclusivement à bander l'arme. Quelle précision aurait eue le trait lancé de la sorte ? Nous avons cité (*Introd. hist.* VIII) les *gastraphètes* de gros calibre, décrits par Biton, et dont le bandage s'effectuait à l'aide de mouffles et de treuils. De tels engins n'employaient point la pression du ventre. Pour viser avec l'arme appuyée sur le ventre, il faudrait que l'œil du tireur arasât le bout du tiroir, et que l'engin fût, dans cette position, incliné à 45 degrés. La portée serait alors *maxima*; mais elle pourrait varier suivant le refoulement plus ou moins grand du tiroir.

¹⁷⁶ Ἡ καταγωγή τῆς τοξιτιδος (voir note 165).

¹⁷⁷ Ἐξ εὐτόνου ξύλου.

¹⁷⁸ *Capitulum* dans Vitruve. Perrault et M. Dufour traduisent par *chapiteau* (?); le *châsis* forme la *cage*, l'*embrasure* des gros calibres; l'*arcade* ou le *portique* des petits.

¹⁷⁹ *Cordons élémentaires*, formés de fils tordus, entrant dans la composition d'un câble (*Aid. mém. des offic. d'artillerie*, Paris, 1844, p. 211).

¹⁸⁰ *Commettage*, action de *mettre ensemble*, en *faisceau*, les brins composant un cordage. Ce mot traduit littéralement *συμβόλιον* (*Aid. mém. ut supra*, p. 211). L'art du cordier forme, dans les deux langues, sa nomenclature de termes presque identiques. Baldi (Th. p. 333) voit dans le *συμβόλιον* « un outil de pêcheur servant, suivant Hésychius, à tisser les filets : Συμβολεὺς ἀλιευτικὸν σκευὸς, περὶ ὃ τὰ λῖνα πλέκουσι. »

¹⁸¹ Σφηνιδίῳ κρούοντες τὰ κῶλα, ex Th. marg. conjiciunt Kōch. Rüst. La leçon adoptée par M. Wescher n'a pas de sens. « Battre les cordons avec un coin, pour les courber » et les serrer, est, au contraire, très-acceptable. En frappant doucement avec la pointe du coin, qui peut être simplement de bois, on obtient sans peine l'effet ci-dessus.

¹⁸² La figure de Th. (p. 126) est assez correcte. Le battant y est orienté *de droite à gauche*. A la page suivante, au contraire, la figure du second bâti *névrotone*, donnée par Héron, a son battant orienté *de gauche à droite*. Les deux figures sont conformes à celles des mss. Ce n'est point par hasard que les deux battants *convergent* ainsi *l'un vers l'autre*. J'y trouve un indice frappant de la *convergence* des bras du *παλιντονον*, déjà prouvée plus haut par des expressions techniques décisives.

¹⁸³ Ὡστε τοὺς ἀγκῶνας εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος τὴν ἀνάπλωσιν καὶ τὴν βίαν ἔχουσιν. (Voir, plus haut, note 166.) Thévenot traduit : « Ita ut brachia ad exteriores partes vergant. » Silberschlag et Köchly-Rüstow n'ont pas mieux entrevu la portée de cet indice. M. de Reffye trouverait ici, comme il me l'a dit lui-même, une preuve de la convergence en

question, s'il était possible de lire *ἐντός*, au lieu de *ἐκτός*, *battement intérieur*, au lieu d'*extérieur*, entendant par *ἐντός* l'INTÉRIEUR DE LA CAGE. Les bras convergent, en effet, de ce côté au moment où l'on arme la machine. Mais cette correction est inadmissible, *ἐκτός* et *ἐντός* signifiant rigoureusement, dans la Bélopie, l'AVANT et l'ARRIÈRE DE LA CAGE.

¹⁸⁴ Ἀγκύλας. Thévenot rend ce mot par *parlés sinuatas, courbures*. M. de Reffye a très-heureusement restitué la forme des *boucles* d'attache de la corde archère, dans ses modèles des engins grecs.

¹⁸⁵ Ἐκαλοῦν τὰ μὲν συνέχοντα τοὺς ἀγκῶνας νευρὰ, τόνον (voir, plus haut, note 106).

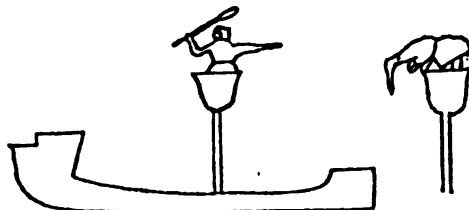
¹⁸⁶ Ἐνάτονος s'entend d'un faisceau isolé, avec son bâti et son levier. Il s'agit peut-être encore des engins à *battement vertical*, dits *μονόγκωνες*. Ἡμτόνιον s'applique à chaque bâti latéral du Παλίπτονον, avec ses accessoires. Philon (*Math. vet.* 69, KR. 288) cependant appelle ἡμτόνιον chaque moitié de faisceau tordu, actionnant le talon du battant.

¹⁸⁷ Πρὸς τὸ τοὺς ἀγκῶνας κατέγεσθαι. (Voir, plus haut, note 165.)

¹⁸⁸ Καρχήσιον, *hune*, et aussi *vase à boire*, en forme de *verre à pied*. Dans l'antiquité, la *hune* d'un navire avait une forme analogue, comme l'attestent deux figures publiées par Dureau de la Malle (*Poliorc. des anc. atlas*, pl. VIII) et reproduites ci-dessous (fig. 50) :

Fig. 50. Le Καρχήσιον.

Hune antique, d'après un bas-relief égyptien.



Affût fixe d'une machine de jet.



La *hune* ressemble à une *tulipe* épanouie au sommet du mât. Telle est aussi la forme d'un *support* de machine de jet : un *ped* analogue à celui d'un *pupitre*, surmonté d'une *caisse* en forme d'U; entre les *parois* de laquelle s'installe la *monture* de l'engin. Le nom de *καρχήσιον* donné à ce support dérive évidemment d'une analogie de figure. Héron dit aussi *καλχήσιον*, expression vicieuse, comme *virebrequin* pris pour *vilbrequin*. Philon écrit correctement *καρχήσιον*.

En 1862, j'avais proposé à M. Vincent (*Lettre à M. Vincent*, Paris, 1863, p. 11) le mot *καρχήσιον* comme ancêtre de *carquois*. M. Miller juge cette conjecture très-acceptable. J'en eus l'idée, en considérant que le *καρχήσιον* des engins grecs servait *peut-être* de *magasin* ou *caisson aux flèches*, les *traits* se trouvant approvisionnés, à hauteur de main, entre les *deux tablettes horizontales* (πλάγιοι τοίχοι) du *καρχήσιον*. Voici d'autres analogies très-importantes, que j'ai signalées en mai 1868, au savant M. Miller :

« La *hune* au sommet du mât, la *coupe* sur son pied élevé, l'*étai* à flèches sur l'épaule de l'archer antique, rappellent tous la même idée figurative du *καρχήσιον* : un *vase à pied plus ou moins élané*. A ce titre, le nom de *καρχήσιον* convient admirablement au *sup-*

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

« port des machines de jet. Le dessin de Thévenot (p. 130) rappelle un *terre à pied* ordinaire. Il faut remarquer encore ce terme d'*effât*, ayant succédé au terme ancien de *hane*, *poste d'observation*, de *vigia*, d'ΑΡΡΥΤ. L'engin ressemblait à une sorte d'oiseau (« *πτέρυξ*, *aile*, on l'appelait ainsi) posé sur un perchoir et *guettant* l'ennemi. En grec, « il est bien rare qu'une analogie particulière ne soit pas complétée par plusieurs autres, « groupées en faisceau autour de l'idée mère. Le grec a le génie du bon sens. »

¹⁸⁹ La partie que je laisse de côté renferme de nombreux exemples (18 au moins) de termes de *manœuvre* composés avec *ενώ* et *κατά* (voir, plus haut, note 165). J'y signale entre autres les deux suivants : Παρά τὸ κάτω μέρος [τῆς σύριγγος] et εἰς τὸ ἔνω μέρος τῆς σύριγγος, qui indiquent le *bas* et le *haut* de la *monture*. Celle-ci était donc *inclinée* (voir W. 85, Th. 128).

¹⁹⁰ Philon (T. 53, KR. 250) place également le Παλῶτονον avant l'Εὐθύτονον. Il appelle le premier Λιθοδόλον ὄργανον, et le second Ὀξυκέλες.

¹⁹¹ Παρασίτης, *pièce debout et latérale, montant latéral*. (Voir, plus haut, note 74.) Vitruve traduit par ce mot *parastada*, et Dufour (*op. cit.* p. 31) par *parastade*, au féminin!

¹⁹² ὃ προσαναπίπτει ὁ ἀγκῶν, *contre lequel bat, en remontant, le levier*.

¹⁹³ Ἀντισίτης, *pièce debout et de face, montant de face*. ΠΙΕΔ-ΔΡΟΙΤ est le nom technique de ces *MONTANTS DE FLANC ET DE FRONT*.

¹⁹⁴ Πρὸς ᾧ ἐστὶν ἡ τοῦ ἀγκῶνος πτέρνα. Köch. Rüst. traduisent πτέρνα par *griffe*, dans l'acception de *manche, poignée*.

¹⁹⁵ Cette condition est réalisée par le dispositif que je donne aux pieds-droits, par rapport aux battants (voir fig. 9, p. 69).

¹⁹⁶ Les figures de Thévenot et de Köch. Rüst. sont ici fort incorrectes.

¹⁹⁷ Thévenot traduit διτορμίαν par *ditormiam*, qui n'explique rien. En général, *τόρμος* se dit de tout *renflement* ou *étranglement* observé sur un cylindre ou prisme allongé quelconque. Par exemple, un *tenon*, un *tourillon*, façonné à l'about d'une tige. La *pomme* d'une canne serait un *τόρμος*. Dans la Chirobaliste, les *sabots* de l'échelette sont des *renflements* obliques, appelés *τόρμοι*. En général, *toute modification au profil normal d'une pièce allongée* se dit *τόρμος*. Et, si ces changements sont nombreux, variés, on dit que la pièce est d'un profil *tourmenté*. Pourquoi?

¹⁹⁸ M. Wescher écrit : Κατὰ τὴν ΓΕΖΗΔ... καὶ ἤλοις συγκοινῶσαι, ce qui suppose une lacune. Köch. Rüst. suppléent *λεπίσι περιλαβεῖν*, conjecture très-acceptable.

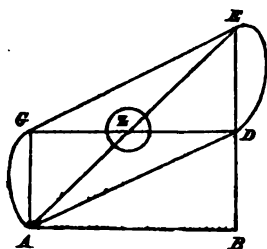
¹⁹⁹ Χελώνιον κατὰ τὴν τοῦ ἀγκῶνος πτέρναν, πρὸς ᾧ ἐρείσας ὁ ἀγκῶν ἀναπαύεται. Thévenot et M. Wescher écrivent *πρὸς ἡν*. La leçon *πρὸς ᾧ* de Köch. Rüst. est seule d'accord avec le sens.

²⁰⁰ Περτρητόν, *pièce découpée, taillée au pourtour*, et non pas *pièce forée* ou *percée*, comme l'ont avancé Saumaise, Perrault et Dufour. Turnèbe dit avec plus de raison : « *Quod multis locis pertusa et perterebrata sit.* » Barbaro est du même avis. En effet, l'*écusson*, avec ses *flancs découpés en cercle*, ses *mortaises extrêmes* et sa *lacune centrale*, justifie le nom de *περτρητός*. Je traduis ce terme par *écusson*, pour répondre à la version SCUTULA de Vitruve. Cet auteur traduit aussi *περτρητός* par *tabula*. « *Tabulae, quae sunt in summo et in imo capituli peritretique vocantur.* » (Scha. t. II, p. 290.) « De

« scribatur *scutula* quæ græce *peritretos* vocatur. » (Schn. p. 293.) Perrault traduit *peritreti* par *parallèles*, et Dufour par *péritrètes*.

¹⁰¹ Ce tracé de l'écusson biais n'a été compris par aucun des commentateurs. Thévenot, Silberschlag, de Folard, Stratico, Dufour, Köchly-Rüstow, le construisent d'après la figure ci-dessous :

Fig. 51. Tracé incorrect de l'écusson, suivant les précédents commentateurs.



Selon eux, l'axe longitudinal de l'écusson fait un léger biais DAB avec l'axe \overline{GD} , situé dans le plan des pivots et l'angle complémentaire avec le plan du tir. C'est l'inverse qui a lieu. La figure 7 (voir plus haut, p. 65) est identique à celle du ms. de Mynas (f° 50 v°) reproduite par M. Wescher (*Poliorcét.* p. 95). Le grand angle du biais est transversal au bâti et non longitudinal. La *Chirobaliste* en offre la preuve convaincante.

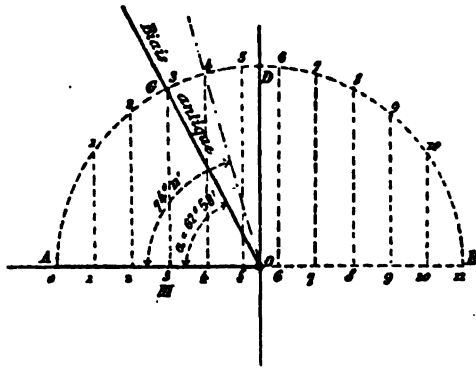
Philon (Th. 52, KR. 248) décrit, outre le tracé d'Héron, une autre méthode pour obtenir l'angle aigu du biais. Elle n'a pas été mieux comprise, jusqu'ici, que l'autre. En voici d'abord l'énoncé (voir fig. 52, ci-après) :

Τὸ δὲ τοῦ περιτρήτου σχῆμα ῥομβοειδὲς ὑπάρχον καὶ οὐκ ὀρθογώνιον, ἐτι δὲ καὶ τὰς δύο πλευρὰς οὐκ εὐθείας ἔχον ἀλλὰ περιαγεῖς, οὐκ εἰς καταγραπτόν, ἀλλὰ καὶ τοῦτο μεθόδῳ τινί. Δεῖ οὖν ἐπιτι ἐπίπεδον ἀσπίδα καὶ ὁμαλὸν ἀκριβῶς ὑπάρχον κερκίνον λαβόντας κύκλον περιγράψαι, μὴ διαφερόμενον ἡλίκοις ἀν' ἢ τῷ μεγέθει, καὶ ἀγαθόντας ἐν αὐτῷ διάμετρον, τὴν τοῦ ἐνὸς ἡμικυκλίου περιφέρειαν διαιεῖν εἰς μέρη ἰᾶ', καὶ ἀπὸ τῆς διαμέτρου τέσσαρα μέρη λαβόντας εὐθείαν ἀγαγεῖν ἐπὶ τὸ κέντρον, καὶ ἔσται ὀξεία γωνία τοῦ περιτρήτου.

« La forme de l'écusson, dit Philon, est celle d'un parallélogramme (*ῥομβοειδές*) et non d'un rectangle (*ὀρθογώνιον*). En outre, ses deux côtés principaux ne sont pas rectilignes. Ils sont adoucis en courbe, non point au hasard, mais d'après certaines règles. Sur une planchette horizontale bien dressée, on trace au compas un cercle de grandeur quelconque. On y mène un diamètre, et l'on divise en onze parties l'espace compris dans le demi-cercle (τὴν τοῦ ἐνὸς ἡμικυκλίου περιφέρειαν διαιεῖν εἰς μέρη ἰᾶ'). On compte sur le diamètre quatre de ces parties (ἀπὸ τῆς διαμέτρου λαβόντας τέσσαρα μέρη). On mène une droite au centre (εὐθείαν ἀγάγειν ἐπὶ τὸ κέντρον); et l'on obtient ainsi l'angle aigu de l'écusson. »

Fig. 52. Tracé du biais aigu de l'écusson palintone, d'après Philon de Byzance.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.



Philon donne cette méthode avant celle décrite plus haut d'après la Bélépée. Les résultats des deux doivent être identiques. Or, dans le tracé d'Héron, le *biais* mesure 1 de base pour 2 de hauteur, soit l'angle $\tan \alpha = 2$, ou $\alpha = 63^\circ 26'$. Les précédents commentateurs prennent $\tan \alpha = \frac{1}{2}$, d'où $\alpha = 26^\circ 34'$, et ils orientent l'écusson presque parallèlement au plan des pivots.

Köch. Rüst. traduisant Philon, *partagent la demi-circonférence ci-dessus en 11 parties égales*, et prennent pour l'angle α quatre de ces parties, soit $\alpha = \frac{4}{11} \times 180^\circ = 65^\circ 27'$. Or, par la première méthode, ils ont trouvé $\alpha = 26^\circ 34'$. Il y a là une contradiction manifeste.

D'un autre côté, $\alpha = 65^\circ 27'$ excède d'environ deux degrés l'angle fourni par le tracé d'Héron. Sur un écusson de 1 mètre de longueur, l'erreur sur la petite base serait d'environ 0^m,10 cent.; différence trop sensible, qui atteste encore que l'interprétation des savants éditeurs est erronée.

L'énoncé de Philon est très-obscur. Il connaissait peut-être si bien l'épure de l'écusson, qu'il a cru être compris sans plus de précision de style. En pratique, *diviser une demi-circonférence en 11 parties égales*, est un procédé inadmissible. Philon ne dit point d'ailleurs que les 11 parties soient égales. J'ai trouvé qu'elles le sont, à la condition d'être comptées, non sur la *demi-circonférence*, mais sur le *diamètre*. En élevant, par les points de division, des *perpendiculaires au diamètre*, on obtient 11 segments de demi-cercle, qui sont les 11 parties que Philon avait en vue. D'un autre côté, le *rayon aboutissant au sommet de l'ordonnée n° 4* (τέσσαρα μέρη) doit fournir l'angle *biais* cherché. En le calculant, on trouve $\alpha = 74^\circ 11'$, valeur évidemment trop grande. Mais, au lieu de τέσσαρα μέρη, si on lit τρία μέρη, on obtient $\alpha = 62^\circ 58'$, qui diffère de $63^\circ 26'$ de moins de $\frac{1}{2}$ degré. En effet, le diamètre étant représenté par 11 (fig. 52), le rayon vaut $5\frac{1}{2}$. La distance \overline{OM} du centre à la division n° 3, comptée à partir de la circonférence, est de $2\frac{1}{2}$. Dans le cercle de rayon $= 5\frac{1}{2}$, elle représente le cosinus du *biais* cherché. On a donc $\cos \alpha = \frac{2\frac{1}{2}}{5\frac{1}{2}}$, ou $\cos \alpha = 0.454545\dots$, d'où $\alpha = 62^\circ 58'$. La différence avec 63°

26' donnerait à peine 0^m,02 cent. sur la petite base d'un écusson de 1 mètre. L'altération de *τπλα* en *τέσσαρα* dans le mss. n'a rien d'in vraisemblable, même si le nombre primitif était figuré par Γ, qu'on a pu lire aisément Δ.

²⁰² Vitruve dit également (Schn. I, p. 290) : « Anguli quatuor, qui sunt circa in lateribus et frontibus, laminis ferreis aut stylis æreis configantur. »

²⁰³ W. Newton (*Stratic.* t. IV, p. 186) observe que Vitruve traduit *χοινίσις* par *modiolus* (*petit boisseau*).

²⁰⁴ *Ἐπιζυγίς*. W. Newton (*Stratic.* t. IV, 186) : « Hæ virgæ dicebantur *epizyges* ! »

²⁰⁵ Silberschlag (*Mém. cit.* p. 411) prétend que le barillet, de forme hexagonale, se manœuvrait avec une clef en fer, et se mettait à l'arrêt au moyen d'une roue à rochet. Il n'existe aucun indice antique de ce système. Le plus probable est celui de M. de Reffye. Il consiste en une cheville métallique, traversant l'embase du barillet mobile et pouvant s'ajuster dans des trous distribués au pourtour du sommier recouvert par l'embase. Cette cheville cale le barillet au degré de torsion voulu. Silberschlag prétend encore, sans aucune preuve, que les faisceaux se bandaient à l'aide d'une vis de pression. Or il constate lui-même (p. 411) que la pression du faisceau sur les freins suffit, par le frottement résultant, pour le calage du barillet. Les chevilles de M. de Reffye sont un supplément de sécurité, rien de plus.

²⁰⁶ *Τὰ δύο ἡμίτονα . . . ἀφροστώτα ἀπ' ἀλλήλων μικρῶ μείζον διπλάσιον τὸ τοῦ ἐνὸς ἀγκῶνος μήκος*. Thévenot traduit : « *distantia inter se paulo minus duplo longitudinis* » « *alterius brachiorum*. » Kōch.-Rüst. écrivent *μείον* pour *μείζον*, et traduisent également « *weniger als die doppelte*. » Le grand écartement des hémitons prouve, d'une manière nouvelle, la convergence des battants palintones (déjà établie, note 166). Mesurée en longueurs de bras, cette distance ne permet aucun doute. Si les bras divergeaient latéralement, à quoi bon les écarter autant ? Ce serait contraire à l'effet balistique, car les bras auraient moins de battement. La convergence seule est admissible, et elle donne au Παλίntonον une supériorité de puissance très-remarquable. Dans l'Εὐθύτονον, Héron (*Math. vet.* 137, KR. 226 ; W. 104) ne laisse entre les hémitons que la largeur du tiroir. Philon (Th. 64, KR. 278) supprime en quelque sorte cet intervalle. Dans son ὄξυσελές à coin, il fait les pieds-droits jointifs, d'épaisseur renforcée, n'offrant vers le bas qu'une mortaise, pour le passage de la monture et du tiroir. Ἐργασθέντες δὲ σύναρμοι συντίθενται καὶ οὕτως ἦτε διόπτρα δικόπη καὶ χώρα τῷ τῆς σύριγγος τόρμῳ. D'ailleurs, Philon assigne 6 modules de longueur au battant, et 9 modules au trapèze du παλίntonον. Vitruve (Schn. p. 294) confirme les 6 modules du battant et ne donne que 8 modules au trapèze. « *Regulæ, quæ est in mensa longitudo foraminum VIII, latitudo et crassitudo dimidium foraminis. . . Exterioris regulæ latitudo et crassitudo tantumdem, longitudo quam dederit ipsa versura deformationis et parastatæ latitudo ad suam curvaturam.* » Les VIII modules de Vitruve s'appliquent donc à la petite base du trapèze (voir note 207, ci-après). L'autre base, la base extérieure (dit Vitruve, confirmant le τὸ ἐκτὸς μέγος de la Bélopée) a une longueur résultant de la grandeur du biais et de la largeur du pied-droit de flanc. On verra bientôt que les 9 modules de Philon (il faut lire VIII et non VIII dans Vitruve) correspondent à l'entr'axe de 12 modules donné aux faisceaux du Παλίntonον.

²⁰⁷ Τράπεζα, *table, mensa* (Vitruve). Cette partie du Παλίntonον a, en effet, la forme d'un trapèze. Peut-être le nom τράπεζα, τραπέζιον, fut-il donné au trapèze géométrique à cause de sa ressemblance avec la table du Παλίntonον? *A priori*, une table n'a point la forme d'un trapèze. Τραπέζιον, dit Hésychius, σχῆμα τὸ τὰς μὲν δύο πλευρὰς ἀπεναντίας, πρὸς ἀλλήλας ἔχον ἀπίσους, τὰς δὲ ταύτας ἐπιζευγνυούσας, ἴσας. Il s'agit donc du trapèze régulier, forme exacte de la table ou plancher de l'embrasure palintone. Les commentateurs n'ont compris ni cette forme, imposée par le biais des ailes, ni le rôle de cette embrasure, au point de vue balistique. Thévenot (p. 135 et 136) place la τράπεζα en arrière du bâti. Stratico imite cet exemple. Dufour (p. 38) a bien défini la position de la τράπεζα, mais il n'a rien entrevu de l'orientation des battants. Silberschlag (*Mém. cit.* p. 415) traduit : « Supposez deux *hemitonia* rangés et placés comme il a été dit, sur quelques solives, qui sont distantes, etc. » (Voir Silbersch. pl. X, fig. 2, où l'échelle occupe toute la largeur de l'embrasure!) En outre, l'auteur accuse (p. 414) Vitruve d'avoir écrit au hasard la description de la mensa. Cette description est pourtant fort claire. De Folard (*Comment. sur Polybe*, Amstard. 1753, t. II, p. 616), assigne à la table le rôle de soutien de l'échelle, qu'il appelle arbrier : « J'imagine, ajoute-t-il, toutes ces raisons pour prouver cette table, parce que je n'en vois aucune autre; car, à parler franchement, cette charpente me paraît un peu superflue; mais, comme il faut respecter l'antiquité, etc. » (11)

²⁰⁸ Τῶν ἀγκύων εἰς τὸ ἐκτὸς ἀναπέλωσάντων. (Voir, plus haut, note 166.)

²⁰⁹ Τὴν τοξίτην νευρὰν κατὰ γιν. MM. Köchly et Rüstow emploient le terme *aufziehen*, tirer de bas en haut, qui se dit du chien d'un fusil que l'on arme. On le tire, en effet, de bas en haut. Entre κατὰ γιν et *aufziehen*, tout rapprochement est impossible. C'est un défaut fréquent, chez les savants éditeurs, de négliger trop les analogies figuratives dans l'interprétation du langage technique.

²¹⁰ Δεῖ ἐπισιρέφειν τὰς χοινιῖδας... ὅπως οἱ ἀγκῶνες τὴν ἀνάπλωσιν ἔχουσι τὴν εἰρημένην (voir, plus haut, note 166). L'insistance que met l'auteur à recommander l'orientation des battants est très-remarquable. Köch. Rüst. (p. 227) traduisent sans comprendre : « Damit die Bogenarme den oben erwähnten Anschlag haben. »

²¹¹ Ἐνεκεν τοῦ τῶν ἀγκύων ἀκρα τὴν τοξίτην δεχόμενα πλεῖον ἀπ' ἀλλήλων ἀπέχειν. (Voir la fig. 9, où tout confirme la convergence des battants.)

²¹² C'est façon de parler. Les deux systèmes n'ont de commun que l'organe balistique névotone, avec les poulies et le treuil de bandage.

²¹³ Voir, plus haut, note 206, l'influence de l'intervalle des faisceaux sur l'amplitude du battement des bras.

²¹⁴ Les Ἀντιστάται du Palintone deviennent Μεσοστάται dans l'Euthytone, par suite de leurs positions différentes dans les deux systèmes. Les pieds-droits de front du Palintone sont situés dans les ailes, loin du centre de la machine; ils se présentent de face aux servants, ἀντιστάται. Les pieds-droits intermédiaires, dans l'Euthytone, sont au centre même du bâti. Et comme on ne les voit que de champ, le nom ἀντιστάτης a pu être changé en μεσοστάτης.

²¹⁵ Τὸ κάτω μέρος τοῦ περιτρήτου. Comme on l'a vu pour la manœuvre du tiroir, τὸ κάτω μέρος indique encore ici la partie postérieure, l'arrière de la table de l'embrasure.

Thévenot traduit : « forma inferioris peritreti, » comme si la table du haut avait une forme différente. En outre, la figure (p. 138-139 des *Math. vet.*) montre la convexité de la table tournée vers l'extérieur. A ce contre-sens formel n'a échappé aucun commentateur. Kōch. Rüst. (p. 229) traduisent : « Wird der figur *αβγδ* der unter Theil der Kalib-träger in dem Geradspanner sein. » Voir leur pl. III, fig. 6, qui est très-correcte, mais dont la pl. II, fig. 2, ne tient presque aucun compte. Celle-ci accuse à peine la convexité des tables à l'arrière, et leur assigne une contour polygonal.

²¹⁶ *Οτ δὲ ἀγυῶνες τίθενται... ἀνακλιμένους πρὸς τοῖς παρασίτοις.* Le datif *πρὸς τοῖς* . . . indique la position des bras au repos. Seulement, dans le *Palintone*, les pieds-droits sont parallèles au plan central des faisceaux, tandis que, dans l'*Euthytone*, ils sont parallèles au plan de tir. Dufour prétend (p. 32) que les bras de l'*Euthytone* « étaient « d'acier, » courts, forts, sans flexion sensible. « De là, dit-il, le nom d'*Euthytone*, à tension « droite, comme dans l'arc ordinaire » (?) donné à cette machine. Quant à la longueur des bras, Philon (Th. 55, K. R. 254) et Vitruve (Schm. 291-292) leur assignent 7 modules, tandis que ceux du *Παλίτρονον*, d'après les mêmes auteurs, n'ont que 6 modules.

²¹⁷ Selon Maizeroy (*Op. cit.* p. 287, note), une corde de nerfs tordus est plus puissante d'un cinquième, à torsion égale, qu'une corde de crin d'égale grosseur ; elle a aussi plus d'élasticité.

²¹⁸ Pour faire concorder cette règle avec la suivante, il faut admettre que le diamètre du trait est proportionnel à sa longueur, et que le poids du fer y représente une fraction constante du poids total. Dufour (p. 81) évalue le diamètre du trait à $\frac{1}{17}$ de sa longueur, et suppose que le poids du fer égale celui du bois, ce qui paraît assez voisin de la vérité.

²¹⁹ Soient m le poids du boulet en mines et μ le module cherché. Il sera exprimé en doigts par la formule

$$\mu = 1.10 \sqrt[3]{100 m}. \quad (A)$$

On peut chercher le rapport existant entre le module μ et le diamètre δ du projectile rond du *Παλίτρονον*, de densité égale à $2.75 = \frac{11}{4}$ (marbre, silex, cailloux, etc.) Le volume en doigts cubes, sera $V = \frac{\pi}{6} \delta^3$. Un doigt vaut 19 millim. ; un doigt cube d'eau pèse donc 6.90 grammes. Une drachme vaut 4.363 grammes. Un doigt cube d'eau pèse donc $\frac{6.90}{4.36} = \frac{31}{20}$ de drachme, c'est-à-dire $\frac{31}{2000}$ de mine (1 mine = 100 drachmes).

A la densité de l'eau = 1.00, les V doigts cubes pèsent donc $\frac{1}{6} \pi \delta^3 \times \frac{31}{2000}$ de mine, et, à la densité de $\frac{11}{4}$, ils pèsent m mines. On a donc :

$$m = \frac{\pi \delta^3}{6} \times \frac{31}{2000} \times \frac{11}{4}, \quad \text{d'où } 100 m = \frac{11 \times 31 \times \pi}{4 \times 20 \times 6} \delta^3 = \frac{961}{480} \delta^3$$

ou bien $100 m = 2 \delta^3$. On a donc (A) :

$$\mu = 1.10 \delta \sqrt[3]{2} = 1.10 \times 1.26 \delta = 1.386 \delta; \quad \text{et } \delta = 0.72 \times \mu.$$

Donc enfin $\delta = \frac{3}{4} \mu$.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Ainsi le *diamètre* du boulet rond du Παλιτρονον était égal aux $\frac{1}{4}$ du *module*. Dans l'Éξόθρονον, le diamètre (pris au $\frac{1}{4}$ de la longueur du trait) vaudrait $\frac{1}{4}$ de *module*. On pourrait dire que les *diamètres* des deux sortes de projectiles sont *complémentaires* (leur somme vaut 1' MODULE); de même que les *angles d'orientation de leurs battants respectifs* (par rapport au plan des pivots) ont pour *somme* UN ANGLE DROIT.

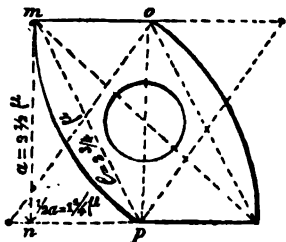
²²⁰ Voir, plus haut, note 112. Héron d'Alexandrie, Pappus, Archytas, Platon, Philon de Byzance, Apollonius de Perge, Dioclès, Porus, Ménechme, Ératosthène, Nicomède, ont traité le problème de la *duplication du cube*. (Voir Reiner, *Hist. problem. de cubi duplicat.* Gottingæ, 1798, in-8°, cité par M. Wescher, p. 119.)

²²¹ *Math. vet.* 51 et 55; K. R. 244 et 252; Schn. 290 et 293.

²²² *Math. vet.* 49 à 78; K. R. 240 à 316.

²²³ Sous le biais normal, de $\frac{1}{4}$ de base pour 1 de hauteur, la quantité $mp = 2 \frac{1}{4}$ correspond à la longueur $mn = 2.46$ pour l'écusson, soit $\frac{1}{4}$ de la longueur totale (19 modules) de la machine (voir fig. 53).

Fig. 53. Croquis de l'Écusson palintone.



$$\text{On a en effet } (2.75)^2 = a^2 + \frac{a^2}{4} = \frac{5}{4} a^2$$

$$\text{d'où } a = \frac{2 \times 2.75}{\sqrt{5}} = \frac{5.50}{2.23}, \text{ et } a = 2.46.$$

Or $\frac{1}{4}$ de 19 modules = 2.38. L'approximation est de 3 p. o/o. La quantité exacte 2.38 donnerait à l'écusson la longueur $l = \frac{2.38}{2} \sqrt{5} = 1.19 \times 2.23 = 2.66$ ou $2 \frac{2}{3}$ modules.

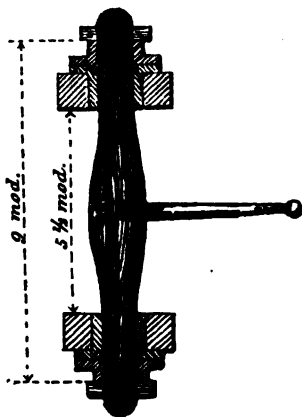
Vitruve (Schn. 293) dit : « περιτρητος appellatur, cujus longitudo foraminum II. F. Z, latitudo duo, etc. Le ms. de Paris 7227 (XI^e siècle) donne : « foraminum ut latitudo, etc. » Le ms. 10277 de Paris (*Olim. suppl. lat.* 1009, X^e siècle) donne : « foraminum vel latitudo, etc. » Il est évident que les leçons II. F. Z, ut, et vel résultent de la difficulté de lecture du ms. original. La notation II. F. Z est de Giocundo. Il s'agit d'en interpréter la valeur.

La quantité II. F. Z se retrouve dans la description de la TORTUE d'Hégétor de Byzance, que Vitruve (Schn. I, ch. xv, p. 301) traduit d'après Athénée (*Math. vet.* p. 5; W. p. 22). L'auteur grec cite des *montants* de 10 doigts d'épaisseur (πάχος δὲ δέκα δακτύλους) cotés *crassitudinis* F. Z dans Vitruve, les autres dimensions étant exprimées en pieds. Or 10 doigts = $\frac{1}{4}$ ou 0,625 de pied, quantité très-voisine de 0,667 = $\frac{2}{3}$ trouvés plus haut en fixant (par analogie avec la Χειρόβαλλιστρα) la *largeur de la cage* au $\frac{1}{4}$ de la *longueur totale* de l'engin. De là il faudrait conclure que, dans *τηρημάτων δύο ἡμισυ και τέταρτον* de Philon, on doit lire *και πέμπτον* au lieu de *και τέταρτον*, par suite de l'altération du texte oncial ΠΕΜΠΤΟΝ en ΤΕΤΑΡΤΟΝ ou encore de Ε̄ en Δ̄. En effet, *τηρηματα δύο και ἡμισυ και πέμπτον* = 2.70 modules = 2 $\frac{3}{4}$ modules, en nombre rond. J'ai déjà rectifié d'une manière analogue (note 201, plus haut), une autre quantité donnée en toutes lettres par Philon. Le ms. primitif devait être peu lisible, Philon sachant peut-être mieux tenir un rabot qu'une plume.

²²⁶ La hauteur s'entend ici de l'épaisseur ou dimension verticale de l'écusson.

²²⁷ Voici le croquis d'une coupe verticale de l'hémiton, suivant l'axe du faisceau :

Fig. 54. Coupe verticale d'un faisceau palintone.



²²⁸ Silberschlag prétend (Mém. cit. p. 411) que le barillet était hexagonal et muni d'une clef de torsion conforme. Il affirme, en outre, que l'arrêt se faisait au moyen d'une roue à rochet (voir, plus haut, note 205).

²²⁹ *Χωρίς τóρμων*, expression familière aux mécaniciens grecs. On la retrouve dans la *Χειροβαλλίστρα*. Vitruve traduit *præter cardines*. Les anciens, comme les modernes, préfèrent indiquer les dimensions apparentes, en œuvre, comme on dit, d'une construction. Mais ils n'omettent jamais de signaler les excédants cachés par les assemblages.

²³⁰ Dufour croit que ces 9 modules comprennent la hauteur des freins. Philon dit le contraire : *χωρίς ἐπιξυγίδων*. Voir, plus haut, note 224.

²³¹ Le frein résiste évidemment mieux *sur champ*, et il obstrue moins la lucarne qu'à *plat*. Sa largeur n'est ici que sa hauteur en œuvre. Il n'occupait donc que

$$\frac{1}{5} \mu \times \mu = \frac{\mu^2}{5} \text{ ou } 0.20 \mu^2 \text{ en surface horizontale.}$$

La section de la lucarne est $\frac{\pi}{4} \mu^2 = 0.785 \mu^2$. Le frein n'en obstrue donc que $\frac{1}{4}$. Les vides adjacents ont donc ensemble $0.60 \mu^2$, soit les $\frac{3}{4}$ de l'ouverture totale.

Posé à *plat*, le frein occuperait $\frac{2}{5} \mu^2 = 0.40 \mu^2$, c'est-à-dire moitié de la lucarne et ne laisserait que $\frac{1}{4}$ pour chaque moitié du faisceau. Le frein serait ainsi quatre fois moins rigide que *sur champ*, et le faisceau serait réduit de $\frac{1}{4}$. Köch. Rüst. ont pourtant (p. 337-338) adopté le frein à *plat*, ce qui fausse tous leurs calculs sur la portée probable des engins névrotones. Philon (Th. 60, K. R. 266 et 268) critique déjà très-vivement le frein obstruant la lucarne au détriment du faisceau. De toute manière on devait donc le poser *de champ*. Pour racheter l'espace perdu par le frein, les Romains (Vitruve, Schn. p. 293)

LA
CHIROBALLISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

ovalisaient la *lucarne*, « Foramen autem oblongius sit tanto, quantum epinigis habet cras-
« situdinem. » Comme Philon, Vitruve mesure l'épaisseur du frein à la largeur qu'il occupe
sur le barillet; cette largeur en est donc la *moindre dimension*, l'épaisseur.

²³⁰ Vitruve (*Cod. Par. lat. 7227 et 10277*): « Brachii longitudo foraminum VI. »

²³¹ Il semble tout d'abord que cette grande longueur ne convienne qu'à l'Εὐθότωνον.
Mais le Παλίντωνον (voir fig. 9), ayant ses bras au repos presque parallèles au plan de
tir, montre, dans la longueur de la corde, un nouvel argument de plus en faveur du
battement extérieur particulier au système.

²³² A la base arrière, Vitruve (Schn. 294) dit : « longitudo foraminum VIII. » Le
ms. 7227 de Paris donne VIIJ, et le ms. 10277 donne VIII. Le texte primitif portait
probablement VIII. L'épure justifie la donnée de Philon de Byzance.

²³³ Kōch. Rüst : « die Federchen, petites plumes, languettes, lèvres. »

²³⁴ Thévenot : « viginti quinque circiter libras! »

²³⁵ Τόνου πλῆθος. Thévenot : « intentionis numerus! »

²³⁶ MM. Kōchly et Rüstow (p. 338) rappellent, à ce sujet, l'usage moderne d'évaluer
le poids de la charge en fonction du poids du boulet. Ils supposent cette charge égale à
 $\frac{1}{10}$, et par suite ils affirment que, chez les anciens, elle était de 750 fois le poids du
boulet. Un boulet rond moderne ne dépensant qu'un tiers de son poids en poudre, eût
exigé dans l'antiquité 25 fois son poids en organe moteur, c'est-à-dire 75 fois plus de
matière propulsive. Pour comparer nos bouches à feu avec le système névrotone, il fau-
drait calculer, à portée égale, le prix de revient d'un coup de baliste, en fonction de
l'usure du système, et comparer ce prix de revient avec celui d'un coup de canon sur
un projectile rond ou téliforme de même poids et de même portée.

²³⁷ Τὰ μὲν οὖν λιθοβολικά τῶν ὀργάνων ἔλεγον δεῖν τῷ τρόπῳ συνίστασθαι.

²³⁸ Vitruve (Schn. p. 291-292) : « Brachii longitudo IS foraminum VII. » Tous les
mss. donnent IS, dont le sens paraît indéchiffrable. Peut-être faut-il lire : « longitudo
« UT foraminum VII, » leçon rappelant le ὄς d'Héron d'Alexandrie.

²³⁹ Voir, plus haut, note 166.

²⁴⁰ Dans la chiroballiste, ce biais est également de $\frac{1}{4}$ pour 1, et il converge vers la
crosse, comme celui du Παλίντωνον. Dans ma première édition, je l'avais orienté vers
l'avant du système, et je lui assignais une obliquité différente. M. Vincent a fait la même
erreur, sur laquelle il ne subsiste plus aujourd'hui le moindre sujet de doute. Les lettres
de renvoi aux figures, dans les meilleurs manuscrits, et surtout l'analogie avec le tracé
des écussons palintones, m'a permis de restituer définitivement le biais de $\frac{1}{4}$ pour 1, con-
vergeant vers l'arrière de la machine.

²⁴¹ Voir, plus haut, note 183, l'explication de la conjecture de M. de Reffye sur l'orien-
tation des battants palintones.

²⁴² D'accord avec M. de Reffye, M. P. Mérimée se borne à expliquer le terme παλίντο-
νον par la position inverse des bras de ce système, comparé à l'εὐθότωνον. Ce n'est pas là
une définition, mais une simple description. Dans l'état de repos, l'arc palintone a certai-
nement ses bras dirigés du côté opposé à la tension. Mais ce n'est pas l'état de repos qui a
servi de base aux définitions des machines de jet. C'est leur mouvement de détente, leur

ballement. La désinence *τονον* des termes principaux en est la preuve. Leur définition ne se peut retrouver que dans la comparaison de leurs *movements balistiques*.

²⁴³ L'unique endroit mentionnant l'*euthytone*, dans les *Math. vet.*, est d'Athénée (Th. p. 5, lig. 13. W. 14, l. 6) : *Τίθεσι δὲ ἐπὶ τῆς κρηπίδος σύριγγα παραπλήσιαν τῇ ἐν τοῖς εὐθύτονοις γινομένη καταπέλταις.* — « Il (Diadès) installe sur le pied un affût analogue à « la monture des *εὐθύτονα*. » D'un autre côté, Kœchly-Rüstow, dans les chapitres de Vitruve, relatifs aux armes de jet, qu'ils ont placés à la suite des Traités de Philon et de Héron d'Alexandrie, transcrivent Vitruve (p. 358) de la manière suivante : « Omnes proportionales *euthytonorum* ratiocinantur ex proposita sagittæ longitudine. » On induirait de là que *εὐθύτονον* était un terme familier aux Romains. Malheureusement tous les manuscrits et éditions portent : « Eorum organorum. . . » Je le répète, la signification primitive des termes *παλίντονον* et *εὐθύτονον* fut tout abstraite. C'était une conception purement géométrique. La pratique ne put s'en accommoder. Les termes *σκορπίοι*, *ὄβυδελεῖς*, *καταπέλται*, *λιθοβόλοι*, *πετροβόλοι*, chez les Grecs; *scorpiones*, *catapultæ*, *balistæ*, chez les Romains, envahirent au contraire de très-bonne heure le vocabulaire de l'artillerie. Athénée, cité plus haut, est très-ancien. Son traité *περὶ Μηχανημάτων* est dédié à Marcellus, au vainqueur d'Archimède. Athénée tenait peut-être du grand géomètre lui-même la notion des *εὐθύτονα* et des *παλίντονα*. Cela confirmerait encore, jusqu'à un certain point, la tradition qui attribue à Archimède les *Βελοποιικά* d'Héron, disciple de Ctesibius. Philon de Byzance (*Math. vet.* p. 91) emploie également le terme *παλίντονον*, mais par nécessité, afin de distinguer le *piettier à double battant* de l'engin *μονόγων* : *Τοῖς πετροβόλοις ἄνω βαλλόντας, τοῖς παλίντονοις καὶ τοῖς μονογῶσι.* — Athénée (Th. 3. W. 8) emploie également le terme *Καταπέλτης παλίντονας*.

²⁴⁴ *Olym.* II, v. 67 : *Στάδων μὲν ἀρίστειυσεν εὐθύτονον ποσσὶν τρέγων...*

²⁴⁵ Le scholiaste d'Homère explique ainsi ce terme : *Εἰς τοῦπισῶν τεινόμενον ἐλκόμενον*, in Θ [266, O, 443] ubi poeta : *παλίντονα τόξα τιταίνων*. Hésychius explique également *παλίντονα* pour *ὀπισθοθύμενα ἢ τὰ ἐπὶ θάτερα τρεπόμενα*, *fléchissant par recul en ployant dans les deux sens*, ce qui est peu intelligible. Homère l'emploie encore (*Od.* Φ, II, 59, et *Il.* K, 459). Apollonius de Rhodes, 7, 69, dit de l'arc des Arabes : « *Ἀράβιοι δὲ... τόξα παλίντονα εἶχον πρὸς δεξιᾷ, μακρά.* »

²⁴⁶ *Atlas*, pl. VII, fig. 5 et 13.

²⁴⁷ Selon Mérimée, Eustathe donne la même explication qu'Hésychius. « Je pense, « ajoute le savant académicien, qu'Eustathe veut dire que ces arcs ont une forte courbure « lorsqu'ils sont bandés. En effet, la distance entre la corde tendue et la poignée de l'arc « oriental est au moins deux fois plus grande que dans un arc ordinaire. Charles Lenormand, dans sa thèse latine pour le doctorat, a publié un vase grec représentant un « Apollon scythe ayant un *arc palintone*. On en voit un semblable entre les mains d'un « Scythe qui le bande agenouillé, sur un des vases d'argent trouvés à Kertch, aujourd'hui « au musée de l'Ermitage. Enfin on pourrait encore citer le Pâris, peinture d'Herculanum, et un certain nombre de monuments céramiques. » (*Monit.* 6 nov. 1867.)

La flexibilité de l'arc *παλίντονον* est certaine. Les branches recourbées développent plus de longueur que l'arc simple. La corde y est, au contraire, plus courte que dans ce

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

dernier. Les pointes du *palintone* convergent, en effet, vers le centre de l'instrument. Le V formé par la corde, lorsque l'arc est bandé, est donc plus *allongé* et plus *fermé* que celui de l'arc simple. L'effet balistique est donc plus considérable. Les mêmes qualités distinguent, dans les grosses machines, le système *παλιντονον*. Sa puissance est $3 \frac{1}{2}$ fois celle de l'*εὐθύτονον*. (Voir n^{os} 245 et 246, p. 86-88.)

De l'arc scythique, signalé par Mérimée, il est curieux de rapprocher un passage d'Athénée (*Dipnosoph.* X) rapporté par Juste-Lipse (*Polioret. Lib.* p. 184) : « Un berger, » dit-il, voulant exprimer le nom de Thésée, en comparant chaque lettre du mot ΘΗΣΕΥΣ « avec une forme analogue, dit de la troisième lettre :

« Elle ressemble à un arc scythique, Ἰ . »

C'est l'arc *παλιντονον*.

²⁴⁸ Voir, plus haut, note 31.

²⁴⁹ Silberschlag (*Mém. cit.* p. 382) assigne simplement aux deux systèmes la fonction de lancer des traits ou des pierres. Ailleurs (p. 401) : « *παλιντονον*, parce que ses bras n'étaient pas tendus au moyen d'une corde unique, comme les *εὐθύτονα*, mais parce qu'on les bandait avec deux cordes, qui allaient d'un bras à l'autre. » De Folard n'a point aperçu la différence des deux systèmes. Selon lui, l'*euthytone* d'Héron est la *catapulte μονάγκων*, à battant unique, et le *palintone* est une machine à bras latéraux (comme l'*euthytone* de la Bélépée). Voir, à ce sujet, son *Comment. sur Polybe*, Amsterdam 1753, t. II, p. 598 à 608. — Meister (*op. cit.* p. 11) hésite à émettre une opinion : « Verum » enim vero, neque jacula semper directe in scopum tendebant, nec lapides semper jactu « obliquo. » L'amplitude de l'angle lui paraissait donc une base au moins confuse. Meister ajoute : « Quæ vero rectius vocantur *palintona*, quoque inter hanc vocem et promiscuos « lapidum telorumque jactus, intercedat cognatio, *Hero non exposuit, nec ego divinare a-* « *sim.* » Dufour (*Mém. cit.* p. 32) dit que *εὐθύτονος* vient de *tension droite*, « à la manière « d'un arc ordinaire; » et que *παλιντονος* (p. 37) convient aux machines « dont les ailes se portent en avant et forment comme un arc renversé. » Le savant officier est d'ailleurs le premier qui ait songé (p. 9) à distinguer, parmi les engins antiques, les machines à *tir rasant*, de celles à *tir retombant*. Köchly-Rüstow (p. 318-320) adoptent cette classification, et cherchent à y rattacher l'*εὐθύτονον* et le *Παλιντονον*. Selon eux, cette destination est si claire, que les anciens ont jugé superflu de la définir. Dans l'*euthytone*, l'angle du tir était variable, mais fixé à 45 degrés pour le *palintone*. Ils invoquent à l'appui de cette opinion, le témoignage de Philon, dont ils faussent à leur insu la pensée. La thèse est insoutenable. M. Vincent avait également les mêmes idées sur la différence entre les deux systèmes. (Voir *Monit. univ.* 21 mai 1862, un article de lui, intitulé : *De la balistique chez les anciens.*)

²⁵⁰ *Mém. cit.* p. 70.

²⁵¹ *Mém. cit.* p. 71.

²⁵² *Aid. mém. des officiers d'artillerie*, p. 431

²⁵³ *Aid. mém. précit.* p. 430.

²⁵⁴ Voir plus haut, not. 165.

¹⁵⁶ La B  lop  e fournit trente-sept exemples d'*ἀνάγειν, κατάγειν* et dérivés. Philon de Byzance, dans l'extra  t que j'en donne plus loin, contient quatorze exemples analogues. La description de l'engin *πολυβόλον* et de la machine *ἀερότονον* du même Philon compte, en outre, vingt-neuf autres applications des termes ci-dessus, ce qui porte à QUATRE-VINGTS le nombre des exemples attestant, pour tous les engins indistinctement, l'inclinaison permanente du tir.

¹⁵⁶ *Mém. cit.* p. 59.

¹⁵⁷ *Mém. cit.* p. 60.

¹⁵⁸ *Mém. cit.* p. 63.

¹⁵⁹ *Mém. cit.* p. 64.

¹⁶⁰ *Mém. cit.* p. 67.

¹⁶¹ *Mém. cit.* p. 66.

¹⁶² *Mém. cit.* p. 67 et 68, et pl. IX, fig. 20.

¹⁶³ Suivant M. Dufour (p. 65) Philon assigne « 9 diamètres à la longueur du câble, « les   pizyges (freins) comprises. » Or Philon dit expressément le contraire : *χωρίς ἐπιζυγίδων* (Th. 53; KR. 250), sans compter les freins. Ceux-ci ayant chacun $\frac{2}{3}$ de module en hauteur, la longueur du faisceau sans torsion est de $c = 9 \frac{4}{5} d = 9.80 d$. D'un autre côté Philon, dit M. Dufour (p. 65), « assigne 6 diamètres au bras. » Mais il n'en résulte pas que le bras de levier moyen du battant soit de six modules. D'après l'épure, ce bras de levier, distance de l'attache de la corde archère à l'axe du faisceau, est seulement $R = 5$ modules. Enfin M. Dufour affirme (p. 65) qu'il y avait : « 10 diamètres entre les câbles, de centre à centre. » Comme il suppose que le *palintone* avait ses battants saillants sur les flancs du bâti, et que le grand écartement des pivots lui semble alors embarrassant, le savant officier cherche à réduire cette quantité en la fixant à 10 modules. En fait, l'entr'axe des faisceaux *palintones* est de 12 modules et le battement a lieu sur l'avant de l'engin.

Dans son calcul sur l'*euthytone*, M. Dufour commet des erreurs analogues. Il suppose (p. 79) que le faisceau, freins compris, avait $7 \frac{1}{2}$ modules, et le bras de levier du battant 7 modules. Or l'*euthytone* n'avait que 6 modules (*χωρίς ἐπιζυγίδων*), soit $c = 6 \frac{4}{5} d = 6.80 d$, de dehors en dehors. Suivant Philon le battant de l'*euthytone* avait 7 modules. Son bras de levier moyen était $R = 6$ modules. Enfin l'entr'axe des pivots, de 5 modules suivant Dufour (p. 80), n'était que de $3 \frac{1}{2}$ modales.

¹⁶⁴ Voir n   236, De l'inclinaison du jet.

¹⁶⁵ Cet angle résulte de l'épure r  construite sur les données certaines des textes. Dans la *χειροβαλλίστρα*, le battement n'est que de $53^{\circ} 8'$ (complément de celui de l'*euthytone*). Cela tient à ce que la flexibilité des ressorts n'admet pas autant de course que l'élasticité des faisceaux. Le métal rachète ce défaut par une vigueur moyenne plus grande.

¹⁶⁶ Les gros pierriers servaient contre les ouvrages de fortification. Les petits pierriers et les *oxyb  les* contre les troupes. Philon (*Math. vet.* 78 à 114) indique les divers calibres usités pour l'attaque et la défense des places, par terre et par eau, savoir :

1   Le *ταλαντιαῖος πετροβ  λος* (Th. 85) pierrier de 1 talent (pierre = 26 kilog.). Les assiégeants cherchaient à l'établir sur les remblais protégeant la triple enceinte des fos-

sés de la place. Aussi, donnait-on à ces levées une largeur en couronne moindre que la longueur de l'engin (12 coudées = 5^m,40); et leurs talus étaient obstrués par des plantations. Ce type est l'ancêtre du canon du 48 (ancien).

2° Le δεκαμναῖος πετροβόλος (Th. 91) *pierrier de 10 mines* (pierre = 4 $\frac{1}{2}$ kil.), dressé sur le rempart, et dirigé par couple contre les machines de l'assiégeant. Il servait aussi (Th. 93) à la défense des bourgs et villages. Ce type est l'ancêtre de notre canon de 8 (ancien).

3° Le τριταλανταῖος πετροβόλος (Th. 91) *pierrier de 3 talents* (pierre = 78 kil.), dirigé contre les tours roulantes et autres ouvrages de l'attaque. Archimède (Athén. *Dipnos*. V, 43) avait armé de huit de ces pierriers, qui lançaient également des traits de 12 coudées à 1 stade, son grand vaisseau la Ville de Syracuse. Voir plus haut note 134.

4° Le καταπέλτης τρισπίθαιμος (Th. 93) *catapulte de 3 empan* (trait = 0^m,68) servait à la défense des bourgs, et aussi (Th. 99) à repousser l'assiégeant des tranchées. Ce modèle figurait au siège de Syracuse (Diod. Sic. cité par M. Miller, *Journal des Savants*, mars 1868, p. 189.)

5° Le ἑξικοσμαναῖος πετροβόλος (Th. 95) *pierrier de 20 mines* (pierre = 8 $\frac{1}{2}$ kilog.) établi par couple, à l'entrée et de chaque côté du canal d'un port menacé d'une attaque par mer. Ancêtre du canon de 16 (ancien).

6° Le τετραμναῖος πετροβόλος (Th. 95) *pierrier de 4 mines* (pierre = 1 $\frac{1}{2}$ kilog.) pour la défense des tours auxiliaires, établies entre la ville menacée et la mer.

7° Le τριακονταμναῖος πετροβόλος (Th. 95) *pierrier de 30 mines* (pierre = 13 kilog.) pour la défense des places maritimes à distance de la mer. Ancêtre du canon de 24 (ancien).

8° Le δωδεκαμναῖος πετροβόλος (Th. 98) *pierrier de 12 mines* (pierre = 5 $\frac{1}{2}$ kilog.) pour l'attaque d'une place maritime. Ancêtre de 12 (ancien).

9° Le καταπέλτης πεντασπίθαιμος (Th. 98) *catapulte de 5 empan* (trait = 1^m,15) servant par couple à la défense d'une place maritime.

10° Le διμναῖος πετροβόλος (Th. 99) *pierrier de 2 mines* (pierre = $\frac{2}{3}$ kilog.) contre l'assiégeant dans la tranchée.

²⁰⁷ *Mém. cit.* p. 79.

²⁰⁸ Ces quantités sont probablement exagérées. M. Dufour cherche avec raison à justifier ses formules par les données de l'histoire. Mais, si l'on considère que les balistes romaines, citées par lui (p. 70), étaient *palintones*, c'est-à-dire de force environ quadruple de celle de l'*euthytone*, on verra qu'il prend quatre fois trop grande la tension initiale des faisceaux. Athénée, *De machinis* (Th. 3; W. 8) cite la catapulte d'Agésistrate, ἔχων τόνου μναῖς δώδεκα, et qui lançait à 3 $\frac{1}{2}$ stades (650 mètres) un trait de 3 empan = 36 doigts = 0.684. Dufour traduit : « lorsqu'elle avait 12 mines de tension, » c'est-à-dire 5 $\frac{1}{2}$ kil. par centimètre carré, qu'il introduit (p. 60) dans sa formule de la tension initiale. Il est douteux que les anciens aient eu la notion d'une quantité de force par unité de surface. Le τόνου μναῖς δώδεκα serait plutôt le poids même des faisceaux. Philon (Th. 54; KR. 254) évalue ce poids à vingt-cinq fois celui du projectile. Telle est la notion fondamentale que possédaient les anciens. Quant à la tension, ils l'évaluaient d'après le son musical, rendu par les vibrations du faisceau (Vitruve, *Sehn.* p. 296; voir aussi note 277, plus loin.) En prenant $\frac{1}{2}$ pour densité du bois, et supposant le fer du trait égal au poids du bois, on

calcule que la flèche *τρισηθαιμον* pesait environ 220 grammes, soit $\frac{1}{4}$ mine (la mine pesant 436 grammes); soit $\frac{1}{4}$ du poids du *ton* donné par Athénée. Ce qui justifie la règle de Philon. Celle-ci, prise dans le sens le plus strict, assigne au trait un poids de 210 grammes, auquel on arrive en prenant 0.55 pour densité de la baguette. Or, d'après Claudel (Formules, p. 28), l'osier pèse 0.543 et le peuplier 0.528. A module égal, le trait euthytone pesait donc autant que le *boulet* palintone.

Soit μ le module, m le poids du boulet. On a vu plus haut (note 219) que

$$\mu = 1.10 \sqrt[3]{100 m}; \text{ d'où } \mu^3 = 133 m, \text{ et } m = \frac{\mu^3}{133}$$

Et comme $\mu = \frac{\lambda}{9}$, (λ étant la longueur du trait),

on trouve
$$\mu = \frac{\lambda^3}{133 \times 729} = 0.0000103 \lambda^3.$$

$$\text{Pour } \lambda = 36 \text{ doigts, on a } \mu = 14 \quad \text{et } m = \frac{64}{133} = 0.48.$$

et, comme la mine vaut 436 grammes,

$$\text{On a donc } m = 436 \times 0.48 = 210 \text{ gr.}$$

c'est-à-dire, à $\frac{1}{4}$ près, le poids prouvant que *τόνου μνῆς δάδεια* est celui des faisceaux. Au reste, il est probable que m vaut ici $\frac{1}{4}$ mine, soit $m = 220$ grammes.

²⁶⁶ *Math. vet.* p. 49 à 78; Köch. Rüst. p. 240 à 316. C'est le quatrième d'une série de traités spéciaux, dont les premiers sont perdus. Nous avons encore le livre V (Th. 78 à 114) qui traite de la *contraction* et de la *défense des places*. Le préambule du livre IV parle du livre III, qui traitait de la *construction des ports*, *Διμνοφοιτία*. Philon de Byzance était donc ingénieur, dans toute l'acception du mot.

²⁷⁰ J'ai démontré, en plusieurs endroits de Philon, que ses erreurs théoriques proviennent souvent des copistes qui, ne saisissant plus la pensée mathématique de l'auteur, ont pu la transcrire à leur guise, en mutilant un texte à tous égards si vénérable.

²⁷¹ Leur traduction est généralement précise; mais les savants éditeurs n'ont pas bien saisi le détail des *ressorts chalcotones* de Ctésibius. Ils n'ont pas mieux rendu non plus la *chaîne sans fin* de la machine *polybole*, dont Meister lui-même, en son lucide commentaire sur cette machine (Gottinge, 1768, in-4°), n'a pas saisi partout l'ingénieux mécanisme.

²⁷² On s'est abstenu, dit M. Wescher (*Introd.* p. XII) d'y joindre les deux livres de Philon de Byzance, PARCE QU'ILS MANQUENT DANS LE MANUSCRIT DE MYNAS, et qu'il eût fallu se contenter de les réimprimer, d'après les sources moins anciennes et moins pures auxquelles Thévenot avait déjà puisé. M. Wescher nous apprend cependant (*ibid.* p. xxv) que le *λόγος* $\bar{\Delta}$ de Philon figure sous le n° 12, dans le manuscrit 1164 du Vatican, auquel il accorde une valeur de premier ordre; puis sous le n° 6, dans le manuscrit 219 du Vatican; enfin (*ibid.* p. xxvii) sous le n° 11, dans le manuscrit 2442 de Paris, dit de Médicis, et considéré par M. Wescher comme aussi précieux que les manuscrits de Mynas et du Vatican. A la vérité, le manuscrit 2442 (*olim* 2174) a fourni à Thévenot le livre IV de Philon (*Math. vet.* p. ix). Mais on pouvait le collationner avec les textes du Vatican. Thévenot est incorrect en maint endroit, notamment dans les quantités numé-

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

rales. J'ai démontré (plus haut, note 201) que les dimensions indiquées *en toutes lettres* par Philon, ou transcrites de cette manière par un copiste qui les lisait *en chiffres* sur le texte original, ne méritent qu'une confiance relative.

²⁷³ Τὰς ὀφρῦς. Thévenot traduit : « *supercilia circumdata.* »

²⁷⁴ L'objection est très-fondée. La *largeur limitée* des madriers où l'on découpait les *écussons* imposait une *limite fâcheuse à la puissance* des machines. Philon tourna la question *en supprimant complètement les écussons*, comme on le verra dans son Ὀξυβελῆς à coin.

²⁷⁵ Ἀνατρήσεις, entailles placées au-dessus.

²⁷⁶ Voir, plus haut, fig. 8.

²⁷⁷ Le *tendeur*, ἐντόνιον est décrit dans les Βελουποιικά (Th. 139, KR. 228, W. 107). Il consistait en deux montants, analogues aux *longerons* d'une échelle, réunis par quatre traverses ou *barreaux*, dont l'écartement, variable à volonté, était maintenu ensuite à l'aide de coins. Aux extrémités des longerons étaient montés deux treuils. Le bâti de l'engin étant tout prêt pour recevoir le faisceau, on l'installait entre les longerons du tendeur, de manière à l'assujettir entre les deux barreaux intermédiaires, convenablement rapprochés. Le tendeur reposait horizontalement sur des tréteaux. « On attache alors, dit Héron (Th. 139, KR. 230, W. 108), l'extrémité du cordon à l'un des freins, et l'on introduit l'autre dans un trou foré en regard sur l'un des treuils. On le tend jusqu'à réduction d'un tiers dans le diamètre du cordon. On fixe alors celui-ci contre le barillet, à l'aide d'un outil à bec (περιστομῆς), et on le détache du treuil. Puis, le faisant passer à travers les lucarnes, on le conduit jusqu'au second treuil; et ainsi de suite, en retirant successivement le cordon du treuil, grâce à l'outil à bec. Cet outil consiste en un manche de bois, de deux ou trois palmes [8 à 12 doigts = 0^m.154 à 0^m.231], ayant à son extrémité une entaille correspondante à la grosseur du cordon. Pour achever de garnir les lucarnes, on se servait, en outre, d'aiguilles permettant d'introduire le cordon dans un espace de plus en plus resserré. » Vitruve (Schn. p. 295) décrit également le tendeur. Quant au degré de tension des brins, Vitruve le définit ainsi : « Uti . . . extenti rudentes . . . æqualem in utroque sonitus habeant responsum. » Et plus loin : « Ita . . . ad sonitum musicis auditionibus catapultæ temperantur. » Enfin (Schn. t. I, p. 7) Vitruve dit : « Musicen autem sciat oportet (architectus), uti . . . balistarum, catapultarum, scorpiorum temperaturas possit recte facere . . . sicutis et vectibus e nervo torti funes non præcluduntur nec præligantur, nisi sonitus ad artificis aures certos et æquales fecerint. » Philon de Byzance (Th. 61, KR. 270) dit également : Ἄμα ἐκτείνουσιν ἴσως καὶ ὁμοτονουνητῶς (τοὺς στήμονας ἀπαντας).

²⁷⁸ Ἐν γὰρ ταῖς τοξείαις καὶ ταῖς πνευαῖς καταγωγαῖς.

²⁷⁹ Voici le résumé de la théorie de Philon de Byzance, par lui-même :

1° Dans l'Ὀξυβελῆς construit par lui, chaque *demi-faisceau* est *rectiligne, vertical*, et placé *au droit de l'autre*. Le *battant* est logé *entre les deux*. La *torsion* est *supprimée*; et une *entente meilleure* du mécanisme *névrotone* a eu pour effet *d'augmenter la portée*.

2° Philon a *supprimé barillet*s et *lucarnes*, vu leurs nombreux et graves inconvénients. Il a formé *un seul pied-droit* des deux montants intermédiaires, et couronné le tout, dans le plan des pivots, d'un fort *tasseau en fer, saillant à droite et à gauche du pied-droit*

central unique. Sur les abouts du tasseau, il enroule librement les cordons, en les serrant au point que permet la main. Le frein de fer est surmonté d'un second frein ou tasseau en bois, à dos arrondi, sur lequel successivement les brins viennent s'enrouler.

3° Philon a ainsi résolu le problème de la prompte et commode installation des faisceaux.

4° Son procédé supprime en outre le tendeur. Les brins sont tendus à la main, un à un, jusqu'à ce qu'ils rendent tous le même son (*ἰσῶς καὶ ὁμοτονούητως*). Mais ce n'est là que la mise en train du montage.

5° La suppression des barillets permet d'améliorer l'aspect des machines. Philon a donné à la cage la forme d'une sorte de portique. N'est-ce pas le précurseur du *καμάριον* de la chirobaliste ?

6° Enfin, outre la durée du montage, le système de Philon réduit les frais de construction de l'engin lui-même.

Philon explique ensuite le remarquable procédé de bandage, qui lui permet de supprimer la torsion, à l'aide de coins de bois amincis, qu'il introduit, à coups de maillet, entre le frein de fer soutenant le faisceau et le tasseau de bois superposé au frein. Ces coins sont aussi nombreux qu'on le juge convenable. Dès que le faisceau accuse le degré de tension voulu, on rogne à la scie les têtes saillantes des coins. Inversement, pour démonter le faisceau, on arrache les coins, à l'aide d'un outil spécial. Le système se détend à l'instant, sans autre difficulté.

Telle est l'ingénieuse solution due à Philon de Byzance. Elle ne paraît pas avoir été connue de Vitruve, qui n'a décrit que le système des barillets de torsion, les seuls usités alors, probablement, dans l'artillerie romaine.

²⁸⁰ Thévenot traduit : « Ejusque instrumenti constructio [cum] nondum divulgata sit. » Mais le grec dit : *τῆς τε κατασκευῆς ὄντω διαδεδομένης* et non *ὄπω*.

²⁸¹ *Κατακλιῆς* (voir, plus haut, note 173). Thévenot traduit : « Jugulum! »

²⁸² L'idée de transformer d'abord en machines à ressorts les engins à flèches fut la plus naturelle et la plus logique. Ces engins étaient de petit calibre, et les premiers ressorts métalliques eurent de médiocres dimensions. Les pierriers ne servaient que dans les travaux de siège. En campagne, au contraire, les armes de jet portatives se réduisaient à l'arc, à la fronde et au gastraphète primitif. Les ressorts métalliques résolurent la question de réduction du poids des catapultes. Le chalcotone de Philon, perfectionnement de celui de Ctésibius, était *euthytone*. La chirobaliste palintone en fut une heureuse transformation. Quant à la généralisation du système, on a vu dans Végèce les archers romains renforcés par les *manubalistarii* armés, selon toute apparence, d'engins à ressorts métalliques.

²⁸³ *Τὸ μὲν ἡμιτόνιον αὐτοῦ ἐπιπίπτει κατὰ τὴν πτέρναν τοῦ ἀγκῶνος ἐν τῷ ἐκτὸς μέρει τοῦ πλινθίου, καὶ βιάζεται τὴν πτέρναν εἰς τὰ ἐντὸς* : La moitié du faisceau s'appuie contre le talon du bras, dans la région regardant l'EXTÉRIEUR du bâti, et elle refoule le talon vers la région INTÉRIEURE. Il s'agit ici de l'*euthytone*, où le talon du bras ne sortait point de la cage. Les expressions *ἐν τῷ ἐκτὸς μέρει* . . . *εἰς τὰ ἐντὸς* ont donc ici la même signification que dans les *Βελοποιικά*, et désignent l'avant et l'arrière de la machine, séparés par le bâti. (Voir notes 166, 183 et 255.)

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

²⁸⁴ Ὅτι τάχιστα δυναμένων τῶν ἀγωνίων ἀναπίπτει μακρότατα τὸ βέλος ἀποστέλλει.

²⁸⁵ Τῇ τοῦ ἀγωνίου ἀναπίπτει.

²⁸⁶ Ἀνακινούστας τοὺς ἀγωνίους. Ce passage, comme les deux précédentes notes (284 et 285) confirme le fait de l'inclinaison du tir, même dans les engins εὐθύτονα ou ὄξυ-βελεῖς, par le choix des termes ἀναπίπτειν, ἀναπίπτειν, ἀνακινεῖν.

²⁸⁷ Ce raisonnement n'est pas rigoureusement exact. Chaque demi-faisceau fournit moitié de l'impulsion; et les deux réunis constituent un couple, dont le moment mesure l'intensité de l'effort balistique. Ce moment se calcule sur le produit de la résistance de chaque demi-faisceau par la distance des centres de gravité respectifs. A force égale, le battement est d'autant plus intense, d'autant plus prompt, que les deux faisceaux sont plus distants l'un de l'autre.

²⁸⁸ Πολὸν τάχιον οἰσθήσεται, sera entraîné plus vite. En remplaçant vitesse par force vive, j'épargne à Philon une erreur réfutée par les principes de la pesanteur.

²⁸⁹ Ὅτι τῷ μαζῶνι βάρει καὶ βρωπῇ πλείων. Ici βρωπή exprime avec justesse l'idée de force vive. Philon en avait conscience, et il confond plutôt les termes que les idées.

²⁹⁰ Thévenot traduit : « Porro autem quando funes ex nervis constant et similem habeant intensionem ac priores, virtus dimidiatorum funium tolli non potest. » (!)

²⁹¹ Εἰς τὴν καταγωγὴν ἀντεπράσσοιτα (voir note 286).

²⁹² Dufour (*Mém. cit.* p. 27) n'a point compris ce raisonnement, assez confus d'ailleurs, de Philon de Byzance. Celui-ci devait dire : « On conclut donc, avec raison, que les efforts des demi-faisceaux, au lieu d'actionner le bras de part et d'autre de sa direction, pouvaient être réunis en un seul, de force égale à leur somme, et appliqué contre le talon du battant. Mais, dans cette hypothèse, comment le bras eût-il pu recevoir l'impulsion d'un effort unique (ἐδόξατο ἂν ὑπὸ τοῦ μόνου κρατεῖσθαι)? Il fallait donc lui procurer un point d'appui, un pivot, etc. etc. » Sous cette forme, la discussion de Philon montre clairement la filiation de l'invasion des ressorts métalliques, et elle constitue pour l'histoire un précieux témoignage. Dufour n'y voit que la pure et simple adjonction des ressorts aux faisceaux. « Ces faisceaux, dit-il, assimilables à ceux d'une voiture, sont comprimés par le talon du bras, qui traverse le tonon (τόνος, faisceau). » Et il donne (pl. VI, fig. 11, 12 et 13 bis de son Mémoire) la solution graphique correspondante, de pure fantaisie. A son exemple, M. Vincent (*Chirob.* 1866, pl. III et IV) et IV) emploie les ressorts comme auxiliaires de l'élément névrotone. Il réduit celui-ci à « un simple radiment » (p. 10, 11), afin de soustraire la machine aux inconvénients signalés par Philon, c'est-à-dire à l'humidité, à l'usure rapide des nerfs, etc. — Köchly et Rüstow ont judicieusement supprimé les faisceaux du Χαλκόντονον. Toutefois le dispositif des pivots de leur engin est inexact (pl. V, fig. 2, 3, 4 et 5 de leur ouvrage).

²⁹³ La catapulte de 3 emfans, c'est-à-dire d'un trait de 36 doigts, avait pour module 4 doigts. Dans la chirobaliste, dont le module est de 3 $\frac{1}{2}$ doigts, les ressorts ont 3 modules de long, $\frac{1}{2}$ modale de large, et environ $\frac{1}{10}$ de module d'épaisseur; mais ces ressorts sont d'acier. En supposant au bronze du χαλκόντονον de Philon la même élasticité, ses ressorts auraient pour dimensions les nombres restitués entre crochets dans notre traduction. Ce qui rétablit, en effet, les trois dimensions absentes. La longueur et la

largeur ainsi calculées sont très-rationnelles. Dans le modèle d'*essai* de Philon, la cage mesurait en dedans $3 \frac{1}{4}$ modules = 14 doigts de haut (voir, fin du chapitre II, dimensions de l'*euthytone*; et Th. p. 55; KR. 254). Les ressorts de 12 doigts pouvaient donc s'y loger, et même se redresser complètement, sans toucher les tablettes. Philon déclare que ces ressorts étaient isolés du bâti et retenus par des armatures spéciales. Quant à leur épaisseur, évaluée ci-dessus à $\frac{1}{15}$ de doigt, elle est incertaine *a priori*, à cause du bronze écroui dont ces ressorts étaient formés, et dont le coefficient d'élasticité est inconnu.

²⁹¹ Τὰ κοίλα πρὸς ἀλλήλας συζύξαντες. Thévenot : « Sibi invicem cavitates conjungendo. » !

²⁹² Ἐκροτοῦντο δὲ ψυχραί. Thévenot : « Laudabantur autem frigidæ. » !! Il prend le battage du bronze pour un *battement de mains*.

²⁹³ Αὐτὸς δὲ ἐπολεύετο περὶ ὄχεα σιδηροῦν παρακείμενον ἐκτὸς τῆς τοῦ ἀγκῶνος ἐπιφανείας. Thévenot et Köchly-Rüstow écrivent *περιοχέα* d'un seul mot. Cependant le sens et la répétition du mot *ὄχεα* un peu plus loin prescrivent de lire *περὶ ὄχεα*, que Thévenot traduit par *circa ansam*. — De ce que le *collier de fer, traversé par le bras*, en touchait par dehors la surface adjacente, il n'en faut pas conclure, avec Köchly et Rüstow, que le pivot était placé sur le côté du bras. Ils traduisent bien : « Welcher an der äußern Oberfläche des Bogenarmes anliegt. » — Et *anliegt*, comme *παρκαείμενον*, exprime la *juxtaposition*. Mais les savants éditeurs interprètent (pl. V, fig. 3 et 15) cette juxtaposition, en plaçant le pivot à côté du bras, tandis que l'auteur dit simplement que le *collier embrassait la surface du bras logé dedans*.

²⁹⁷ Cette interprétation littérale du texte montre que, dans le *χαλκότονον* primitif, le système du pivot était l'inverse de celui que reçut depuis la *chirobaliste*. Dans celle-ci, le *battant porte les boutons saillants* ou *crapaudines mâles*, et les *chapes* font fonction de *crapaudines femelles*. Dans le *χαλκότονον*, la *crapaudine femelle* est ajustée sur le *battant* même et dissimulée sous l'*ornement* du *κισσόφυλλον*; et l'*axe du pivot* fournit les *crapaudines mâles*.

²⁹⁸ Καταγομένης τῆς τοξιτιδος (voir, plus haut, note 286).

²⁹⁹ Ainsi les modèles d'engins à ressorts de Ctésibius et de Philon étaient *euthytones*. Les ressorts remplacèrent, dans l'*oxybèle* du temps, les *faisceaux de fibres*, et l'*effort balistique* fut transporté au *talon des battants*. Ceux-ci faisaient saillie à droite et à gauche de la cage. La *chirobaliste* emprunta au *χαλκότονον* le principe des ressorts, mais au bronze elle substitua l'acier. En outre, les battants de l'engin d'Héron étaient *palintones*, système plus puissant, plus ramassé et mieux approprié que les précédents au service en campagne, où les combattants se trouvaient d'ordinaire serrés les uns contre les autres.

³⁰⁰ Ἐν μὲν τῇ καταγωγῇ (voir, plus haut, note 286).

³⁰¹ Κεράτων! Thévenot lit *περάτων* et traduit par *extremitatum!* Köchly et Rüstow ont bien compris qu'il s'agit de *cornes* élastiques.

³⁰² Κατάγουσι (voir note 286).

³⁰³ Κατευνοεῖν (voir note 286).

³⁰⁴ *Neavixōs*, à l'instar d'un jeune homme, avec rapidité, vivement. Thévenot traduit par *fortiter*, et Köchly-Rüstow par *Kräftig*, avec force. Mais, deux lignes plus bas, Philon recommande d'éviter la violence. Il s'agit simplement d'un *battage rapide et soutenu*.

³⁰⁵ *Ψύξεις καὶ κροτήσεις*, l'action du froid et du battage. Philon oppose cette double méthode à celle de la *chaude*, qui ramollit les métaux. Il doit donc entendre par *ψύξεις* le *refroidissement artificiel*, par exemple la *trempe par l'eau froide*. La désinence de *ψύξεις* indique l'action de *refroidir*. La trempe était donc connue des anciens, comme une propriété particulière à l'acier. Philon se garde bien de l'appliquer à ses ressorts de bronze. Il n'en parle qu'au sujet des épées celtiques et espagnoles, dont les Romains, au dire de Polybe, ne connurent jamais le secret de fabrication (voir, plus haut, note 136). Philon n'en pouvait donc parler que par conjecture. A la vérité, il semble en attribuer l'élasticité au battage.

³⁰⁶ Cet effet remarquable d'un battage méthodique est très-nettement expliqué par Philon, dont le raisonnement prouve que les anciens avaient une notion exacte des lois de la flexion. M. le général Morin (*Leçons de mécaniq. prat.* Paris, 1853, in-8°, p. 124-146) attribue à Galilée les premières recherches théoriques sur cette importante question. L'hypothèse de Galilée, admise ensuite par Mariotte et Leibnitz, suppose que toutes les fibres d'un corps fléchissant s'allongent à partir de la surface concave. Les expériences de Duhamel (*Du transp. de la conserv. et de la force des bois*) démontrèrent, en 1767 seulement, la fausseté de cette hypothèse. Continuées et confirmées en 1811 par M. Charles Dupin, elles ont prouvé en définitive que les fibres des faces fléchissantes travaillent également, les unes à l'extension et les autres à la compression. — Or Philon savait fort bien que la partie centrale de la pièce supporte le minimum de fatigue, et que ce sont les surfaces opposées, perpendiculaires à l'effort fléchissant, qui travaillent le plus. Peut-être ne distinguait-il pas, dans le travail de ces surfaces, l'extension de la compression. Quoi qu'il en soit, sa théorie du battage est rigoureusement d'accord avec les idées modernes; et, en admettant même que Philon n'en soit point l'auteur, on ne peut contester aux Grecs le mérite d'avoir appliqué avec réflexion, il y a vingt siècles, une théorie dont la recherche a égaré Galilée, Mariotte et Leibnitz.

³⁰⁷ Ce passage n'a pas empêché M. Vincent de conserver à la *chirobaliste* (p. 35 et pl. III, IV, de son opuscule, 1866) un organe *névrotone* avec ses accessoires. M. Dufour (*Mém. cit.* pl. VI) a commis la même erreur au sujet du *χαλκόντονον*. (Voir, plus haut, *Introd. Hist.* § XI et notes 84 et 85).

³⁰⁸ Ὁ *τόνος*. Philon applique aux ressorts le nom usuel des faisceaux *névrotones*. Le terme *τόνος* possède une signification très-générale; on le retrouve encore dans la description de l'engin *ἀσρότονον* de Ctésibius (Th. p. 77, KR. p. 312). Thévenot se trompe ici en traduisant *τόνος* par *funis*, corde ou câble.

³⁰⁹ *Καὶ τοὺς ἀγκῶνας δὲ ἐστὶν ἐξελεῖν*. Thévenot traduit : « Sed et cubitos nullo negotio eximere licet, extractis vectibus. » Contre-sens.

³¹⁰ Philon critique ensuite l'idée primitive de Ctésibius, qui remplaça d'abord l'organe *névrotone* par un faisceau analogue de *rubans métalliques juxtaposés*. Cet essai échoua, mais Philon en explique mal la cause. Il est certain que la réduction du ressort total à

deux lames arc-boutées fut un progrès considérable, dû en principe à Philon de Byzance et porté à une haute perfection dans la *Chirobaliste* d'Héron d'Alexandrie.

³¹¹ *De architect.* X, 1 (*Schn.* t. I, 269; III, 240).

³¹² Voir la première partie, § IV.

³¹³ Ce passage concerne la distinction à établir entre les *machines* proprement dites, *MACHINÆ*, et les *outils, instruments* ou *engins, ORGANA*. Selon Vitruve, la *machine* est un *multiplicateur de force*, comme la *baliste* et le *pressoir à treuil*, où la force se trouve emmagasinée par le travail de plusieurs personnes, *pluribus operibus aut vi majore coguntur*. Les *outils* et *instruments* se recommandent plutôt par la *précision* que par la *puissance* de leurs effets. Un seul homme suffit à leur mise en œuvre : *unius operæ* (alias *opere* ou *ope*) *tactu perficiunt quod propositum est*. Cette distinction ne suffit plus à la mécanique moderne. Toute machine puissante peut opérer avec précision, et le moindre outil peut exiger beaucoup de force. A quelle limite deviendra-t-il machine? Lorsque, répond Vitruve, il correspondra au travail de plusieurs hommes... Cette classification peut sembler puérile. Remarquons cependant la tendance, antique à coup sûr, à prendre pour équivalent du travail d'une machine celui d'un ou de plusieurs hommes, considérés comme *moteur-unité*. Le *cheval-vapeur* moderne n'est que le rajeunissement d'une définition dont Vitruve nous offre ici une trace incontestable.

³¹⁴ *Trunq.* 11, fin : « *Versatio rerum sursum ac deorsum euntium.* » — Et *Quæst. nat.* VI, 21 : « *Quum terra quatitur et sursum ac deorsum movetur.* »

³¹⁵ Barbaro voit dans les *Anisocycla* (*sic*) des *filets de vis*, comme ceux d'un pressoir. Les cheveux en *tire-bouchon* forment encore, selon lui, des *anisocycles*. Perrault suppose sous ce nom un *ruban métallique enroulé en spirale*. En 1863 (*Lettre à M. Vincent*, p. 39, note 1) j'avais fait la même conjecture, sans savoir que Perrault m'avait devancé. Selon Stratico les *anisocycles* sont des *roues dentées*. Freund, traduit par M. Theil, rend *anisocycla* (*sic*) par *manivelle*.

³¹⁶ *Lib.* X, c. xv (*Schn.* t. I, p. 290-292). Vitruve dit expressément que le *scorpion* et la *catapulte* sont *névrotones* « *tenduntur nervi torti, qui brachia continere debent.* » Ces engins étaient d'ailleurs munis de treuils. Ils constituaient, aux yeux de Vitruve, de véritables *machines*.

³¹⁷ Venise, 1497, in-f°, sans commentaire ni figures. Köchly et Rüstow (*Op. cit.* 349) mentionnent comme édition *princeps* celle de Sulpicius, Rome, 1486, dont l'édition de Venise n'est qu'une réimpression.

³¹⁸ Vitruve (*Schn.* t. III, p. 240).

³¹⁹ Venise, 1511, in-f° avec figures et commentaire. Sauf quelques restitutions heureuses, les conjectures de Giocundo sont très-souvent téméraires.

³²⁰ *Cod. Par. lat.* 10277 (*olim* 1009) f° 75 recto. Daté au catalogue.

³²¹ *Cod. Par. lat.* 7227, f° 39 verso. Daté au catalogue.

³²² *Cod. Par. lat.* 7228, f° 34 recto. Daté au catalogue.

³²³ *Cod. Par. lat.* 7382, f° 134 verso. Daté au catalogue.

³²⁴ *Schn.* t. III, 240 : Sulp. *Latiniso scidorum*. Guelf. *Latinisocyclorum*. Wrat. *Latinisascitalorum*. Franek. *Latiniso cyclorum*. Colton. *Latinisocyclorum*.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³²⁵ Michaud, *Biogr. univ.* art. Vitruve.

³²⁶ *Schn.* t. III, 240 : « Ex Colton. *Latinisocyclorum Is. Vossius, apud Bondam, p. 343, efficiebat, seu latinis oscillatorum.* Latinorum enim ludus seu artificium oscillatorum usus et « quidem ab ipso rege Latino, pertinetque ad ἀεροβατικήν. » Un peu plus loin, Schneider conclut : « Ex script. lib. *Wrat.* licet *axicolorum* conjicere. »

³²⁷ L'identité presque absolue des dimensions des engins de Vitruve et la conformité des altérations du texte, dans les divers manuscrits, en sont la preuve. Schneider affirme que la restitution définitive du texte de Vitruve serait impossible par la voie purement diplomatique.

³²⁸ *De Pallio*, 1, fin : « Aries . . . trabes machinæ est quæ muros frangere militat. « Illam dicitur Carthago prima omnium armasse in *oscilli penduli* impetus. » Freund, trad. Theil : « *Oscillum*, balancement, mouvement oscillatoire, balançoire. »

³²⁹ Trois. part. *Chirob.* § III, note a.

³³⁰ Voir plus haut, deuxième partie, p. 66. Dans le *palintone*, l'angle du battement était de 73° 44', double de 36° 52', battement de l'*euthytone*. Cela résulte des épures construites sur les données de Philon de Byzance. Dans le système *névrotone*, la tension croît plus vite que l'angle de torsion. Les expériences de Dufour (*Mém. cit.* p. 64 et 66) ont mis le fait en évidence. Pour 36° 52', la force du battement à son extrémité est de 0.365; tandis qu'elle est de 1.006 pour 73° 44'. Avec les *ressorts métalliques*, toutes choses égales d'ailleurs, la tension croît proportionnellement à l'angle du battement. Le *palintone* à *ressorts* donnera donc une tension double environ de celle de l'*euthytone*. Mais il y a plus de course avec des *battants plus courts*, circonstance très-favorable à l'augmentation de la force vive. Dans la *chirobaliste*, la longueur des bras n'est que moitié de celle des *battants palintones* ordinaires; et leur battement est de 53° 8', complément du battement *palintone*. Les anciens fabriquaient difficilement des *ressorts de grande flexion*. Ils y remédiaient en raccourcissant les *battants*, en diminuant l'angle du battement, et en plaçant les pivots aussi près que possible des *ressorts balistiques*.

³³¹ *Bell. Gall.* VII, xxv : « *Scorpione* ab latere dextro trajectus exanimatusque concidit. » — Hirt. *Bell. Afr.* 29 : « *Scorpione* accuratius misso . . . reliqui perterriti fuga se in castra receperunt. »

³³² Hirtius, *Bell. Hisp.* 13 : « Simulque *balista* missa a nostris turrem dejecit. » *Id. Bell. civ.* II, 2 : « *Asseres pedum XII* . . . maximis *balistis* missi, per IV ordines *cratium* « in terra defigebantur. » La baliste lançait donc à l'occasion de grands traits, de véritables *poutrelles* armées de pointes métalliques.

³³³ *Bell. civ.* II, ix : « Ne aut *tela tormentis* missa tabulationem perfringerent, aut *saxa* « ex *catapultis* lateritium discuterent. »

³³⁴ *Bell. civ.* II, ix : « *Castella* constituit ibique *tormenta* collocavit. — *Ibid.* IV, xxv : « Atque inde fundis, *sagittis, tormentis* hostes propelli ac submoventi jussit. » *Ibid.* « Inusitato genere *tormentorum* permoti barbari constiterunt. » *Ibid.* VIII, xli : « Ad hæc sustinenda magno usui fuisse *tormenta*. » — *Bell. civ.* I, vii : « *Tormenta* in muris disposita. » — *Ibid.* II, ii : « Tantaque multitudo *tormentorum*, ut eorum vim nullæ contextæ viminibus vineæ sustinere possent. » — *Ibid.* II, ix : « *Fenestrasque* quibus in locis visum

« est ad tormenta mittenda in struendo reliquerunt. » — *Ibid.* III, IX : « Præsectis omnium
 « mulierum capillis. » — *Ibid.* III, LI : « Tantum oberata nostro castello ut telum tormen-
 « tumve missum adigi non posset. » — *Ibid.* III, LVI : « Uti ne in eam telum tormentumve
 « adigi non posset. » — *Hirt. Bell. Gall.* VIII, XIV : « Unde tormento missa tela in hos-
 « tium cuneos conjici possent. » — *Id. Bell. Afr.* XX : « Tela tormentaque ex navibus in
 « castra comportare. » — *Ibid.* XXIX : « Propter egregiam munitionem oppidi et tormento-
 « rum multitudinem. »

³³⁵ *Bell. Afr.* xxxi.

³³⁶ Βελοποικία (Th. 122, KR. 202, W. 74).

³³⁷ *Voyage dans la haute et basse Égypte*, Paris, an x (1802) grand in-f°, *Atlas*,
 pl. CXXX.

³³⁸ Même ouvrage, *Atlas*, pl. CXXXIV.

³³⁹ *Orig. de tous les cultes*, Paris, 1822, in-8°, *Atlas*, pl. dernière; échelle $\frac{1}{4}$.

³⁴⁰ Même ouvrage, *ibid.* Même échelle.

³⁴¹ *Dict. des sciences natur.* Entomologie, *Aptères*, p. 56.

³⁴² *Métam. mœurs et instincts des Insectes*, Paris, gr. in-8°, 1868, p. 687 (*Arachnide*).

TROISIÈME ET QUATRIÈME PARTIE.

³⁴³ Voir n° 91.

³⁴⁴ *De Arch.* lib. X (Schn. t. I, chap. II à X, p. 269 à 290).

³⁴⁵ Athénée (*Dipnos.* V, 40).

³⁴⁶ Vitruve, *op. cit.* lib. IX, c. 8 (vulgo IX). Voir Schn. I, 259-260.

³⁴⁷ Ovide, *Métam.* II, vers 13-14.

³⁴⁸ *Deuxième partie*, n° 155 à 225.

³⁴⁹ Voir plus haut, n° 202; et Th. 53, KR. 250.

³⁵⁰ Voir plus haut, CHIROB. § III, δ.

³⁵¹ *Ibid.* § III, α.

³⁵² *Ibid.* § III, α.

³⁵³ *Ibid.* § III, ζ.

³⁵⁴ *Ibid.* § I, ε et ς. La longueur de la monture est de 52 doigts. On en retranche,
 d'un côté, 28 doigts, et de l'autre 17. Il reste 7 doigts pour la longueur conservée.

³⁵⁵ Voir *Math. vet.* p. 55, KR. 254.

³⁵⁶ Voir plus haut, CHIROB. § I, ε.

³⁵⁷ Voir ci-dessus, note 354.

³⁵⁸ CHIROB. § I^{er}, β̄.

³⁵⁹ Voir le tableau détaillé des dimensions de la Chirobaliste, p. 216 et suivantes.

³⁶⁰ Voir CHIROB. § III, δ.

³⁶¹ *Ibid.* § III, δ.

³⁶² *Ibid.* § III, β̄.

³⁶³ 1 doigt = 19 millimètres. On a donc $\frac{1}{19}$ doigt = 0^m,0016, soit environ $1 \frac{1}{4}$ milli-
 mètre.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³⁶⁴ Prendre $\overline{AB} = 3$ doigts et $\overline{CD} = 2$ doigts, axes de l'ovale, et décrire sur chacun d'eux une circonférence. Dans la grande, inscrire un demi-hexagone $\overline{AM} = \overline{MN} = \overline{NB}$. Mener \overline{OM} et \overline{ON} , qui coupent la petite circonférence en K et L. Joindre \overline{CK} et \overline{CL} , et prolonger jusqu'en I et J, points de l'hexagone. Prendre $\overline{AP} = \overline{AI} =$ et $\overline{BV} = \overline{BJ}$. Joindre \overline{IPQ} et \overline{JVQ} . Les centres cherchés sont P, Q, V. — Le 4^e centre S est symétrique de Q, par $\overline{OS} = \overline{OQ}$. Le triangle \overline{PQV} est équilatéral. — La méthode est générale; mais, dans les voûtes surbaissées à plus de $\frac{1}{3}$, elle donne en I et J des *jarrets* désagréables à l'œil. On lui substitue alors l'anse à 5 ou 7 centres.

³⁶⁵ En désignant par a le demi-grand axe, par b le demi-petit axe, par R et r les rayons cherchés, on trouve

$$R = \frac{1.732 a - b}{0.732} = 2 a - r \quad \text{et } r = \frac{b - 0.268 a}{0.732}$$

Pour $b = 1$ et $a = \frac{1}{2} (3.25) = 1.625$, on trouve $r = 0.771$ et $\frac{1}{2} a = 0.812$.

La différence est donc $(\frac{1}{2} a - r) = 0.041$, soit 0^m.00078 (ou moins de 1 millimètre). Ainsi P est à $\frac{1}{4}$ de millimètre du milieu de \overline{AO} .

On trouve de même $R = 2.48$. Or $a + b = 2.625$. On a donc $\overline{QX} = 0.00276$. Le centre Q est donc très-voisin de la circonférence du grand diamètre.

³⁶⁶ Sur le grand axe, supposé *seul connu*, décrire une circonférence $\overline{AMB N}$. Prendre C et D milieux de \overline{OA} et de \overline{OB} . Mener \overline{MN} perpendiculaire à \overline{AB} . Joindre \overline{NC} et \overline{ND} . Les trois centres sont C, N, D. Prendre M symétrique de N. Les arcs \overline{KAE} et \overline{HBF} déterminent \overline{EF} et \overline{KH} , et par suite le demi-petit axe est \overline{OG} . L'*excentricité* \overline{CD} de l'ovale est égale au demi-grand axe. — Cette propriété suffit pour caractériser l'OVALE ANTIQUE : ses 3 centres sont les sommets d'un triangle de base égale à sa hauteur.

³⁶⁷ On a, en effet :

$$R = a + b, \quad R = \overline{CN} + \overline{CE} \quad \text{ou} \quad R = \overline{CN} + \frac{a}{2},$$

or

$$\overline{CN} = \sqrt{\overline{CO}^2 + \overline{ON}^2} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + a^2} = \frac{a\sqrt{5}}{2},$$

d'où

$$R = \frac{a}{2} + \frac{a\sqrt{5}}{2} = 1.62 a$$

et

$$b = R - a = 0.62 a.$$

donc

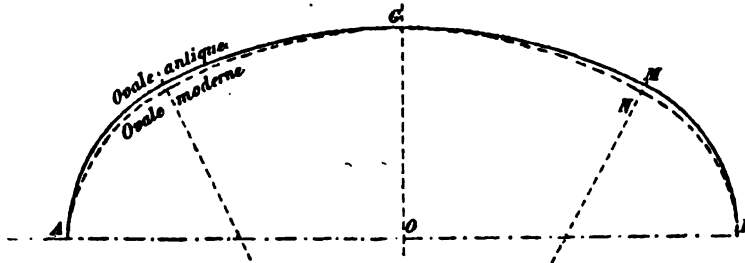
$$\frac{b}{2a} = 0.31.$$

³⁶⁸ En superposant l'ovale antique de 0.31 de montée, avec celui obtenu pour les mêmes dimensions à l'aide du tracé moderne, on trouve que la courbe antique enveloppe l'anse moderne, dont elle s'écarte notablement au droit de la soudure des arcs (voir fig. 55). La courbe antique offre donc *plus de débouché* que l'anse moderne, sans la moindre apparence de *jarret*. L'anse à 3 centres ne s'applique jamais aux voûtes pour

un surbaissement inférieur à $\frac{1}{3}$ ou 0.33, auquel on peut substituer toujours celui de 0.31, qui présente les avantages ci-dessus.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Fig. 55. Comparaison de l'ovale antique avec l'anse de panier moderne.



³⁶⁹ Mon savant et très-regretté maître, feu M. Morandière, Inspecteur général des ponts et chaussées, a bien voulu me signaler un rapprochement curieux entre les deux méthodes ci-dessus comparées. Chacune d'elles est un cas particulier du *procédé général* suivant (voir fig. 29, p. 155) : — Décrire des circonférences sur les 2 axes. Prendre \overline{MN} corde quelconque PARALLÈLE à \overline{AB} . Joindre \overline{OM} et \overline{ON} , qui coupent en K et L la circonférence décrite sur le *petit axe* \overline{CD} . Joindre \overline{AM} et \overline{NB} ; puis mener \overline{CK} et \overline{CL} , prolongées jusqu'en I et J, intersections avec \overline{AM} et \overline{NB} . Enfin, par I et J, mener \overline{IP} et \overline{JV} , parallèles à \overline{OM} et à \overline{ON} . Prolonger \overline{IP} et \overline{JV} en Q. Les 3 centres cherchés sont P, Q, V.

Voir d'ailleurs la note et l'épure consacrées par l'éminent ingénieur à l'anse de panier d'Héron d'Alexandrie, p. 173 et pl. XXXIV (fig. 3), tome I, de son savant *Traité de la Construction des ponts et viaducs en pierre, etc.* (Paris, in-4°, 1874, Dunod).

³⁷⁰ CHIROB. § III, ε.

³⁷¹ *Ibid.* § III, η.

³⁷² *Id. ibid.*

³⁷³ CHIROB. § III, ζ.

³⁷⁴ *Ibid.* § IV, α.

³⁷⁵ *Ibid.* § III, α.

³⁷⁶ *Ibid.* § III, γ.

³⁷⁷ Voir plus haut, 2^e partie, n° 180; et *Math. vet.* 132; KR. 218, W. 94.

³⁷⁸ CHIROB. § III, ε. — Le cadre des *καυέστρια*, de dehors en dehors des brides, mesure 4 doigts de largeur, savoir :

Intervalle des montants	3 $\frac{1}{2}$ doigts.
Épaisseur des 2 montants	0 $\frac{1}{4}$
Épaisseur des 2 branches d'étrier	0 $\frac{1}{4}$
Épaisseur des 2 brides	0 $\frac{1}{4}$
ENSEMBLE	<u>4 doigts.</u>

³⁷⁹ CHIROB. § III, ε.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

³⁸⁰ CHIROB. § III, η.

³⁸¹ *Ibid.* § III, ε.

³⁸² *Ibid.* § III, γ.

³⁸³ C'est la *saillie du creux sphérique au-dessous de l'étrier*. La *profondeur totale du creux* de la *chape* est donc de

$$\frac{2^4}{3} + \frac{2^4}{3} = \frac{4}{3} \text{ doigt.}$$

³⁸⁴ Notamment du manuscrit 2438 de Paris, dont M. Vincent (*Chirob.* pl. IV) a publié la figure. Dans ce cas, *κλίσιδος* rappellerait simplement une *surface de révolution*.

³⁸⁵ CHIROB. § III, ζ.

³⁸⁶ Le mot *συμφυής*, dans les auteurs techniques, se dit tantôt de deux *parties d'un objet faisant corps* entre elles, tantôt de deux *pièces assemblées par un moyen artificiel*.

³⁸⁷ CHIROB. § III, ζ, et note 3g du commentaire paléogr. — α' δ' (Thév.) $\bar{\alpha}$ και δ' ou $\bar{\alpha}$ και δ' (Vincent, Wescher).

³⁸⁸ *Poliocét.* p. 130.

³⁸⁹ CHIROB. § IV, note * de la traduction française.

³⁹⁰ CHIROB. § IV, α.

³⁹¹ CHIROB. § IV, γ.

³⁹² *Ibid.* § IV, γ.

³⁹³ *Ibid.* § IV, γ.

³⁹⁴ *Ibid.* § IV, ε.

³⁹⁵ Cette méthode de *découper d'un seul morceau* une pièce, avec ses *appendices*, apparaît, dès le § I de la *Χειροβαλλίστρα*, dans la description du mode de confection du *tasseau*, *découpé sous la coulisse* (voir § III, note l de ma traduction française). Elle s'applique également aux *arcs-boutants* de l'échelette, et sans doute à la *voûte* du *καμάριον* (*portique*). De toutes les manières *d'assembler* ces divers *appendices* avec leurs *maîtresses pièces*, le *découpage* est certainement *la plus sûre et la plus économique*.

³⁹⁶ CHIROB. § IV, γ.

³⁹⁷ M. Vincent (*Op. cit.* p. 5g) conclut de là que le texte présente en cet endroit une lacune, qu'il essaye de combler en donnant aux longerons une *épaisseur* de 2 doigts et aux *tenons* (*sabots*) une *longueur* de 2 doigts. A son exemple, M. Wescher indique la lacune par des points suspensifs : *πάχος δέ . . . ἐκάστων τῶν κτλ.*, sans chercher à la remplir. Il n'y a pas de lacune ici, *la figure donnant, dans l'intention de l'auteur, la forme exacte des sabots*.

³⁹⁸ En effet, par hypothèse (fig. 35), J est à $(2\frac{1}{4} + 3) = 5\frac{1}{4}$ doigts de \overline{DC} , et à 1 doigt de \overline{AD} . Car E est à 1 doigt de \overline{DC} ; $\overline{EK} = 1$ doigt $\frac{1}{4}$, et $\overline{KJ} = 3$ doigts.

Ensemble $(1 + 1\frac{1}{4} + 3) = 5\frac{1}{4}$ doigts.

$$\sin \overline{ADJ} = \frac{1.00}{5.25} = 0.18105.$$

d'ou

$$\overline{ADJ} = 10^{\circ}26'.$$

et

$$\overline{JD} = \sqrt{1 + \left(5\frac{1}{4}\right)^2}$$

$$\overline{JD} = 5.345 \text{ doigts} = 5\frac{1}{3} \text{ doigts.}$$

Comme $\overline{FDA} = 26^\circ 34'$, il vient $\overline{LDJ} = 10^\circ 26' + 26^\circ 34' = 37^\circ 0'$.

On a donc

$$\overline{LD} = \overline{JD} \cos 37^\circ.$$

$$\overline{LD} = 5.345 \times 0.799 = 4.27 \text{ doigts}$$

D'où

$$(1) \quad \overline{\beta G} = \frac{2.27}{2} = 1^d.135 \quad \text{et} \quad \overline{\beta D} = 3^d.135.$$

Or, en supposant que $\overline{\beta \gamma}$ passe par \overline{P} , on a

$$\overline{PD} = 3\frac{1}{2} \text{ doigts,}$$

et

$$\overline{\beta G} = \overline{PD} \cos \overline{\beta DP} = 3^d\frac{1}{2} \times \cos 26^\circ 34'$$

$$(2) \quad \overline{\beta G} = 3.50 \times 0.894 = 3^d.13.$$

Les valeurs (1) et (2) de $\overline{\beta G}$ sont donc identiques.

³⁹⁹ Le *cosinus* du biais $\alpha = 26^\circ 34'$ est en effet 0,894; soit, en nombre rond, les $\frac{9}{10}$ du rayon.

⁴⁰⁰ Voir *Math. vet.* p. 43; KR. p. 250.

⁴⁰¹ Schn. t. I, p. 294 : « *Exterioris regulæ latitudo et crassitudo tantumdem : longitudo quam dederit ipsa versura deformationis et parastatæ latitudo ad suam curvaturam.* » Le mot *parastatæ* n'est pas certain. Les manuscrits de Paris 7227 et 10277 donnent *parastaticæ*. La leçon vraie serait *peritreti*, et le passage se traduirait ainsi : « La longueur (de la base extérieure du trapèze) résultera de la grandeur du biais (des ailes) et de la largeur de l'écusson (*peritreti*) en fonction de sa courbure (latérale). »

⁴⁰² CHIROB. § IV, $\overline{\eta}$.

⁴⁰³ C'est la longueur, suivant la corde, de la *côte arquée extérieure*. L'auteur ne l'indique qu'en vue de la *planchette à découper* pour confectionner les *arcs-boutants*. Il indique également, par des longueurs *droites*, les portées des *étriers* et des *leviers balistiques*.

⁴⁰⁴ Voir CHIROB. § IV, note o de la traduction française.

⁴⁰⁵ M. Vincent (*Op. cit.* p. 61 et pl. III, fig. 8) fait des arcs-boutants des équerres doubles, simulant les *chapiteaux* des *colonnnettes*. Il leur donne « 8 ou 9 (?) doigts de longueur. » Dans son *Comment. paléogr.* (*ibid.* p. 60, note 20), il se demande si la vraie longueur n'est pas $\overline{1\bar{a}} = 11$ doigts. Dans ma première édition, j'avais corrigé \bar{a} de Thévenot en $\overline{1\bar{a}}$, provenant du rétablissement de l'*iota* et de la correction onciale $\overline{A} = \overline{\Delta}$.

⁴⁰⁶ Voir *Math. vet.* p. 138; KR. p. 228; W. p. 105 et n° 195 du présent ouvrage.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

¹⁰⁷ Entre la *planchette* des arcs-boutants et le *dessus* de la monture, il y a un *intervalle* de 1 doigt, occupé par une *fourrure* ou *tasseau* indiqué par les figures de tous les manuscrits. Sa longueur étant de $4 \frac{1}{4}$ doigts, il convient de lui donner $2 \frac{1}{4}$ doigts de largeur. Au droit du *tasseau* les arcs-boutants présentent également une *entretoise* de même largeur, *découpée dans la planchette* et *clouée* avec le tasseau *sous la monture*.

¹⁰⁸ Le *gril* est en arrière de la *cage*, suivant la tradition de l'*euthytone*. M. Vincent (*Op. cit.* pl. III, fig. 9, et pl. IV, fig. 2) tourne les arcs-boutants à contre-sens.

¹⁰⁹ CHIROB. § IV, β̄. Voir aussi note *g* de la traduction française du même paragraphe.

¹¹⁰ CHIROB. § IV, ε̄.

¹¹¹ D'après Philon (Th. 53 et 55, KR. 250 et 254, et n° 206 du présent ouvrage), le bâti du *palintone* a $5 \frac{1}{2}$ modules de hauteur *en dedans*, et le bâti de l'*euthytone* $3 \frac{1}{2}$ modules. Selon Vitruve (Schm. t. I, 290), la hauteur en dedans de ce dernier est de 4 modules. Vitruve semble d'accord avec Philon pour les $5 \frac{1}{2}$ modules du *παλιντρονον*. Le bâti ou *portique* de la chirobaliste, *moins long* comparativement que celui du *palintone*, doit aussi se trouver *plus surbaissé*.

¹¹² Ces quantités correspondent à 2, 2², 2³ et 2⁴.

¹¹³ CHIROB. § III, β̄.

¹¹⁴ CHIROB. § I, β̄.

¹¹⁵ CHIROB. § IV, δ̄, et note *k* de la traduction française.

¹¹⁶ Une distraction de copiste est ici d'autant plus probable, que la phrase précédente (§ IV, ε̄), relative à l'*entretoise* de l'échelette, se termine déjà par les mots τὸ δὲ πλάτος δακτύλου δύο ἡμισυ ou \overline{BC} , séparés du passage ci-dessus par une ligne et demie seulement. Le copiste a donc pu emprunter à la phrase précédente le dernier membre de celle des colonnettes, lequel est identique, sauf la dimension finale. La confusion de δακτύλο YC \overline{BC} avec δακτύλο NENA serait inadmissible.

Le § IV (Καμάριον et Κλιμάκιον) présente, dans tous les manuscrits, la trace de plusieurs distractions des copistes. La confusion des lettres indicatives de la division *εἰς τρία ἴσα* en est un exemple. Mais ces distractions proviendraient d'un *manuscrit original unique*, quoiqu'elles se retrouvent dans les *deux séries* de manuscrits, considérées pourtant comme *dérivant* d'une double *source primitive*.

¹¹⁷ Πάχος conviendrait mieux ici que πλάτος : τὸ δὲ πάχος δάκτ. ἕνα.

¹¹⁸ CHIROB. § IV, δ̄.

¹¹⁹ *Introd. hist.* n° 124 à 131.

¹²⁰ CHIROB. § IV, β̄, et note *f* de la traduction française.

¹²¹ *Ibid.* § IV, β̄ et note *g* de la traduction française.

¹²² *Ibid.* § IV, ᾱ.

¹²³ *Ibid.* § IV, β̄.

¹²⁴ Voir plus haut, note ¹²⁰. Ma première conjecture sur la *forme du toit*, après avoir rétabli l'*orientation* des καμβέστρια, fut que l'*aile* était peut-être *découpée en patte de scorpion*, rappelant le *nom primitif* de la *manubaliste*. L'examen de l'*insecte* m'a convaincu que *ses pattes* se refusent absolument à la *pose* requise par le *biais palintone* (voir fig. 16). Néanmoins, dans l'*euthytone*, appelé aussi *scorpion* par la Belpée, ἀπὸ τῆς

περι τὸ σχῆμα ὁμοίωτος, les pattes de l'insecte pouvaient très-facilement figurer sur la tablette supérieure du bâti, dont le centre était évidé en voûte, simulant peut-être le dos même du scorpion. Dans ces conditions, le scorpion primitif fut euthytone. Mais sa transformation en palintone à battants courts et à cage plus longue, avec les faisceaux relégués dans les ailes, fit abandonner l'ornement primitif, et l'on y substitua la double main symbolique, qui fit nommer l'engin χειροβαλλίστρα. La longueur de sa cage est moyenne entre celles du palintone et de l'euthytone. La machine est euthytone par sa monture et sa largeur réduite, et palintone par l'orientation de ses battants. Quant aux bras raccourcis, le principe en est très-ancien. Plutarque appelle σκορπίους βραχυτόνους les scorpions employés par Archimède dans la défense de Syracuse.

⁴²⁵ Il est très-remarquable que les lignes du contour de la main et de l'avant-bras concourent toutes, soit aux sommets du rectangle enveloppant l'échelette, soit en des points de son périmètre déjà rencontrés par des lignes de l'épure rigide. J'ai expliqué (Introd. histor. n° 131 à 141) comment les anciens, à ce qu'il semble, réussissaient à concilier la nature de l'attitude d'un objet vivant avec les formes mortes d'un objet rigide, auquel ils le voulaient associer, en cherchant à le suspendre, en quelque sorte, par des attaches idéales, aux axes principaux du cunevas géométrique. Dans la χειροβαλλίστρα, l'attitude de la main est toute naturelle. Elle tient le ressort, dont ses doigts semblent provoquer la flexion. La position du ressort a déterminé l'attitude de la main. Quant à l'avant-bras, il va rejoindre sans affectation les flancs de la voûte. Il est certain que le tracé de l'échelette, des sabots, du gril et de la voûte, a été déduit après coup de la silhouette des mains décoratives, préalablement étudiée par un habile artiste. L'ingénieur a succédé au statuaire, mais il s'est conformé à ses indications. Les lignes du contour de la main, orientées sur les sommets remarquables de l'épure, étaient ainsi retrouvées sans tâtonnement, et avec toute leur pureté, par l'artisan chargé de les découper dans la tablette du toit.

⁴²⁶ Math. vet. 55; KR. 254 et n° 224 du présent travail.

⁴²⁷ Par la formule $R = \frac{c^2 + f^2}{2f}$, en posant $c = (\frac{1}{3} \text{ corde}) = 8^d$ et $f = (\text{flèche}) = 4^d$.

⁴²⁸ CHIROB. § I, ε̄, et note l de la traduction française.

⁴²⁹ Id. Ibid. L'hypothèse erronée de M. Vincent donnerait à la coulisse une section courante démesurée (67^{mm} sur 86^{mm}).

⁴³⁰ Ce mode d'assemblage n'est point mentionné dans le texte. C'est le plus simple de tous, et partant le plus vraisemblable.

⁴³¹ CHIROB. § I, γ̄.

⁴³² Dans l'euthytone, le module était de $\frac{1}{3}$ de la longueur du trait (Voir plus haut, n° 220.)

⁴³³ Dans l'arc, c'est la baguette du trait qui mesure la course totale de la corde, témoin Ammien Marcellin, Rer. gest. xxv, 1, cité note ¹⁵ du présent travail.

⁴³⁴ Voir fig. 55.

⁴³⁵ Χειρολάβη, manette. Outre la conformité étymologique, l'usage de la pièce en question rend le mot manette préférable à poignée. Une manette se tient, en effet, avec les doigts rabattus, sans le concours du pouce, comme dans le cas actuel. Une poignée exige l'intervention de toute la main, comme une tige ou un manche allongé.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

⁴³⁶ CHIROB. § II, \bar{a} , et note b de la traduction française.

⁴³⁷ Le texte ne dit rien de ce *bouton d'amarrage* du tiroir. A la vérité, il exige que le tiroir soit à *fond de course*, tandis que, dans les engins *névrotones*, les *crémaillères* latérales de la *monture* et les *cliquets* du *tiroir* permettaient de fixer le *bandage* de la machine à un *degré quelconque*, suivant la portée à atteindre. Rien ne fait supposer que la chirobaliste fût munie de ce mécanisme compliqué et lourd.

⁴³⁸ La cote $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{I}\bar{A}$ ou $\bar{i}\bar{a} = 11$ doigts est donnée par les manuscrits de Paris 2438, 26 *suppl. grec* et 224 *suppl. grec*, ainsi que par l'édition de Baldi. Les autres manuscrits et Thévenot donnent $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{E}$ ou $\bar{e} = 5$ doigts, qui correspondent à la *queue de la gâchette* et non au point d'encastrement de la fourchette, expressément indiqué par Héron. M. Wescher écrit $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{E}$.

Dans ma première édition, j'avais respecté la cote de Thévenot. Mais, comme je plaçais alors la cage à 17 doigts de la crosse, au lieu des 28 doigts que j'observe aujourd'hui, ma batterie ne présentait pas la longueur exagérée que la leçon $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{E}$ ferait rejeter comme impraticable. On verra plus loin pourquoi, dans la chirobaliste, la batterie a une forme nécessairement allongée. On verra également que la cote $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{i}\bar{a}$ correspond exactement à la longueur nécessaire. M. Vincent l'a adoptée pour la *gâchette* et son *pivot*; mais il place le serpentéau en retraite sur ces deux pièces, à la distance $\delta\alpha\kappa\tau\acute{\upsilon}\lambda\omega\nu \bar{e}$ de la queue du tiroir. C'est en intervertissant la position des deux pièces qu'il tient compte de la dernière dimension, sans respecter la première, qui n'apparaît que dans son texte et dans sa traduction française.

⁴³⁹ Voir plus haut, n° 370, alinéa g .

⁴⁴⁰ Dans ma première édition, la *gâchette* pivote horizontalement. Mais il en résulte une forme peu naturelle pour la *fourchette*, qu'il faut d'ailleurs entailler dans le flanc du tiroir. Mon interprétation définitive répond complètement aux données graphiques des manuscrits.

⁴⁴¹ Le point Π d'encastrement du pivot du serpentéau est ainsi défini de position par l'auteur : *Κατὰ τὸ Π . . . ἀπεχὸν τοῦ M δακτύλου $\bar{\Delta}$* . Or, précédemment, Héron désigne la *gâchette* par *τὴν ΚΑΜ σχαστήριον*, et son bec par *ἐντομὴν τὴν ΔΜ*. Il dit d'ailleurs nettement que toutes les distances et notations se marquent en s'éloignant de la manette, *ἀποστήσαντες ἀπὸ τῆς χειρολάβης*. Le point M désigne donc la *pointe antérieure du bec*.

⁴⁴² Voir plus haut, *Serpentéau*, a , n° 377.

⁴⁴³ Voir plus haut, *Tiroir*, n° 368.

⁴⁴⁴ *Math. vet.* p. 117.

⁴⁴⁵ La première *équerre en U* est donc l'*amurre* de la seconde. C'est la fonction évidente que lui assignent les figures des manuscrits. M. Vincent a admis le fait, mais il rend le *πιτάριον mobile*, en le faisant pivoter sur l'*urrière*, par ses branches latérales, autour d'un axe traversant le tiroir. L'*avant* est articulé avec une sorte de *boucle*, dont M. Vincent fait la *buscule* du système. Mais ce mécanisme est invraisemblable, car il ne présente aucune stabilité.

⁴⁴⁶ Ceux de Médicis et du Vatican, ainsi que les manuscrits de Paris, c'est-à-dire la

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

série de *recension officielle*, donnent des *κωνοειδῆ* une figure beaucoup plus rationnelle que les manuscrits plus anciens de l'autre groupe. L'hypothèse d'une *broche allongée, courbe, munie d'un crochet* et adaptée à une sorte de *poire écourtée*, ressort tout naturellement de la forme indiquée par la 1^{re} série. M. Wescher (*Op. cit.* p. 132-134) a eu l'heureuse idée de reproduire la figure des *κωνοειδῆ*, en deux dessins tirés des deux groupes.

⁴⁴⁷ Ces saillies des *κωνοειδῆ* sont aujourd'hui, pour la première fois, expliquées.

⁴⁴⁸ CHIROB. S V, β̄, et note b de la traduction française.

⁴⁴⁹ Voir note 297.

⁴⁵⁰ D'une manière analogue, on appelle *bourrelet* ou *tulipe* en artillerie, le profil du *renflement* ou *bourrelet* voisin de la bouche d'un canon.

⁴⁵¹ Le bourrelet de *bronze* comprimant la gorge d'*acier* du ressort, produisait un frottement *minimum*. Il est peu probable que les anciens en eussent, sinon conscience, du moins une idée instinctive.

⁴⁵² Ici encore l'auteur mesure la *pièce arquée* suivant la *corde de l'arc*, comme il l'a fait pour la portée des *étriers* et pour la *courbe des arcs-boutants* du *gril*.

⁴⁵³ Il paraît certain que les anciens employaient des *boulons* et *écrous à pas de vis*. Ce qu'Archimède avait fait en grand pour le lancement d'un vaisseau (Athénée, *Dipnos*, v, 4) ses confrères le pratiquaient en petit, en utilisant l'effet du *serrage de la vis dans son écrou*. Biton (Wescher, *op. cit.* p. 49) parle d'une *vis de fer, κοχλίας σιδηροῦς*, de $\frac{1}{3}$ pied = 0^m.10 de diamètre, *ajustée dans des écrous de serrage* : *ἔιχε δὲ τὴν διάμετρον ὁ κοχλίας πωδὸς τρίτον μέρος, ἐνηρμοσμένος ἐν ἐπιτονοῖσι*. Une seconde vis, symétrique à la précédente, servait à armer le *pierrier* (*λιθοβόλον*) construit à Thessalonique par Isidore d'Abydos. Biton était contemporain d'Attale (probablement Attale I^{er}, roi de Pergame, 211-198 avant J. C.), à qui il dédie son traité *Κατασκευὴ πολεμικῶν ὀργάνων καὶ καταπαλτικῶν*.

⁴⁵⁴ Voir n° 331, *Orientation des καμβέσθρια*.

⁴⁵⁵ On voit encore ici la petite influence de l'incertitude *micrométrique* de l'épaisseur des lames des ressorts.

⁴⁵⁶ M. Vincent place la *gorge* sur le *montant d'avant*, et fait passer le *conoïde* entre les deux montants, à la hauteur de la gorge. Il place le pivot dans l'axe de l'échelette, et il le forme d'un *simple filet* ou *rudiment (sic) névrotone*, soit d'un *brin de fil!* (Voir son *Op. cit.* p. 12; pl. III, fig. 8; pl. IV, fig. 1 et 2.)

⁴⁵⁷ Distance du *centre idéal* à l'*axe du tiroir*. $14 - 1 \frac{1}{4} = 12 \frac{1}{4}$ doigt

Distance du *crochet armé* au même *axe* (suivant la directrice) $3 \frac{1}{2}$

DIFFÉRENCE $8 \frac{1}{4}$ doigts.

⁴⁵⁸ L'angle de 53° 8' est remarquable par la simplicité de ses lignes trigonométriques. En l'appelant 2α, on a

$$\sin 2\alpha = \frac{4}{5}, \quad \cos 2\alpha = \frac{3}{5}, \quad \text{tang } 2\alpha = \frac{4}{3} \quad \text{et} \quad \cot 2\alpha = \frac{3}{4}.$$

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Les anciens pouvaient donc le construire de 4 manières différentes. De là leur préférence pour cet angle, ainsi que pour sa moitié $\alpha = 26^{\circ} 34'$, telle que $\tan \alpha = \frac{1}{2}$, et $\cot. \alpha = 2$. Le battement de l'euthytone mesure $36^{\circ} 52'$.

Celui de la chirobaliste en est donc le complément :

$$53^{\circ} 8' + 36^{\circ} 52' = 90^{\circ}.$$

Le battement du palintone est double de celui de l'euthytone, c'est-à-dire de $73^{\circ} 44'$. La moyenne entre l'euthytone et le palintone est de $55^{\circ} 18'$.

Le battement de la chirobaliste est donc, à $\frac{1}{11}$ près, la moyenne entre ceux de l'euthytone et du palintone; de même que l'entr'axe des ovales de l'engin est la moyenne entre les entr'axes des faisceaux palintone et névrotone. (Voir plus haut n° 332.)

⁴⁵⁹ Voir plus haut, note ²¹⁹.

⁴⁶⁰ De re milit. iv, 22.

⁴⁶¹ Math. vet. 56, et KR. 256.

⁴⁶² La règle de $\frac{1}{4}$ de la longueur du trait n'est pas applicable au diamètre des flèches des engins à ressorts. Leur trait est plus fort que celui des anciennes machines, témoin le carreau des arbalètes du moyen âge. Il était nécessaire de laisser au projectile une certaine masse et d'employer une corde archère d'une certaine résistance. Le diamètre du trait, à la queue, était triple environ de celui de la corde.

⁴⁶³ M. Vincent (Op. cit. 42-43) assigne au module de la chirobaliste 2 doigts, en donnant cette dimension à la rondelle plate et évidée qu'il substitue aux ovales des $\kappa\alpha\mu\beta\acute{\epsilon}\sigma\tau\rho\iota\alpha$. Il calcule ensuite à 18 doigts la longueur du trait, et le module par la formule du $\pi\alpha\lambda\iota\nu\tau\omicron\nu\omicron\nu$ et pour le poids m , savoir : $\mu = 1.10 \sqrt{100 m}$. (Voir plus haut, note ²¹⁹.) Pour $m = 2$, on trouve $m = 0.06$. La mine valant 100 drachmes, le poids m vaut donc 6 drachmes. La chirobaliste avait donc la force d'un palintone de 2 doigts, lançant un projectile de 6 drachmes; mais il ne s'ensuit pas que le module de l'engin fût de 2 doigts, ni que la longueur du trait fût de 18 doigts.

⁴⁶⁴ Le centre de gravité de la baguette tronconique partage la tige dans le rapport de 31 à 35. Il est donc à $\frac{2}{3}$ de la queue. La section a 11 millimètres de diamètre. La tige, tourillon compris, mesure 238 millimètres.

Le bois cube donc

$(95^{mm}) \times 238 = 22,610^{mm^3}$, soit	22 ^{cc} .60
Ajoutons pour les ailettes	2.40
Cube du bois	25 ^{cc} .00

L'osier pèse 0.543, le peuplier 0.600, le saule de 0.571 à 0.585; moyenne des bois légers, de 0.550 à 0.600. La densité de 0.580 donnerait

$25 \times 0.580 = 14\frac{1}{2}$ grammes, soit	15 ^{gr} .00
A reporter	15 ^{gr} .00

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Report..... 15^r.00

La douille du fer cube pleine :

(63^{mm}) × 10 = 630^{mmc}

Vide... (38.50) × 10 = 385

Reste 245^{mmc} = 0^{cc}.245

A la densité de 7.80, poids = 1.91, soit..... 2 .00

La base du dard mesure $\frac{1}{4}$ (28 × 9) = 126^{mmq}

Son cube est donc

• $\frac{1}{4}$ (126^{mmq}) 28. = 126 × 9 $\frac{1}{4}$ = 1^{cc}.17

Soit 1 $\frac{1}{4}$ centimètre cube.

Poids 1.20 × 7.80 = 9^r.36, soit..... 9 $\frac{1}{4}$

Poids total..... 26^r $\frac{1}{4}$

La drachme valant 4^r.363, le poids du trait était de $\frac{26.333}{4.363} = 6$ drachmes.

⁴⁶⁵ M. Vincent (*Op. cit.* 43) cite des *projectiles ronds* antiques, conservés au musée du Louvre, et dont les moindres pèsent 27 grammes. M. de Longpérier en a pesé 18; les plus lourds atteignent 70 grammes. Huit autres projectiles, de la collection Campana, varient de 40 à 70 grammes.

⁴⁶⁶ Il s'obtient par la formule

$$\frac{11}{4} \times \frac{\pi}{6} x^3 = p.$$

dans laquelle $p = 27^r$ est le poids de la balle de pierre et x son diamètre en centimètres.

$$x^3 = \frac{24 p}{11 \pi} = \frac{648}{34.56} = 18.80 \text{ et } x = 2.65 \text{ centim.} = 26 \frac{1}{2} \text{ mm.}$$

⁴⁶⁷ Voir *Aid. mém. des Off. d'artillerie* (1844, p. 211).

⁴⁶⁸ Claudel (*Formules*, p. 16) estime à 80^t l'effort maximum de l'homme au moyen de ses bras. En soulevant des poids, l'effort moyen est de 20^t, avec une vitesse de 0^m.17 par seconde. Pour la chirobaliste, l'effort total de tension peut être porté à 80^t = 3 talents, dont 8^t environ, produits par le poids de l'arme, réduisent l'effort de l'homme à 72^t.

⁴⁶⁹ Voir plus haut, n° 369.

⁴⁷⁰ Voir plus haut, note ⁴⁶⁸.

⁴⁷¹ Le bras de levier de la force est $a = 1 \frac{1}{4}$ doigt. La course $c = a \text{ tang } 2\beta$, ou $c = 1 \frac{1}{4} \times 1.333 = 1^r.995$, soit $c = 2$ doigts.

⁴⁷² En effet

$$\overline{M'Q} = \lambda \sin \theta = \overline{KH} = \overline{CH} - \overline{CK} = \delta - r \cos (2\beta - \omega)$$

d'où

$$\sin \theta = \frac{\delta - r \cos (2\beta - \omega)}{\lambda}$$

Posant $\delta = 11 \frac{1}{4}$, $r = 8 \frac{1}{4}$, et $\lambda = 6 \frac{1}{4}$ doigts, on trouve

$$\sin \theta = 1.84 - 1.40 \cos (2\beta - \omega).$$

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

⁴⁷⁵ *Quelle que soit la forme d'un ressort, la flexion est toujours proportionnelle à la charge correspondante.*

⁴⁷⁶ Voir plus haut, note ⁴⁶⁸.

⁴⁷⁵ L'intégrale du travail T_ϕ de l'effort absolu serait

$$T_\phi = \frac{1}{2} \int_0^\beta \Phi. dC.$$

à la condition de pouvoir éliminer θ des trois équations ci-dessus, ce qui conduirait à une complication inextricable.

⁴⁷⁶ Voir plus haut, note ⁴⁶⁸.

⁴⁷⁷ Voir plus haut, note ⁴⁶⁸.

⁴⁷⁸ La chirobaliste ne peut guère lancer plus de 5 ou 6 flèches par minute. Le travail total serait, pour 6 coups, $4.80 \times 6 = 28^t.80$, soit 30^{km} ou $\frac{1}{5}^{km}$ par seconde.

⁴⁷⁹ Voir Claudel, *Formules*, p. 14.

⁴⁸⁰ Voir *Traité de Balistique expérimentale*, de M. Hélie; Paris, in-8°. 1865, p. 404 et suiv. Sous la vitesse initiale V et pour la portée $A = \frac{V^2 \sin 2\alpha}{g}$ dans le vide, la portée E dans l'air a pour expression générale

$$E = \frac{1}{2KV^2} (-1 + \sqrt{4KV^2A + 1})$$

avec les conditions :

$$K = \frac{3h\Delta^2}{4VP} \quad \text{et} \quad h = 0.00000462 = \frac{2 \times 7}{3 \times 10^8}$$

Δ étant le diamètre du projectile de poids P , la masse m par unité de section Σ sera

$$m = \frac{P}{g\Sigma} = \frac{4P}{\pi g\Delta^2}$$

d'où

$$\frac{\Delta^2}{4P} = \frac{1}{\pi gm} \quad \text{et} \quad KV^2 = \frac{hV}{10m}$$

Posant

$$H = \frac{\pi g}{6h} = \frac{5.1365}{h} = 1,100,700$$

il vient

$$E = -H \frac{m}{V} + \sqrt{2H \frac{m}{V} \left(A + \frac{Hm}{2V} \right)}.$$

⁴⁸¹ *Mém. cit.* p. 83. J'ai montré que ces calculs de M. Dufour ne sont pas rigoureusement exacts, par suite d'erreurs d'interprétation des données numériques de Philon de Byzance. Toutefois le savant officier a établi que tous les engins balistiques des anciens étaient réglés pour des portées fixées d'avance par la distance des lignes d'investissement des places fortes. Leurs vitesses initiales, sous tout calibre, étaient donc sensiblement égales.

⁴⁸² *Mém. cit.* p. 70, pour un boulet de 1 talent = 30 kilogrammes.

⁴⁸³ *Mém. cit.* p. 70, pour un boulet de 2 talents = 60 kilogrammes.

⁴⁸⁴ *Mém. cit.* p. 70 : L'historien Josèphe, V, 18, atteste que les machines des Ro-

ains, au siège de Jérusalem, portaient à *2 stades et plus*, soit à 400 mètres. Titus avait également établi son camp à cette distance, pour se tenir à l'abri de l'artillerie de la place.

⁴⁸⁵ *Math. vet.* p. 3; *Wesch.* p. 8.

⁴⁸⁶ Voir plus haut, note ⁴⁸⁵.

⁴⁸⁷ Je n'hésite pas à évaluer le poids en fraction simple de la *mine*, unité applicable aux projectiles ronds et aigus.

⁴⁸⁸ Τοσοῦτο τοὺς προτέρουσ ὑπερήγαγεν ὥστε καὶ τὸν ἐξαγγέλλοντα ὑπὲρ αὐτοῦ μὴ ῥαδίως πιστέυσθαι. (*Loc. cit.* note 485.)

⁴⁸⁹ Philon (*Math. vet.* p. 93) mentionne les *catapultes* de 3 et de 5 *empans*, servant à repousser les assiégeants, dans les assauts terrestres ou maritimes. Voir plus haut, note ⁴⁸⁶.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

TABLE ALPHABÉTIQUE.

Les GROS CHIFFRES renvoient aux numéros du texte. — Les gros chiffres accompagnés d'indices, tels que 306^a, renvoient aux annotations de la traduction de la *Χειροβαλλίστρα*, p. 116 à 149.

Les PETITS CHIFFRES renvoient aux notes courantes, à la fin de l'ouvrage, p. 228 et suivantes.

A

- About, *extrémité d'une pièce*, 279, 359.
Ἀγκύλη, boucle d'attache de la corde archère, 184.
Ἀγκών, bras, battant ou levier balistique, 164 = 183, 185, 187, 192, 194, 199, 206, 208, 210, 211, 216, 283, 284, 285, 286, 296, 309. (Voy. *Battant, Bras, Levier*.)
Ἀγωνοειδής, en forme de battant, 306^a. —
 Académie des inscriptions, 80.
 ————— (Collection des Mémoires présentés à l'), 69, 138.
 Acier (espagnol), 153 = 136.
 — (Bande ou ruban d'), 305^a = 299, 451.
 — (Battants d'), 216.
Ἀεροστατική, art de marcher en l'air, 326.
Ἀερότονον (*ὄργανον*), engin aérotone, mû par l'air comprimé, 74, 75, 76, 80, 120 = 75, 255, 308.
 Affût (*fixe*), 31, 52, 174, 190, 301 = 243. (Voy. *Καρχήσιον*, fig. 50.)
 — (*roulant*), 30, 31, 52, 174, 190, 301. (Voy. *Carrobalista*.)
 — (A l'), 188. (Voy. *Καρχήσιον*.)
 Afrique (Campagne d'), 295.
 Αἰεσίστρατες, ingénieur grec, 419, 420, 421 = 249, 268.
 Aide-Mémoire (La Chirob. est un), 120, 124, 129.
- Aide-Mémoire des officiers d'artillerie (Paris, 1844, grand in-8°), 179, 180, 252, 253, 467.
 Aigle (Queue d'), *terme de charpente*, 153.
 Aigu (Projectile), 400. (Voy. *Ὀξυδαλῆς*.)
 — (Engin à projectile), 24, 25, 27, 28, 31.
 Aile, *région latérale d'un engin*, 190, 331, 337, 344, 360, 365 = 188, 207, 214, 249, 424. (Voy. *Πτέρυξ*.)
 Ailette (d'une flèche), 154.
 Air comprimé, 307^a = 81. (Voy. *Ἀερότονον*.)
Alexiensis (*ager*), 142.
Ἀκαμπής, rectiligne, 307. (Voy. *Ἐυθύτονος*.)
Ἄκρον (*τὸ*), about, *extrémité, pointe*, 166, 211.
 Amarres, 164, 304, 304^c, 304^f, 378, 382 = 445. (Voy. fig. 21, 22, 23, 24.)
Amenta, câbles tordus balistiques, 82.
 AMMIEN-MARCELLIN (*Res. gest.*), 16, 17, 29, 296, 304^a, 304^d, 304^h = 15, 19, 123, 433.
 Anacréon, 403.
Ἀνά, en haut, et par extension en avant (*l'avant des machines de jet étant la partie culminante des engins*), 165, 189. HÉR. PHIL.
Ἀνάγειν, pousser en haut, en avant (voy. *Ἀνά*), 164, 170, 174, 255. HÉR. PHIL.
Ἀνακαμπή, crochet retroussé, 307. (Voy. *Ἰψος*.)

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

- Ἀνακινεῖν**, pousser en avant (voy. Ἀνά), 286.
Analogie, 324, 339, 344 = 240.
 ——— (figurative), 22, 30, 158, 296, 298, 313 = 74, 154, 188, 209, 424.
Ἀνακίπτειν, battre en remorquant, en avant (voy. Ἀνά); d'où ἀνάκλισις, 166, 183, 192, 208, 210, 216, 284, 285.
Ἀνάτρισις, entaille verticale, 275. (Voy. Τρήμα.)
Ἀνεμποδίστως, sans embarras, librement, 304. (Voy. Versatile.)
Ancre double, dans la batterie de la Chirob. 304ⁱ, 304ⁿ. (Voy. Περτάριον.)
ANGLE BIAIS (Tracé de l') du **παλίνοτονον** ou de la **BALISTE**, 180 = 201. (Voy. Versura.)
 ——— (de tir), 236, 237.
 ——— (de torsion), 241, 243, 245, 246.
Ἀνισόκυκλοι, courbe composée de cercles inégaux, ovale, anse de panier. — Anisocycli (VITR.); *Anisocycla* (?), *Anisocycles*, 25, 31, 122, 281, 282, 285, 286, 287, 294, 305^a = 29, 107, 315. (Voy. Oscillam.)
Anneau, 316. (Voy. Κρίκος.)
Ansa, collier, anneau, 296.
Ans: de panier, 133, 316, 317, 318, 319, 320. (Voy. Ἀνισόκυκλοι, Ovale et fig. 29, 30, 55.)
Ἀντερείδες, contre-fiches, jambes de force, 74. HÉR. PHIL.
Antiochus IV, 21.
Ἀντιστάτης, montant de face, de front, 176 = 193, 214. (Voy. fig. 7.)
Antistate (voy. Ἀντιστάτης), 74. HÉR. PHIL.
Ἄνω (εἰς τὸ μέρος), vers le haut, vers l'avant, 170, 189, 243. HÉR. PHIL. (Voy. Ἀνά.)
APOLLODORE (Πολιορκητικὸν), *Math. vet.* p. 13 à 42; Wescher (*Poliorc. des Grecs*, p. 137 à 193), 155.
Apollon scythe, 247.
Apollonius de Perge, 220.
 ——— de Rhodes, 245.
Appendice, 329, 330, 380.
Arbalète, 12, 13, 30, 39, 52, 53, 54, 59, 60, 141, 303^m = 173, 175. (Voy. Arcubalista, Τοξοβολίστρα et fig. 1.)
Arbalétrier, 13 = 13, 42, 67. (Voy. Arcubalistarius.)
Arc, 13, 14, 30, 31, 49, 54, 55, 141, 143, 158, 159, 160, 164, 165, 168, 169, 227, 229, 231, 232, 233, 234, 259, 275, 369, 421 = 242, 247, 249, 282, 433. (Voy. Arcus, Τόξον et fig. 1 et 12.)
 — arabe, 245.
 — égyptien, 230, 231, 232, 233. (Voy. fig. 12.)
 ——— oriental, 247.
 — **παλίνοτονον** ou **renversé** (?), 249. (Voy. fig. 12.)
 — scythique, 247.
Arcade (voy. Βᾶτι, Cage, Καμάριον, Portique), 306, 306^a, 306^b, 306^c, 306^d, 349, 356 = 39, 178.
Arcs-boutés (Ressorts), 274 = 310.
Arcs-boutants, 306^b, 306^k, 306ⁿ, 306^o, 345, 346, 347 = 359, 395, 403, 405, 407, 408, 452. (Voy. Τὰ ∞ et fig. 25, 26, 35.)
Archer, 231, 232, 233, 238, 303ⁱ, 303^m, 304^b, 304^k, 306^b, 366, 383, 405, 412, 413 = 13, 15, 18, 20, 130, 165, 175, 188, 254, 282. (Voy. Sagittarius, Τοξότης.)
Archidamus, 147.
ARCHIMÈDE, 18, 33, 68, 127, 151, 156, 228, 299, 309 = 37, 113, 243, 266, 424, 453.
ARCHITECTURA (DE) VITRUBE; édit. SCHNEIDER, Leipzig, 1808, in-8°. (Voy. SCHN. et VITR.)
Architecture antique, 309.
Architectus, ingénieur, 51.
Archytas, 220.
Arcubalista (voy. Arbalète), 12, 13, 30, 55, 56 = 13, 14, 42, 67.
Arcubalistarius, arbalétrier, 13 = 13, 42, 67.
Arcus (flexiles), 15, 57, 152. AMM. MARC.
Aristarque, 306^m.
Ariston, 249. (Voy. Βελοποιικῶν λόγοι Δ̄ και Ε̄.)
Aristophane, 1.
Aristote, 145.
Armatures, 76, 177, 178, 181, 182, 183, 192, 218, 252, 255, 274, 279 = 293.
Armes (à feu), 154 = 23.
 ——— (de jet), 5, 243.
 ——— (de jet portatives), 18, 31, 54, 141, 142, 174, 235, 279, 294, 295, 306^b, 310, 413, 422 = 61, 282.

- Ἀρμοσίδος**, *assemblé, articulé*, 303, 303^a, 303^b, 304, 304^b, 305, 307. HÉR. PHIL. (Voy. Συμφυής.)
- Arguée** (Forme), 384, 388, 394 = 152, 452. (Voy. Σεληνοειδής.)
- Ἄρβην**, *pièce mâle*, 125, 303, 303^a = 154. (Voy. *Masculus*.)
- ARRIEN** (*Anab.*), 132.
- Arrière** (En), ou *en bas* (dans les machines de jet), 163, 207. (Voy. Κατά.)
- (L'), ou *le bas* d'une machine de jet, 331, 365, 368, 370, 373, 374, 376, 383 = 183, 215, 232, 240, 283, 297, 359. (Voy. Κατά.)
- Arrondi** (Angle), 340, 367, 373 = 201.
- Articulation** (voy. Ἀρμοσίδος), 303^a. (Voy. Ἀνεμοποδίστος, *Versatile*.)
- Artillerie** (antique ou gréco-romaine), 3, 79, 126, 141, 143, 152, 154, 155, 156, 157, 248, 249, 301, 304^a, 306^b, 306^c, 310, 311 = 89, 106, 149, 279, 483. (Voy. Τὸ Καταπαλτικόν.)
- (de campagne ou volante), 12 = 89.
- (du moyen âge), 59.
- (Musée d'), 4, 78 = 148.
- Assaut** (par terre ou par mer), 488.
- Ἀταξία**, *calme, paix de l'âme ou du cœur, paix politique*, 143. HÉR. D'ALEX.
- ATHÉNÉE** (*Περὶ Μηχανημάτων; Math. vet.* p. 1 à 12; Wescher [*Poiorc. des Grecs*], p. 3 à 41), 155, 303^a, 419, 421 = 149, 223, 243, 268, 487.
- ATHÉNÉE** (*Dipnosoph.* Strasbourg, SCHWEIGH. 1801-1807, in-8°), 133, 134, 139, 247, 266, 345, 453.
- Attale I^{er}**, 453.
- Attaque** (des places), 266.
- Attelage** d'artillerie antique, 15 = 16.
- Auricula**, *oreillette, bride*, 305.
- Authenticité** (de la Chirob.), 121, 130.
- Αὐτόματα**, *automates*, 123, 129 = 139, 149. HÉR. D'ALEX.
- Automatiques** (Mains), 120.
- Avant-bras**, 298, 300, 361, 362, 363, 364, 394 = 425.
- Avant** (En), ou *en haut* (dans les machines de jet), 165, 168. HÉR. PHIL. (Voy. Ἄνά.)
- (L'), ou *le haut*, 183, 240, 288, 359. HÉR. PHIL. (Voy. Ἄνά.)
- Axe** (ou plan du tir), 245, 246, 247.

B

- Balançoire**, 290. (Voy. Ἀεροβατική, *Oscillum*.)
- BALDI**, ÉDITEUR PRINCEPS de Ἡρώνος Χειροβαλλίστρας κατασκευὴ καὶ συμμετρία (Augsbourg, 1616, petit in-4°), 6 à 11, 32 à 47, 56 à 72, 85 à 89, 103 à 116, 302 à 309, 330 = 6, 36 à 48, 65 à 103, 156 à 161, 180, 438.
- Baguette** (de flèche), 369, 398 = 433, 464. (Voy. *Sagitta*.)
- Bâiller**, 293. (Voy. *Oscitare*.)
- Balista**, 305^a = 243, 277, 332. (Voy. Βαλλίστρα, Βολίστρα.)
- Baliste**, engin πάλιντονον, 4, 11, 12, 14, 15, 20, 27, 49, 123, 143, 145, 175, 237, 240, 295, 301, 361 = 15, 17, 30, 36, 126, 149, 166, 268, 313, 332. (Voy. Πάλιντονον, Βολίστρα.)
- BALISTE** (À MAINS), 361 = 61. (Voy. *Chirobaliste, Manubaliste*.)
- Βαλλίζειν**, *sauter*, 70. (Voy. Βαλλίστρα.)
- Balistaricus**, *servant de baliste*, 16.
- Balistique** appliquée, 152, 155, 158 = 249.
- Balle** (antique), 400 = 61.
- (moderne), 237, 399.
- Βάλλειν**, *jeter, lancer un projectile*, ΔΙΓΗ ou ROND, 20, 70.
- Βαλλίστρα**, *baliste*, 70, 89, 126. — *Ballistra*, 49.
- Bandage** (ou *mise au bandé*) d'un engin, 52, 53, 54, 125, 173, 174, 227, 242, 245, 246, 249, 256, 257, 258, 265, 274, 303^a, 304^b, 305^a, 383, 391, 401, 405 = 175, 183, 212, 247, 279, 437.
- BARBARO** (VITRUBE, trad. ital. Venise, 1566, in-folio, avec comm.), 200, 315.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Barillet (voy. *Χοινιάς*), 173, 175, 183, 185, 191, 197, 204, 249, 255, 256, 258, 279, 299, 301, 305^a, 305^b, 306^f, 312 = 203, 204, 225, 229, 277, 279. (Voy. fig. 8 et 54.)

Barreau, 306^l = 277. (Voy. *Διαπήγιον*, *traverse*.)

Bas (En), 163, 189. (Voy. *Κατά*.)

Bas-reliefs, égyptiens et assyriens, 165. (Voy. fig. 5o et 12.)

— de la colonne Trajane, 52, 77, 78, 122, 301. (Voy. fig. 18.)

Bascule, *mécanisme de détente d'un engin*, 304^f, 304^h, 304ⁿ, 348, 377, 378, 381, 382, 383, 392, 394 = 359, 445. (Voy. fig. 21 et 22.)

Bases, *base, pied ou partie inférieure d'un objet*, 307, 307^a, 307^b, 342, 357 = 206, 232. HÉR. PHIL. (Voy. *Καρχήσιον*, *Affût*.)

Bâti (voy. *Arcade*, *Cage*, *Portique*), *loge des faisceaux névrotiques dans les gros engins*, 34, 76, 79, 122, 166, 173, 175, 180, 185, 194, 197, 254, 273, 274, 299, 300, 306^e = 166, 182, 186, 207, 214, 277, 283, 293, 411. (Voy. *Πλινθιον* et fig. 9.)

Battage (des cordons névrotiques), 181.

— (à froid des métaux), 271, 272, 277, 278 = 295, 304, 305, 306.

Battant unique (Machine à), 295 = 149, 186. (Voy. *Μονόγων*.)

Battants, *bras ou leviers balistiques*, 76, 77, 79, 84, 124, 164, 170, 171, 172, 174, 176, 179, 185, 193, 209, 210, 211, 225, 241, 264, 273, 275, 280, 299, 305^a, 305^b, 306^j, 307^a, 307^b, 307^d, 327, 331, 333, 384, 385, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 404, 405 = 81, 148, 166, 182, 186, 195, 206, 207, 210, 219, 241, 263, 279, 297, 299, 330, 424. (Voy. *Ἀγκών*, *Brachium*.)

— (Convergence des), dans le *παλίτρονον* (baliste), 4, 78. (Voy. fig. 4, 5 et 6.)

— (latéraux), 249, 263.

Battement, *mouvement des battants à l'instant de la détente*.

— (Angle du), 246, 391, 394, 397, 404, 405 = 206, 213, 265, 330, 458, 470.

Battement angulaire, 292.

— (Amplitude du), 177, 186 = 330.

— (Centre de), 394.

— extérieur (*vers l'ennemi*), 231. (Voy. fig. 5.)

— (Plan de), 355.

— (Sens du), 191, 197, 226, 234, 244, 306^e = 166, 183, 192, 231, 242.

— vertical, 295. (Voy. *Μονόγων*.)

Batterie (Engins en), 21 = 23, 126.

—, *mécanisme d'arrêt au bandé et de détente d'un engin*, 66, 122, 162, 304, 304^a, 304^e, 304^h, 349, 372, 383, 423 = 38, 158, 162, 438. HÉR. PHIL. (Voy. *Δέκλις*, *Κλείσις*, *Vincula* et fig. 2, 3 et 43.)

Bec, *extrémité fendue d'une pièce de mécanisme*, 304^m, 375, 376, 377, 378, 380, 382 = 359, 441. (Voy. *Ἐντομή*, *Περὶστομῆς*.)

Bélopée (la), *Traité des engins balistiques*, 58, 62, 120, 122, 125, 128, 200, 225, 226, 234, 235, 236, 239, 252, 303^c, 303^d, 303^e, 303^h, 303ⁱ, 303^m, 304^a, 304^c, 304^d, 304^e, 304^h, 306^e, 306ⁿ, 310 = 36, 37, 74, 89, 149, 201, 206, 249, 255, 424. (Voy. *Βελοποιῖν*.)

Bélier, 292 = 126. (Voy. *Βελόστασις*.)

Βελοποιῖν (voy. *Βέλοπε*), de Héron d'Alex. (édit. princeps, Baldi, Augsb. 1616, petit in-4^o; *Math. vet.* Paris, 1693, p. 121 à 144; Köchly-Rüstow, Leipsig, 1853, in-8^o, p. 200 à 239; Wescher, *Poliorcétique des Grecs*, Paris, 1867, in-4^o, p. 71 à 119), 3, 4, 7, 8, 22, 34, 44, 61, 72, 78, 125, 127, 130, 155, 156, 225, 228, 251, 308, 309, 311 = 33, 43, 48, 65, 89, 113, 142, 156, 182, 183, 188, 201, 243, 249, 277, 336. (Voy. *Βέλοπε*.)

Βελοποιῖκῶν (Λόγος Δ), de Philon de Byzance (*Math. vet.* p. 49 à 78; Köchly-Rüstow, p. 240 à 317), 47, 61, 78, 155, 200, 244, 249, 250, 251, 252, 280, 304^e, 308 = 5, 126, 154, 269, 272, 280, 282, 283.

Βελοποιῖκῶν (Λόγος Ε), de Philon de Byzance (*Math. vet.* p. 79 à 104), 251 = 5, 126, 266, 269, 272, 488.

Béλος, projectile (*rond ou aigu*), 21, 158 = 20, 23. HÉRON.

Βελοσταςία, batterie, 126. ATHÉN. MEC.

Βελοσταςίς, engins en batterie, lieu où sont installées les machines de jet, batterie, 21 = 23, 126. PHIL. *Bélier, baliste*. BIBLE.

Bethsura (Défense de), 21.

Bla, force, force vive (d'un engin), 166, 183. HÉR. PHIL.

Biais (voy. *Angle biais*), obliquité des ailes du bdti, dans l'engin *παλίντονον* (baliste), 226, 247, 306^a à 344, 370, 371, 380, 389, 394, 404 = 201, 206, 207, 223, 240, 399, 401, 424, 458. (Voy. *Versura* et fig. 7, 34, 35, 36, 43 et 44.)

Biche (Pied de), pièce d'arbalète, 173.

Bidens, ancre double (dans la batterie de la *Chirob.*), 304.

Bifidum ferrum, double bride (dans la batterie de la *Chirob.*), 304.

Biographie universelle (Michaud), 12.
————— (Nouvelle), par M. Hoefer, 6.

Biscayen (de pierre), 400 = 61.

BITON (Κατασκευαί πολεμικῶν ὀργάνων καὶ καταπαλτικῶν, *Math. vet.* p. 105 à 114; Wescher, *Poliore.* p. 43 à 69), 53, 155, 306^a = 175, 453.

BLANCHARD (*Métamorphoses, mœurs et instincts des insectes*, Paris, grand in-8°, 1868), 297 = 342. (Voy. fig. 16.)

Bois dur, 181, 183, 217.
— flexible, 141, 275.
— léger, 464.
— rigide, 169.

BOISSONADE (J. F.), *traduct. de Pindare*, édit. E. Egger, Paris, 1867, in-32, 83.

Boissonade (G.), 120.

Βολιστρα, baliste, 11, 12. (Voy. *Βαλλιστρα, Παλίντονον.*)

Bouche, 293, 305^a. (Voy. *Os.*)
——— (à feu), 236, 237 = 236.

Boucle, 171, 198 = 184, 445. (Voy. *Ἄγκυλη.*)

Bourg (Défense d'un), 266.

Bourrelet, renflement au talon des battants de la

Chirob. 307^a, 307^b, 384 = 359, 451. (Voy. *Pompeau, Κωνοειδής* et fig. 27 et 28.)

Bourses (de cuir), 81. (Voy. *Κωνοειδής.*)

Bouton (d'amarre) du tiroir de la *Chirob.* au bandé, 437.

Bracelet, 316. (Voy. *Κρίκος.*)

Brachiolum, battant court (baliste), 307, 307^a = 15, 21. VÉG. — Synon. *Brachii brevitatis*, 21. VITR. (Voy. *Ἄγκων.*)

Brachium, battant, bras, levier balistique, 166, 230, 238, 316.

Branches (d'arc), 232, 245, 246 = 247. (Voy. *Κέρας.*)
——— courbes, 303^m = 247. (Voy. *Παλίντονον.*)
——— (ou ailes du toit, dans la *Chirob.*), 306 à 306^r, 358, 359, 360. (Voy. *Καμάριον.*)
——— (de brides), 375, 376, 380, 381, 382 = 445. (Voy. *Πιτάριον.*)

Bras (voy. *Battant*), 77, 78, 122, 164, 168 à 177, 186, 187, 191, 197, 224, 227, 234, 264 à 274, 298 à 307^a, 355, 366, 384 = 148, 166, 182, 206, 216, 242, 249, 283, 292 à 297, 336, 424. (Voy. *Ἄγκων, Battant, Levier balistique.*)

Βραχίοντος, à mécanisme trapu, 19 = 21, 424. (Voy. *Brachiolum.*)

Brides, 164, 305, 305^f, 305^j, 321, 327, 328, 373 = 378. (Voy. *Κατοχῆς, Στήματα, Πιτάριον* et fig. 23 et 24.)

Brin (rudiment névrotone), 82 = 292, 456.
—— (cordon de faisceau), 180. (Voy. *Toron.*)
—— (oblique de la corde archère), 394, 401, 405.

Broche (métallique), 162, 171, 273, 307^a, 307^b, 384, 385, 387, 388, 392, 393, 394 = 81, 359, 446. (Voy. *Περύνη, Fibula.*)

Bronze, 270, 272, 275, 279, 329, 330, 386, 388 = 293, 299, 451.
—— (Barillets en), 183. (Voy. *Barillet, Χοιρικίς.*)

Buccula, lèvres, rebord, 305^a = 154. VITR. (Voy. *Περίργιον.*)

But (Côté du), 227. (Voy. *Τὸ ἐκτός, l'Estérieur.*)

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

- C (Σ lunaire), 305^ε.
 Cadre, 169, 171. (Voy. *Bâti, Cage, Châssis*, et fig. 4, 5 et 6.)
 ——— (des ressorts de la *Chirob.*), 76, 273.
 306^ι, 307^κ, 313, 314, 321, 322, 326, 327, 328, 331, 341, 354, 358, 360, 370, 384, 391, 405 = 359, 378. (Voy. fig. 23, 24, 31, 32, 34 et 37.)
 Cage, 76, 77, 122, 124, 262, 273, 306^κ, 306^ι, 307^α, 314, 342, 344, 347, 349, 368, 370, 391, 397 = 166, 178, 183, 223, 283, 293, 299, 408, 424, 438. (Voy. *Arcade, Bâti, Καμάριον, Portique*, et fig. 25 et 26.)
 Caisson (voy. *Καρχήσιον, Carquois*), 188.
 Calage (Pièce de), 304^ι = 205. (Voy. *Σχαστήπλα.*)
 ——— (Opération du), 383, 423 = 205.
 Calculs balistiques, 240 à 249, 404 à 423.
 Calibre, 18, 31, 52, 173, 199, 235, 352 = 282.
 ——— (d'engin *névrotone*), 132. (Voy. *Τρήμα, Foramen.*)
Camariæ, camarici (?), BALDI, 36, 37, 58, 70 = 36, 37, 73. (Voy. *Καμαρικά.*)
Camarion, camarium, LAMBÉC. et NESSEL, 40, 43, 45 = 43, 46, 65.
Cambestriæ, cambestri, BALDI, 36, 37, 70 = 73. (Voy. *Καμβέστρια.*)
 Cambrer, 293, 305^α.
 Cambrure, 51, 293.
 Campagne (Artillerie de), 89, 299. (Voy. *Carrobotalista.*)
Campestris, Lambéc., Nessel et Meister, 40, 45, 49, 58, 305^α = 43, 46, 65. (Voy. *Καμβέστρια.*)
Canaliculus, rainure, cannelure, 303, 303^β. VITR.
 Canevas, *lignes théoriques d'une épure*, 136, 389, 403 = 425. (Voy. fig. 40, 41, 42, 43, 44 et 45.)
 Cannelure, 161, 162, 163, 165, 304^ι, 305^α, 368, 369, 372, 380, 382, 393, 396, 402 = 469. (Voy. *Stria, Στρίγγε.*)
 Canon, 23, 236, 450.
Canon, is, 303^β. ΤΗΞΝ. (Voy. *Κανών.*)
Capitulum, bâti, 178, 200. VITR. (Voy. *Πιλοθλον, Bâti, Cage.*)
Cardines (præter), sans compter les tenons, 306 = 227. VITR. (Cf. *Χωρίς τῶν τέρμων.*)
 Carquois, 14 = 188. (Voy. *Καρχήσιον, Caisson.*)
 Carreau *d'arbalète*, 462.
Carrobotista, baliste sur roues, 15, 30 = 16. VÉG. (Voy. *Artillerie de campagne.*)
 Carthagène (Siège de), 20.
Catagolis, refouloir (crosse d'engin portatif), 52, 303 = 153. ΗΞΡ. PHIL. (Cf. *Καταγωγίς.*)
 Catapulte, *engin εὐθύτονον ou δέξυδελής* (chez les Grecs), *μονάγων ou pierrier-fronde* (chez les Romains), 20, 23, 31, 49, 50, 76, 123, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 153, 175, 220, 227, 240, 256, 270, 295, 397, 419 = 24, 149, 243, 249, 268, 277, 293, 316, 488. (Voy. *Ευθύτονον, Ὀξύδελής, Μονάγων et Λιθοβόλον.*)
 Catapulte *polybole, engin-revolver, à projectile aigu*, 47 = 48.
 Ceinture, 198, 227. (Voy. *Ζώνη.*)
 Celtibériens, 153, 176 = 136. (Voy. *Ἐπέε.*)
 Cercles *inégaux*, 282, 283, 284. (Voy. *Ἀνισόκυκλοι, Anse de papier.*)
 CÉSAR (Jules), *Commentaires*, 24, 295 = 26, 126, 149, 331.
 Chaîne sans fin, 309 = 271.
Chalcotonum, chalcotone, à ressorts de bronze (engin), 49, 50, 82, 261, 263 = 11, 56, 57, 271, 282. (Voy. *Χαλκότονου.*)
 Champ (De ou Sur), 229.
 Chanvre (Emploi du), *dans les engins névrotones*, 141, 401.
 Chape, 273, 305, 305^α, 305^ε, 305^β, 305^ι, 314, 321, 322, 324, 325, 327, 328, 329, 330, 386, 389 = 383. (Voy. *Κρίκος* et fig. 23, 24 et 25.)

- Chapiteau (?), 356, 357 = 405. PERR. (Voy. *Capitulum*.)
- Châssis, 227 = 178. (Voy. *Bâti, Cadre, Cage, Portique*.)
- Cheiroballistra, 49, 52, 53, 54 = 48. MEIST. (Voy. *Χειροβαλλίστρα*.)
- Chelon, tortue, croupe, culasse, 162. VITR. et DUF. (Voy. *Χελώνιον*.)
- Cheveux de femme (Emploi des) dans les engins névrotiques, 141, 198 = 334.
- Chevillon de calage, dans l'appareil de torsion névrotique, 205.
- CHIROBALISTE (LA), par V. Prou, Paris, 1862, grand in-8°. — 3, 89, 103, 106, 108, 112, 115, 116, 119, 302, 303, 303^a, 304, 304^f, 304^g, 304ⁱ, 305, 305^g, 306, 306^c, 306^o, 306ⁱ, 307, 307^a, 307^o, 311, 345 = 3, 35, 58, 75, 77, 88, 91, 93, 97, 100, 405, 438, 440.
- CHIROBALISTE (Examen de l'écrit intitulé LA), par A. J. H. Vincent, Paris, 1862, petit in-8°, 79.
- CHIROBALISTE (A. M. Vincent, sur LA), par V. Prou, Paris, 1863, grand in-8°, 306^b = 74, 188, 315.
- CHIROBALISTE d'Héron d'Alexandrie, restitution et traduction, par A. J. H. Vincent, Paris, 1866, petit in-8°. — 4, 103, 107, 116, 302, 303, 303^a, 303^m, 304, 304^a, 304^g, 305, 305^a, 306, 306^d, 306^f, 307 = 4, 70, 72, 73, 80, 81, 82, 98, 99, 103, 109, 110, 240, 249, 292, 307, 384, 397, 405, 408, 429, 438, 445, 456, 463.
- CHIROBALISTE d'Héron d'Alexandrie, présent ouvrage. — 109, 112, 116, 118, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 384 = 95, 96, 97, 98, 102, 103, 104, 115, 350, 351, 352, 353, 354, 356, 357, 358, 360, 361, 362, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 385, 386, 387, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 402, 404, 406, 409, 410, 413, 414, 415, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 428, 429, 431, 432, 433, 436, 439, 448, 449. (Voy. fig. 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 et 28.)
- Chirobaliste, engin portatif à projectile aigu. — 18, 31, 40, 52, 57, 72, 73, 75, 78, 87, 120, 122, 123, 125, 126, 128, 130, 132, 138, 140, 281, 295, 300, 303, 303^d, 303^g, 303^b, 303^j, 303ⁱ, 304, 304^b, 304^k, 305, 305^f, 306, 306^a, 306^b, 306^o, 306^f, 307, 307^a, 310, 311, 313, 314, 331, 335, 343, 390, 396, 397, 398, 401, 403, 417, 422, 423 = 49, 61, 89, 197, 201, 240, 279, 282, 293, 297, 299, 307, 310, 330, 359, 395, 411, 437, 458, 463, 468. (Voy. *Manubaliste*.)
- Chirobaliste, type mixte entre la baliste et la catapulte, 397 = 149. (Voy. *Σκορπίδιον, Scorpion, Manubaliste*.)
- Chorda, câble, faisceau névrotique, 15. VÉG. (Voy. *Nerous, Funis nervinus*.)
- Chute des corps (Effets de la), 266, 303^a.
- Ciseau à main ou de menuisier, 384, 307^c.
- CLAUDEL (*Formules*, Paris, 1856, in-8°), 268, 468, 479.
- Clastrum, verrou, gâchette, 304, 304^a, 304^b. AMM. MARC. (Voy. *Σχασίηρα*.)
- Clavette, 305ⁱ.
- Clef, 304^a = 205, 226.
- Climacium, THÉN. *Climacis, idos*, Échelle (monture de la baliste), 45 = 166. VITR. (Voy. *Κλιμακίς*.)
- Cliquet d'arrêt, pièce de la batterie des engins, 166 = 437. (Voy. *Κλεισίς* et fig. 3.)
- Cliquetis sonore, 31, 305^a. (Voy. *Sonitus, Ὀμοτονούωντος*.)
- Clochette, 305^g. (Voy. *Κρίκος*.)
- Clou, clouage, 177, 178, 181, 183, 189, 306, 345, 347.
- Coin, 169, 309 = 206.
— (Bandage des faisceaux à l'aide du), 249 = 206, 274, 277.
- Collarium, collier, chape, 305, 307. (Voy. *Κρίκος*.)
- Colliers (voy. *Ovale*), 305^a, 305^j, 316, 317, 319, 320.
— (voy. *Chape*), 273, 274, 305^b, 305^j.
- Colonne Trajane, 52, 77, 78, 122, 301. (Voy. fig. 18.)
- Colonnnettes du portique de la Chirob. 301, 306,

I.A
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HERON
D'ALEXANDRIE.

306^b, 306^t, 306^l, 306^o, 352, 356, 357, 360, 361, 362 = 359, 405. (Voy. *Στυλάρια* et fig. 25 et 26.)
 Commettage (Outil de), pour cordier, 169 = 180. (Voy. *Συμβόλιον*.)
 Compartiments du portique de la Chirob. 356. (Voy. *Ἴσα [εἰς τρία]*.)
 Compression, ressorts de la Chirob. 274. (Voy. *Κατευρονεῖν*.)
 Concours entre constructeurs antiques, 146.
 Conoïde, battant de la Chirob. 307^a, 307^c, 307^d, 384 = 38, 81, 359, 456. (Voy. *Κωνοειδής, Bras, Levier balistique* et fig. 27 et 28.)
 Constantin I^{er}, 11 = 40, 89.
 CONSTANTIN-PORPHYROGÉNÈTE (*De Administr. Imperii*, Leyde, 1611, in-8^o, et *De Cerimon.*), 11, 15, 29 = 7, 8, 9, 89.
 Construction des places fortes et ports, 269. (Voy. *Βελοπούκων Λόγος Ε*, de ΠΗΛΩΝ de Byzance.)
 Contour fermé, 316. (Voy. *Κρίκος*.)
 — des mains de la Chirob. 425. (Voy. *Ἐγγραφή*.)
 Contre-fiche, 189, 194 = 74. (Voy. *Ἀντιπέδιον*.)
 Convergence des battants du *παλίντρονον* (baliste), 4, 225, 365 = 148, 166, 182, 183, 206, 211, 247.
 Convexité de la table euthytone (à l'arrière), 215.
 Copistes (Erreurs des), 270, 416.
 Corbeau, pièce de batterie des engins, 166. (Voy. *Κόραξ* et fig. 3.)
 Corde archère, 76, 159, 165, 166, 167, 171, 187, 191, 193, 198, 211, 226, 227, 245, 246, 262, 265, 274, 304^b, 304^o, 307^a, 363, 369, 382, 383, 387, 391, 392, 393, 394, 396, 398, 400, 401, 404, 407, 423 = 81, 167, 184, 231, 247, 249, 263, 359, 462.
 Cordes (Machines de), 145, 169 = 308.
 Cordons névrotiques, 169, 185, 198, 256, 257, 258; 269 = 179, 277, 279. (Voy. fig. 4.)
 Cornes d'un arc, 141, 159, 168, 232, 233, 275, 370, 376 = 301. (Voy. *Κέρας*.)

Cornua arcuata ☽, 306. (Voy. *Côtes arquées, Arcs-boutants*.)
 Corps, monture, partie centrale des engins, 159. (Voy. *Σύργη, Κλιμακίς*.)
 Corrections de texte, 89, 90, 114, 115, 116, 117, 118, 321, 352, 354 = 88, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 201.
 Cotes d'exécution, 95, 113, 119, 120, 309, 315.
 Côtes arquées (τὰ ☽), 306, 345, 347, 348, 363, 369, 370, 376, 377, 380 = 403. (Voy. *Arcs-boutants, Gril* et fig. 25 et 26.)
 Coude, 298, 299. (Voy. *Πτέρνα, Talon*.)
 Condée = 24 doigts = 0^m,462.
 Coulisse, monture de *Ἰδρυελης* (catapulte, manabaliste), 66, 122, 125, 160, 164, 188, 303, 303^a, 303^d, 303^f, 303^g, 303^h, 303ⁱ, 303^j, 303^k, 303^l, 305^a, 314, 339, 344, 348, 355, 365, 366, 367, 370, 374, 376, 394 = 153, 359, 395, 429. (Voy. *Σύργη, monture*, et fig. 1, 3, 19, 20 et 36.)
 Couple balistique névrotone, 287.
 Courbure (Arc à simple ou double), 230, 232, 233. (Voy. fig. 12.)
 Couronne, tablette supérieure du bâti, 74. (Voy. *Tabula*.)
 Course de la corde archère, 247, 369, 383, 396, 398, 407 = 330, 359, 433, 471.
 Coussin flexible, 81.
 Crapaudine, 305, 305^a, 305^b, 305^j, 314, 327, 328, 330, 386 = 359. (Voy. fig. 23 et 24.)
 Crémaillère, 166 = 437. (Voy. fig. 3.)
 Crétois, inventeurs du Scorpion, 143.
 Creux de la chape de pivot (Chirob.), 330, 331 = 383. (Voy. *Κρίκος*.)
 Criard (Bruit) des ressorts de la Chirob. 305^a. (Voy. *Sonitus*.)
 Crin (Emploi du) dans les engins névrotiques, 141 = 217.
 Crochet, attache de la corde archère (Chirob.), 198, 304^f, 305^g, 307^o, 363, 380, 384, 387, 388, 392, 393, 394 = 81, 359, 446, 457. (Voy. fig. 27 et 28.)
 Croissant (En forme de), 125, 303, 303^o, 370, 374, 376 = 152. (Voy. *Σεληνοειδής* et fig. 1.)

Croissant origine de Crosse, 303^m.
 Crosse, 31, 52, 112, 125, 163, 164, 165,
 303, 303^h, 303^m, 306^o, 339, 344, 365,
 370, 373, 376 = 159, 240, 359, 438.
 (Voy. *Καταγωγίς*, Croissant et fig. 1, 3, 19
 et 20.)
 Groupe, arrière culminant des engins, 164, 216.
 (Voy. *Χελώνιον* et fig. 9.)
 Cuivre, 270 = 55.

Culasse, arrière des engins, 164, 216. (Voy.
Χελώνιον, *Tortue* et fig. 9.)
Curvatura, courbure, 49, 307 = 71, 206, 401.
 VITR.
 CRÉSIBIUS, ingénieur d'Alexandrie, 9, 31, 50,
 75, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 129,
 143, 152, 153, 154, 249, 261, 280, 309,
 310 = 75, 113, 136, 138, 139, 243, 271,
 282, 299, 308, 310.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

D, Δ

Daces (Manubaliste des), 301. (Voy. *Colonne
 Trajane* et fig. 18.)
 Déclic, batterie des engins, 166, 262, 304,
 304^a, 338, 372 = 173. (Voy. *Κατακλις*,
Κλίσις.)
 Décor artistique, 121, 123, 135, 362, 403.
 — des machines de jet, 30, 31.
 Découpage du bois, 306^a, 337, 346, 351,
 364, 366 = 200, 395, 403, 424, 425.
 Défauts des engins névrotiques, 249, 252,
 259.
 Défense des places, 5 = 266, 269.
 Deformatio, tracé d'épure, 206, 401. VITR.
Δεκαμναίος (*πετροβόλος*), pierrier de 4 $\frac{2}{3}$ (kilos),
 266. PHIL.
 Delaunay (M. Ferdinand), 120.
 Démontage des faisceaux, 279.
 — des ressorts, 279, 280.
 Dendérah (voy. *Tentyris*), 297.
 DENON (Voyage dans la basse et haute Égypte,
 Paris, an x [1802], grand in-folio), 297 =
 337, 338.
 Dentée (Pièce), 166.
 DENYS d'Alexandrie, ingénieur grec, 47.
 Denis (l'Ancien), 146.
 Denis (le Jeune), 146 = 129.
 Détente (Jeu de) d'un engin, 247, 257, 264,
 265, 274, 304^a, 304^h, 304^m, 305^a, 423 =
 162. (Voy. fig. 2.)
 Dévidage des faisceaux, 256.
Διαβήτης, compas (pour décrire la parabole), 34.
 EUTOC.
 DIADÈS, ingénieur grec, 243.

Diagramme balistique de la *Chirob.* 410. (Voy.
 fig. 49.)
 Diagonales (Rôle des) dans l'épure des engins,
 362, 363. (Voy. fig. 41, 42, 43 et 44.)
 Diamètre, 337 356, 357 = 362.
 — d'un boulet en modules, 219.
 — des lucarnes névrotiques ou MODULE,
 202, 312.
Διαμπερές, de part en part, 304. HÉR. D'ALEX.
Διαπήγιον, entretoise, traverse, barreau (d'échelle),
 45, 306. HÉR. D'ALEX., PHIL. DE BYZ. (Voy.
Entretoise, *Traverse*.)
Διάστημα, intervalle (entre deux pièces), 305,
 306, 306^m, 313. HÉR. D'ALEX. (Voy. *Écar-
 tement*.)
 Dimensions des machines de jet, 201, 244, 270,
 271, 394 = 227, 359. (Voy. *Proportions des
 machines de jet*.)
Διμναίος (*πετροβόλος*), pierrier de $\frac{2}{3}$ (kilo), 266.
 PHIL.
 DIODÈS, mathématicien grec, 220.
 Dioclétien, 11.
 DIODORE de Sicile (*Histoire*, Paris, 1843, 2 vol.
 in-4°, Didot), 146 = 126, 128, 149, 266.
 Diplomatique (Insuffisance de la) dans l'étude
 des ingénieurs antiques, 327.
Διόπτρα, ligne de mire, HÉR.; tiroir (d'oxybèle),
 PHIL., 89, 206.
 DIRECTRICES BIAISES, parallèles fondamentales de
 l'épure des machines de jet grecques, 370, 371,
 373, 376, 377, 379, 394. (Voy. *Obliques
 [directrices]* et fig. 42, 43 et 44.)
Διτορμία, double tenon, 177 = 197. HÉR. D'ALEX.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Διχνηλον (et non διχνηλον), pièce fendue, fourchette, bride double, 304, 304^a = 95, 156.
HÉR. D'ALEX.
Διώσιρα, tiroir (d'engin à projectile aigu), 125, 164, 303, 303^d = 33, 89, 160, 165, 166, 169, 171, 174. HÉR. PHIL.
Doigt, mesure de longueur = 0^m. 019.
Doigt, pièce de machine, 162, 164, 198, 304^a, 362, 381, 382, 383, 392, 394.
Dolatum, équarri, 303^a. THÉV.
Doucine, 306^d.
Douille, 369, 398. (Voy. Τρημα.)
Dos de scorpion, 424.
Δρακόντιον, serpenteau (batterie de la Chirob.), 304, 304^a, 304^b. HÉR.
Drachme, poids = 4^g. 363.
DUCANGE (Gloss. med. et infim. græcit. Paris, 1688, in-folio), 41 = 44.
DUFOUR (Mémoire sur l'artillerie des anciens et sur celle du moyen âge, Paris-Genève, 1840, in-4°), 7, 59, 84, 237, 241, 243, 244,

245, 246, 248, 418, 421 = 66, 84, 153, 159, 160, 162, 173, 178, 191, 200, 201, 207, 216, 218, 228, 249, 250, 251, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 267, 268, 272, 307, 330, 480, 481, 482, 483.
DUHAMEL DU MONCEAU (Du transport, de la conservation et de la force du bois, 1767), 306.
DUPIN (Baron Charles), 306.
DUMÉRIL (Dictionn. des sciences nat. Entomolog. Aptères), 297 = 341.
Duplication du cube, 200 = 112, 220. (Voy. REIMER.)
DUPUIS (Origine de tous les cultes, Paris, 1822, in-8°), 297 = 339, 340.
DUREAU DE LA MALLE (Poliorectique des anciens, Paris, 2 vol. in-8°), 7, 230 = 125, 188, 246. (Voy. fig. 50.)
Duruy, 76.
Δωδεκαμναίος (πετροβόλος), pierrier de 5 $\frac{1}{2}$ kilos, 266. PHIL. BYE.

E

Écartement, 313, 336, 358 = 263. (Voy. Διάστημα, Intervalle.)
Échelle, montage de l'engin παλίντρονον (baliste), 207. (Voy. Κλίμαξ et fig. 9.)
Échelette, base du portique (Chirob.), 124, 188, 189, 212, 214, 216, 217, 306, 306^b, 306^c, 306^d, 306^e, 306^f, 306^g, 306^h, 306ⁱ, 306^j, 306^k, 306^l, 306^m, 311, 314, 326, 331, 334, 336, 339, 342, 345, 346, 347, 353, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 362, 363, 367, 377, 378, 379, 382, 389, 393, 394, 398 = 197, 359, 395, 416, 425, 456. (Voy. Κλιμακίον, Gril et fig. 25, 26, 35 et 36.)
Écheveau, 169, 185, 227. (Voy. Φαίσεον, Τόσος et fig. 4 et 5.)
Écrou, 309, 384, 388 = 453. (Voy. Ἐπιτόμιον.)
Érouissage du métal. (Voy. Βαττάγη, Κρόσησις.)
Écusson, pièce du bâti de l'engin παλίντρονον (baliste), 180, 181, 182, 183, 185, 193, 194, 203, 204, 207, 225, 252, 253, 254,

255, 306^b, 306^c, 311, 327, 331, 342, 344, 371, 389 = 200, 201, 223, 224, 240, 274, 276, 401. (Voy. Scutula, Περίεργητος et fig. 7, 9, 51, 52 et 53.)
Éditeurs (précédents) de la Χειροβόλιος, 90, 97, 100, 103, 111, 112, 305^f.
Éditions (précédentes) de la Χειροβ. 6, 89, 90, 102, 113, 116, 302, 305^c, 306^l.
Éditions de VITRUVE, 286, 287 = 243, 317.
Effort balistique, 174, 241, 245, 246, 264, 265, 274, 406 = 247, 299.
— de bandage des engins, 404 = 473. (Voy. fig. 48 et 49.)
— des bras de l'homme, 468.
ESEN (E.), édit. de la traduction de Pindare de J. F. Boissonade, 83.
Εικοσιμναίος (πετροβόλος), pierrier de 8 $\frac{1}{2}$ (kilos). PHIL.
Ἐκτός (τό), l'extérieur, l'avant du bâti (des machines de jet), 165, 225, 304^b = 166, 183, 206, 208, 283, 468. HÉR. PHIL.

Élasticité, 168, 232, 257, 274, 275, 277 = 293.
 ÉLIEU (*Var. Hist.* Zurich, 1556, in-folio), 146 = 129.
 Ἐμβολός, gabarit, forme (en bois), 271. PHIL.
 Embrasure, forme du bâti du *παλιτόνον* (balliste), 226, 234, 301 = 178, 207, 215. (Voy. *Bâti, Πλιθίων*.)
 Embrasse, 198. (Voy. *Ζώνη*.)
 Empan, mesure de 12 doigts = 0^m. 231.
 Ἐνάτονος, engin à battant unique, 172 = 186. HÉR. (Voy. *Μονόγων, Pierrier-fronde, Catapulte rom., Οναγρε*.)
 Encastrement, 376.
 Engins (Pluralité des) de la *Χειροβαλλίστρα* 38.
 ——— à ressort (Supériorité des), 279, 295.
 ——— de siège, 422.
 ——— de la colonne Trajane. (Voy. fig. 23.)
 Engrenage, 284, 309.
 Entaille, 180, 181, 183, 253, 254, 304, 304^f, 342, 354, 373, 378, 380 = 277. (Voy. *Ἐντομή*.)
 Ἐντομή, entaille, mortaise, 304, 304^m, 305 = 441. HÉR. PHIL.
 Ἐντόνιον, tendeur, outil de bandage (des faisceaux), 195, 198 = 277. HÉR. PHIL.
 Ἐντός (τὸ), l'intérieur, l'arrière du bâti des machines de jet, 304^b = 166, 183, 283. HÉR. PHIL.
 Entr'axe, 332, 333. (Voy. *Διόστημα*.)
 Entretroise, 186, 189, 212, 215, 306, 336, 345, 346, 370, 394 = 416. (Voy. *Διαπήγιον, Traverse, Barreau* et fig. 25 et 26.)
 Ἐπάροδος, invasion, retour offensif, 146. HÉR.
 Épée (Lame d') celtibérienne, 153, 176 = 305.
 Ἐπιχτήτε, 145.
 Ἐπιχτυίδες, freins, tasseaux de bandage du faisceau névrotone, HÉR. PHIL.; *Epizygis*, VITR.; *Epizyges*, W. NEWTON; *Epizyge*, DUPOUR; 172, 184 = 204, 228, 229, 263. (Voy. fig. 8.)
 Ἐπίουρα, contreventement (pièce de), 306, 306^m. HÉR.
 Ἐπιτόνιον, écrou de serrage d'une vis, 453. BITON.

Ἐπιτοξίτις, cannelure, siège du trait dans l'oxybèle, HÉR. PHIL.; *Epitoxitis*, VITR.; 164 = Ἐπιτοξίς (?) 161.
 Épure balistique des engins, 389, 395 = 263, 265. (Voy. fig. 13, 14, 45, 48 et 49.)
 ——— graphique des engins, 123, 130, 132, 135, 136, 137, 226, 306^f, 311, 314, 318, 320, 321, 325, 328, 334, 339, 340, 342, 345, 349, 352, 362, 363, 364, 365, 371, 374, 376, 388, 390, 393, 394, 403 = 232, 263, 330, 425. (Voy. fig. 41, 42, 43, 44 et 47.)
 Équerre en U, 379, 380, 381, 382. (Voy. *Περτάριον*.)
 Ératosthène, mathématicien grec, 220.
 Ermitage (Musée de l'), 247.
 Erreurs numériques, 88, 306^f, 306^o.
 ——— de copie, 90.
 Escarpolette, 290.
 Espagnoles (Épées), 153, 176 = 305.
 Étain, 270.
 Étranglement, 197.
 Étrier, pièce des ressorts de la Chirob. 179, 273, 305^a, 305^f, 305ⁱ, 305^j, 321, 322, 323, 324, 325, 327, 328, 329 = 359, 378, 383, 403, 452. (Voy. fig. 23 et 24.)
 Étui à flèches (voy. *Καρχήσιον, Caisson, Carquois*), 188.
 ——— à ressorts, 279, 307^a.
 Ἐΰρος, largeur ou diamètre (d'un évidement), 305, 305^o, 306^f, 321, 329, 337. HÉR. (Voy. *Πλάτος*.)
 Ἐυθότονον, engin à battement direct, 79, 123, 158, 175, 194, 195, 199, 201, 220, 225, 228, 229, 232, 234, 236, 240 = 24, 149, 165, 190, 206, 214, 216, 219, 231, 242, 243, 244, 247, 249, 286. HÉR. PHIL. (Voy. *Catapulte, Oxybèle, Gastraphète*.)
Euthytonum, euthytone, 158, 188, 194, 195, 197, 198, 227, 235, 237, 239, 240, 244, 246, 247, 248, 281, 295, 306^b, 306^m, 311, 314, 347, 365, 395, 397, 418, 420 = 148, 243, 249, 263, 265, 268, 282, 283, 293, 299, 330, 408, 411, 424, 432, 458. (Voy. fig. 10, 11, 14 et 15.)
 EUTOCIUS (*In Archimedeo, De Sphaera et cylind.*

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Bâle, Hervag, 1544, in-8°, 32, 33, 68,
306^b = 34, 37.
EUTROPE (*Epit. Bell. Gall. Paris, Marnes*, 1564),
82.
EUSTATHE (*In Iliad. et Odys. Rome*, 1542),
306^m = 247.
Évidement, 253, 254, 305, 305°, 306, 329,
330, 345, 358.

Extérieur (*Côté des engins*, 165, 171, 187,
225, 226, 264, 304^b, 306°, 390 = 166.
(Voy. Τὸ ἐκτὸς.)
*Exterior regula, bordage de front (de l'embrasure
de la baliste)*, 206, 401. VITR.
Ἐξω (τὸ), l'extérieur d'un engin, 166. (Voy. Ἐκ-
τός [τὸ], Ἐντός [τὸ].)
ÉZÉCHIEL, 145 = 126.

F

FABRICIUS (*Bibl. græc. Harles, Vienne*, 1795),
58 = 139.
Face (Pièce de), 193, 214. (Voy. Ἀντιστάτης.)
Faiblesse de l'appareil névrotone, 252, 253,
255.
Faisceau, appareil de fibres tordues (dit névro-
tone), 84, 122, 132, 141, 142, 169, 170,
172, 173, 175, 181, 184, 190, 196, 197,
198, 219, 234, 238, 241, 242, 246, 249,
252, 256, 257, 258, 263, 264, 265, 269,
301, 305°, 306^b, 306^c, 312, 313, 332 =
166, 180, 186, 201, 205, 213, 216, 229,
263, 268, 277, 279, 292, 299, 308, 310,
424. (Voy. Τόπος, Τον, Ἐχέυεαν, Nervus,
Nervinus, Funis et fig. 8.)
Faisceau (Demi-), 279, 283, 287, 292. (Voy.
Ἡμύδιον.)
Falarica, falarique, engin incendiaire, 41, 42 =
45. PLINE.
Fardier, 309.
Fautes grammaticales, 114.
Feder, Federchen, languette, levre, 233. KÖCH.
RÜST.
Femelle (Pièce), 125, 303, 303^d = 154. (Voy.
Femina, Θῆλος.)
Femina, femelle (pièce) d'un assemblage, 303.
Fente, 304, 304^m, 305ⁱ, 321, 328, 329,
375, 377. (Voy. Δίχλον.)
Fer forgé, 184, 218.
— de flèche, 369, 398. (Voy. Spicatum.)
— de hache (Profil en), 303°. (Voy. Πελεκί-
νος, Πελεκωνωτός, Securiclatus.)
— rond, 304, 304^b, 373. (Voy. Ἰλη σιδηρά,
Fil de fer.)

Feu (Engin à lancer du), 23. (Voy. *Falarica,*
Πυροβόλον.)
Feuille de lierre, ornement des battants χαλκό-
τοινοί, 273, 307^b, 386 = 297. (Voy. Κισσό-
φυλλον.)
Fibres tordues (Faisceau de), 84, 122, 132,
141, 169, 175, 198, 234, 249, 295 =
179, 217, 299, 306. (Voy. Faisceau, Τό-
πος.)
Fibula, goupille, 304. THÉN.
Fil (rudiment), névrotone, 305°. VINCENT.
— de fer, 304, 304^b, 373. (Voy. Ἰλη σιδηρά.)
Filet de vis, 315.
Filière (Fer étiré à la), 304^b.
Flanc (Pied-droit de) dans le δάτι παλίντονον,
176, 177, 178, 182, 185, 191, 193, 206
= 193, 206. (Voy. Παραστάτης, Montant la-
téral et fig. 6 et 7.)
Flèche, 13, 151, 158, 159, 227, 238, 295,
296, 349, 369, 395, 396, 397, 398, 401,
414, 420 = 20, 149, 188, 206, 282, 359,
462. (Voy. Trait, Projectile aigu et fig. 46.)
Fléchissant (Corps ou solide), 306.
Flexibilité du métal, 276, 307^a.
Flexilis arcus, 15, 247. AMM. MARC.
Flexion, 232, 276, 339, 405 = 245, 473.
—— (Lois de la), 306.
FOLARD (DE) (*Comment. sur Polybe, Amster-
dam*, 1753, in-folio), 7 = 201, 207, 249.
Fond de la crosse (*Chirob.*), 366, 370, 374,
376.
— de la gorge des ressorts (*Chirob.*), 391,
394, 405.
— des mains (*Chirob.*). 359.

Foramen, trou (de la lucarne du barillet névrotone); diamètre du même trou (MODULE), 206, 223, 229, 230, 232, 238. VITR. (Voy. Τρήμα, Calibre.)
 Force vive (balistique), 405, 412 = 288, 289.
 ——— de chute, 266, 267 = 288, 289.
 Forgé (Fer), 184, 218.
 Formules balistiques, 240 à 249, 404 à 423.
 Fortification, 5. (Voy. Βελοπ. λόγ. Ε̄, Math. vet. p. 49 à 78.)
 Fourchette, 304, 304^c, 304^d, 304^e, 306, 306^c, 306^f, 351, 358, 359, 361, 375, 376 = 359, 438, 440. (Voy. Δήχλων et fig. 21, 22, 25 et 26.)
 Fourrure, pièce de renforcement, 407.
 Franeker (Ms. de Vitruve, à la biblioth. de), 289 = 326.
 Frein, support du faisceau névrotone, 172, 173, 184, 185, 208, 218, 241, 305, 305ⁱ = 205, 228, 229, 263, 277, 279. (Voy. Ἐπιζυγίδες et fig. 8 et 54.)

FREUND (Diction. lat. trad. par M. Theil, Paris, Didot, petit in-folio) 315, 328.
 Fronde, 13, 21, 31, 143, 158, 259, 421 = 149, 282.
 Fronde (Pierrier-), 295 = 149, 243. (Voy. Ἐνδοτος, Μονόκλων.)
 Front d'un engin (l'avant de l'embrasure), 370 = 193, 214.
 ——— (Pied-droit de), dans le bâti παλιτρονον. — 176, 178, 179, 182, 185, 195 = 74. (Voy. Ἀντιστάτης, montant de face.)
 Fronton grec, 327. (Voy. Rampant.)
 Frons, front d'un engin, 202. VITR.
 Frottement, 173, 388.
 Funda, fronde, 334. VÉG. (Voy. Σφενδόνη.)
 Fundibulator, funditor, frondeur, 13. VÉG.
 Funiculum, cordon, corde de machine de jet, 127. VULG.
 Funis, corde, faisceau névrotone, 15, 308. VITR.
 ——— nervinus, cordon de nerfs, 17, 290. VÉG.
 ——— tortus, faisceau tordu, 277. VITR.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

G, Γ

Gabarit, 271. (Voy. Ἐμβολοίς.)
 Gâchette, 164, 165, 188, 304, 304^d, 304^e, 304^f, 304^h, 304^m, 304ⁿ, 348, 375, 376, 377, 382 = 359, 438, 440, 441. (Voy. Σχαστήρια, Verrou et fig. 2, 21 et 22.)
 Galilée, 306.
 Γαστραφέτης, gastraphète, arbalète primitive, 52, 53, 125, 167, 174, 303^c, 303^m = 166, 175, 282. (Voy. Ventre et fig. 1 et 3.)
 Gaule (Campagne de), 296.
 Gautier (Léon) (Épopées françaises, Paris, 1868, grand in-8°), 130.
 GIOCONDO (VITRUBE, 2^e édit. Venise, 1511, petit in-folio), 25, 287, 294 = 223.
 Girars de Viane, 130.
 Gliissières, 126.
 Gorges des Καμβήστρια, 76, 305^c, 307^h, 328, 341, 384, 390, 391 = 81, 297, 359, 451, 456. (Voy. fig. 23 et 24.)
 ——— des pieds-droits (bâti névrotone), 177, 178, 193. (Voy. fig. 6.)

Goupille, 162, 166, 304, 304^h, 322, 373, 375, 388. (Voy. Περώνη, Fibula.)
 Grammaticales (Corrections), 116, 117, 118. ——— (Erreurs), 119.
 Grieschische Kriegsschriftsteller, Köchly et Rüstow, Leipzig, 1853, in-8°, 1^{re} partie = 66, 85. (Voy. KÖCHLY et RÜSTOW.)
 Guerre maritime, 266.
 Guetter, 188. (Voy. Affût [A Γ].)
 Griffes, pièce de batterie des engins, 162, 164, 165, 188, 262, 304^c. (Voy. Δήχλων et fig. 2.)
 Gril, ensemble de l'échelette et des côtes arquées (Chirob.), 347, 351, 353, 354, 355, 364, 369, 370, 376, 377, 380, 394 = 359, 408, 425, 452. (Voy. Κλιμάκιον, Échelette et fig. 25 et 26.)
 Grincant (Ressort), 293, 305^c. (Voy. Τρίζειν, stridere.)
 Grincer des dents, 293, 305^c. Voy. Τρίζειν stridere.)
 Grue de levage, 309.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Handballiste, 68. KÖCHLY et RÜSTOW.
HARLES (*Bibl. græc. Fabricii*, Leipsig, in-4°),
58 = 65.
Harmonie graphique, 362, 388, 393.
Haut (EN), 165, 189. (Voy. *Ἄνδ.*, *Ἄνω*.)
HÉSÉTOR de Byzance, ingénieur grec, 223.
Ἡλος, *clou*, 198.
Ἡμισπίθιμος (*δέξτελης*), arbalète à flèche de
 $\frac{1}{2}$ empan = 6 doigts = (0^m, 114), 397. PHIL.
Ἡμιτόνιον, moitié du bâti névrotone correspondant
à un faisceau, HÉR. D'ALEX.; moitié du fais-
ceau lui-même (voy. fig. 54), PHIL. DE BYZ.;
hémitonion, SILBERSCH; hémiton, DUP.: 130,
172, 185, 186, 187, 189, 194, 208, 213
= 186, 206, 207, 225, 283.
HÉNATON, 172 = 186. (Voy. *Ἐνάτονος*, *Μονό-
κων*, *Pierrier-fronde*, *Onagre*.)
Herculanum (Le Pâris d'), 247.
HÉRODOTE, 229, 233. (Voy. *Παλιόντονα τόξα*.)
HÉRON D'ALEXANDRIE, ingénieur grec (*Βελο-
ποιικῶν*, Wescher, 1867, in-4°; *Χειροβαλλί-
στρος κατασκευὴ καὶ συμμετρία*, présente édi-
tion; *Ἀυτοματοποιικῶν*, *Math. vet.* Paris, 1693,
in-folio): 7, 9, 10, 32, 33, 34, 38, 46,
56, 57, 61, 62, 63, 67, 68, 71, 73, 90,
108, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 127,
128, 129, 130, 132, 133, 134, 140, 152,
153, 155, 158, 175, 190, 199, 200, 202,

H

225, 226, 227, 239, 249, 251, 281, 284,
294, 295, 296, 298, 303, 303^a, 303^d,
303^e, 303^f, 303^h, 304, 304^a, 305, 305^a,
305^b, 305^j, 306^a, 306^b, 306^j, 306^m, 307,
307^a, 308, 313, 316, 317, 320, 323, 329,
334, 337, 338, 345, 351, 359, 366, 370,
397, 413 = 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40,
43, 46, 48, 68, 89, 113, 139, 143, 147,
148, 149, 152, 166, 182, 188, 201, 206,
220, 238, 243, 249, 277, 283, 299, 310,
336, 438, 441. (Voy. *Βελοποιικῶν*, *Χειρο-
βαλλίστρα*.)
HÉRON de Byzance (*Ἀνομόμου Ἡρώου Βυ-
ζαντίου Πολιορκητικῶν*, Wescher, Paris, 1867),
123 = 23.
Hervag, 68 = 34. (Voy. EUTOCIUS.)
HÉSUCHIUS (*Lexicon*), 157, 180, 207, 245, 247.
HIRTIUS (*Bell. Afr.*, *Bell. Hisp.*, *Bell. civ.*), 24,
295 = 26, 331, 332, 333, 334, 335.
Hœfer (*Nouv. Biogr. univ.*), 6.
HOMÈRE, 229, 233, 306^m = 244.
Horace, 45.
Horreur du vide (Principe de l'), 309.
Humidité (Effet nuisible de l') sur les engins
névrotones, 82, 292.
Hune, 188. (Voy. *Καρχήσιον*, *Affût*, *Carquois*
et fig. 50.)
HUYGENS, 316. (Voy. *Anse de panier*.)

I

Impulsion, 364, 369 = 292.
Incisio, entaille, mortaise, 304, 306.
Inclinatio, inclinaison (*de tir*), 236, 238, 239,
304^a = 189, 249, 264, 286.
Incorrections (de texte), 92, 93, 95, 97, 100,
102, 107, 111, 113, 119 = 92, 94, 95,
98, 99, 100.
Ingénieurs antiques (Science profonde des), 309.
Installation du Déclic (*Chirob.*), 372. (Voy. *Κλει-
σις*.)

Installation des Ressorts (*Chalcot.* et *Chirob.*),
273, 341 = 398.
Instrument (ou Outil), 313. (Voy. *Organum*,
ὄργανον.)
Intérieur (Côté), région en arrière du bâti (*ma-
chine de jet*), 304^a = 183, 283. (Voy. *Τὸ
ἐντός*.)
Intermédiaire (Pied-droit), montant de bâti né-
vrotone joignant la monture, 195, 196, 197,
223, 253 = 214, 279. (Voy. *Μεσοστάτης*.)

Interpolation, 9, 10, 44, 95, 113, 115, 119 = 48.
 Intervalle, distance de deux pièces parallèles, 334, 348, 354, 356, 357 = 213, 407. (Voy. Διδόσημα, Écartement.)
 Intrados de la vouûpe (Chirob.), 359.
 Investissement (Ligne d'), 421 = 480.
 ISMORÉ d'Abydos, ingénieur grec, 453.

ISMORÉ de Milet, géomètre grec, 33, 36, 38 = 34, 36, 37.
 Isocyclorum, terme incorrect des manuscrits de Vitruve, 291.
 Ισα (eis tria), en trois régions égales, 306, 306^b. HÉR. D'ALEX. (Chirob.). (Voy. Compartiment.)
 Ισομήκης, de même grandeur ou profil, 303^c. HÉR. D'ALEX. (Chirob.)

LA
 CHIROBALISTE
 D'HERON
 D'ALEXANDRIE.

J

Jaculatores, soldats armés de javelots, 13. Vêo.
 Jaculum, javelot, 13, 249.
 Javelot, 259.
 JÉRÉMIE (Θρηνοί), 145 = 127.
 Jérusalem (Siège de), 483.
 Josèphe, 483.
 Joes (des pieds-droits) du bâti névrotone, 182.

JOURNAL DES SAVANTS, 87, 303^m, 304^a, 306^a = 87, 175, 266.
 Juger (Tir au), 238 = 165. (Voy. Χένοφρον.)
 JULES L'AFRICAIN (Κατοί, ap. Math. vet.), 303^a.
 JUSTE-LIPSE (Poliorteticôn libri V, Anvers, 1525, petit in-4°), 7, 38 = 25, 31, 41, 126, 247.

K

Καμπακιά, Art des vouûtes, 32, 33, 68, 306^b = 34. EUTOC.
 Καμπιον, arcade, portique, petite vouûte, 34, 41, 45, 68, 69, 71, 124, 130, 303^a, 306, 306^b, 327, 338, 341, 389 = 43, 70, 71, 279, 395, 416. HÉR. D'ALEX. (Chirob.) (Voy. Arcade, Portique, Vouûte.)
 Καμβέσπρια, ressorts (d'acier) balistiques, 31, 34, 40, 45, 49, 56, 67, 69, 71, 72, 122, 124, 130, 281, 284, 293, 294, 301, 303^a, 305, 305^a, 306^b, 306^a, 306ⁱ, 306^e, 306^j, 307^a, 313, 314, 316, 318, 319, 320, 327, 328, 331, 332, 338, 339, 340, 341, 342, 354, 355, 358, 389, 390, 391, 394 = 29, 38, 70, 71, 81, 107, 378, 398, 424, 454, 463. HÉR. D'ALEX. (Chirob.) (Voy. Ressorts, Χαλκόντονον et fig. 23, 24, 31, 32, 34 et 37.)
 (Καμ)β-(σπρι)-ον, forme radicale de Καμβέσπριον, 293, 305^a.
 Κάμπλειν, courber, ployer, 293. 305^a = 71.
 Καμπλήρια, équivalent de Καμβέσπρια, 305^a.
 T. H. MARTIN (de Rennes).

Κάναθος, chanvre (pour engins névrotone), 8. CONST. PORPHYR.
 Κανόνιον, petite pièce de construction, 304, 305, 306, 306^e, 307, 351, 359.
 Κανόν, règle, pièce de construction (en général), 45, 125, 303, 303^a, 303^b, 303^c, 304, 305, 306 = 155.
 Καρχήσιον (et non Καλχησιον), pied de machine de jet, affût, caisson, carquois, hune, 174 = 188. HÉR. D'ALEX., PHIL. DE Bvz. (Voy. Carquois et fig. 50.)
 Κεαρδ, en bas, et par extension en arrière (l'arrière des machines de jet étant la partie la moins élevée des engins), 165, 189.
 Κατάγειν, ramener (de haut en bas, en arrière), refouler le tiroir, mettre l'engin au bandé, 163, 167, 169, 171, 187, 209, 255, 298, 302. (Voy. Ανάγειν.)
 Καταγωγή, refoulement (du tiroir), bandage de l'engin, 168, 176, 277, 291, 300. HÉR. PHIL.
 Καταγωγίς, refouloir, crosse (dans le gastraphète), 125, 164, 303, 303^m = 152, 162. HÉR. D'ALEX.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Κατακλιεῖς, *déclat, cliquet, rochet*, 166, 304^a = 173, 281. HÉR. D'ALEX.
Καταπέλτης ou Καταπέλτης, *catapulte, engin névrotique à projectile aigu* (chez les Grecs) ou *ronde* (chez les Romains), 129, 149, 243, 266. (R. Κατά, Πάλλω.)
Καταπαλτικά, *Art des machines de jet*, 113. BERTON, PAPPUS.
Καταπελτικός (τό), *Balistique appliquée*, 155 = 128, 149. DIOD. SIC.
Κατασκευή, *structure, construction effective*, 303, 307.
Κατεντονεῖν, se dit de l'élasticité des corps, 303. PHIL.
Κατοχσίς, *pièces de retenue, amarres, brides*, 164, 304^a. HÉR. D'ALEX.
Κάτω (eis τὸ μέρος), *vers le bas, vers l'arrière*, 189, 215. HÉR. PHIL. (Voy. Κατά, Ἄνω, Ἄνω.)
Κέρας, *corne ou branche d'arc*, 301.
Kerich (Vases de), 247.
Κιλλίβας, *chevalet, tréteau, affût d'engin*, 277.
Κινεῖν (voy. Κοινεῖν), 304¹.
Κίνησις, *mouvement*, 304^a.
Κισσόφυλλον (voy. Feuille de lierre), 273, 307^b, 386 = 297.
Κλεισίς (et non Κλοῖς), *déclat, batterie*, 85, 116, 303^a, 304, 304^a, 338. HÉR. (Chirob.)
Κλιμάκιον, *échelette, gril, base du portique*, 34, 45, 124, 130, 306, 334, 338 = 416. HÉR. (Chirob.) (Voy. Gril.)
Κλιμακίς, *échelle, monture* (du πάλιστρον ou baliste), 188 = 166. HÉR. PHIL. (Voy. Monture et fig. 9.)
KÖCHLY ET RŪSTOW (Griechische Kriegschriststeller, Leipzig, 1853), 7, 61, 84, 157, 159, 166, 171, 175, 181, 183, 185, 192, 198, 200, 202, 221, 251, 252, 254, 257, 259,

261, 262, 264, 269, 271, 275, 277, 279, 303^a, 303^d, 303^m, 304^a, 306^a = 75, 85, 122, 128, 139, 143, 147, 154, 156, 166, 181, 183, 186, 189, 190, 194, 196, 198, 199, 201, 206, 209, 210, 215, 216, 221, 222, 229, 233, 236, 243, 249, 263, 268, 269, 271, 277, 292, 293, 296, 301, 304, 308, 317, 336, 349, 355, 377, 400, 406, 411, 426, 461.
Κοινεῖν, *ajuster, assembler*, 304, 304¹ = 95.
Κόραξ, *corbeau, doigt d'arrêt, rochet*, 166 = 157. HÉR. (Bélop.).
Κορυφή, *extrémité, pointe, about*, 307, 307^b, 307^d, 385. HÉR. D'ALEX. (Chirob.) (Voy. Ἀνακαμπή.)
Κρατεῖσθαι, *être commandé par, se dit d'une pièce mise en mouvement par une autre*, 292. PHIL. (Βελ. λόγ. Δ̄).
Κρίκος, *anneau, bracelet, contour fermé rigide*, 305, 305^a, 307, 316, 330, 384. HÉR. D'ALEX. (Chirob.)
Κροτεῖν, *battre, écronir* (le métal), 295. PHIL. (Voy. Écronissage.)
Κρότσησις, *battage, écronissage* (du métal), 305. (PHIL.)
Κρόταφον (κατά), *de côté, de profil*, 305, 329. HÉR. D'ALEX.
Κύλινδρος, *cylindre, en général surface de révolution, pièce tournée* (de profil quelconque), 305, 305^a, 321, 329, 330 = 384. HÉR. D'ALEX.
Κωνοειδής, *conoïde, pièce tournée en forme de poire* (c'est-à-dire plus grosse d'un bout que de l'autre), 75, 76, 77, 124, 303^a, 307, 307^a, 307^d, 338, 384, 388 = 38, 446, 447. HÉR. D'ALEX. (Voy. fig. 27 et 28.)
Κωρυκαδής (?), VINCENT, 75. (Voy. Bourse de cuir.)

L, Λ

Lacunes, 94, 95, 113, 114, 116, 117, 119, 306¹, 307^a, 330 = 93, 198, 397.
LAMBÉCIUS (Commentarii de Bibliotheca Caesarea Vindob. Vienne, 1675, grand in-folio), 40,

43, 45, 58, 70, 84, 305^b = 43, 52, 65, 81.
Lame (d'épée), 153, 176, 277, 278. (Voy. Élasticité.)

Lames des étriers, 321, 323.
 — des Καρδέσσια, 273, 275, 305, 306^f,
 306^r, 320, 321, 325 = 455. (Voy. Res-
 sorts.)
Laminae aeneae, 49 = 57. ΜΕΙΣΤ.
Laminae ferreae, 49, 305 = 202. ΜΕΙΣΤ.
 Languette (Profilé à), 125, 303. (Voy. Rai-
 nure.)
 Largeur d'un plein, 329, 330. (Voy. Πλάτος.)
 — d'un vide, 329. (Voy. Εἶδος.)
 Latéral (Montant ou Pied-droit), 176, 195,
 196, 197, 222, 253 = 74, 190. (Voy. Πα-
 ραστάτης.)
Latini scasciclorum (mss. de VITR.), 288.
Latinis scidorum (mss. de VITR.), 287.
Latini scidorum (mss. de VITR.), 288.
Latinis oscillorum (leçon correcte, mss. de VITR.),
 290, 292.
Lationis (mss. de VITR.), 291.
Lationisocyclorum (mss. de VITR.), 289.
Lationisosciclorum (mss. de VITR.), 287.
 Leçons des manuscrits (Χειροβ.), 90, 97, 99,
 102, 113 = 92.
 — éditées, 98, 111, 115, 116, 117, 118,
 119 = 92, 95.
 — inédites (avant ce jour), 98 = 92.
 LÉON (*Tact. de l'empereur*), 12 = 11.
Λεπίδες, lames métalliques, rubans de bronze (ou
 d'acier), 270 = 136, 198. PHIL. (Voy. Ru-
 ban.)
Λιμνοποικιά, Art de construire les ports (titre
 d'un ouvrage perdu de PHILON DE BYZ.), 269.
 Leviers balistiques, 76, 77, 78, 141, 262.

384, 390, 397, 404 = 186, 192, 403.
 (Voy. *Battant, Bras, Ἀγκών* et fig. 4.)
 Levier à collet, 191.
 Lèvres, 154, 233. (Voy. *Bucculae, Rebords,*
Πτερύγια.)
 Liaisons du texte de la *Χειροβαλλίστρα*, 304^r,
 308 = 38.
 Lierre (Feuille de). (Voy. *Κισσόφυλλον.*)
Λιθοβολικά, matériel de pierriers, 237. (Voy.
Πετροδόλος.)
Λιθοδόλος, machine à lancer des pierres, pierrier,
lithobole, 23, 149, 190, 243, 453. (Voy.
Πετροδόλος, Ἐνέκτονος, Μονόκλων, Pierrier-
fronde, Onagre.)
Λογιστής, calculateur, ingénieur, inventeur, 125.
 PARALIP.
 Lombard (Tables de tir de), 237.
 Longeron, 189, 214, 306, 306^b, 306^c, 306^d,
 306ⁱ, 306^m, 334, 335, 336, 337, 339, 342,
 345, 346, 348, 356, 363, 364, 367, 383,
 389, 394 = 277, 397. (Voy. fig. 25 et 26.)
 Losange, 306ⁱ, 377, 389.
 Lucarne, 181, 182, 183, 195, 196, 199,
 202, 252, 253, 254, 279, 306^f, 312 =
 200, 229, 277, 279. (Voy. *Calibre, Τρήμα,*
Trou du barillet, Module, Foramen et fig. 8,
 10 et 11.)
 Lucarnes ovales, dans les machines romaines,
 229. (Voy. *Oblong.*)
 Lunaire (Forme), *lunatum (lignam)*, 303,
 303^m, 370. (Voy. *Σεληνοειδής, Forme ar-*
quée, Croissant, Crosse.)

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

M

MACCHABÉES (LES), 23, 126.
Machina, machine, multiplicateur de force, 313,
 316. VITR.
 Machines (Modèles de), par M. de Reffye, 3,
 4, 369, 371, 421 = 5, 242.
 Mâchoires d'entaille, 373.
 Maillet en bois, 279.
 Main de l'archer, 349, 366, 373. (Voy. *Ar-*
cher.)

Main ou griffe, 164. (Voy. *Griffe, Χείρ, Δέχη-*
λον et fig. 2.)
 Main-qui-lance, 361 = 120. (Voy. *Χειροβαλλί-*
στρα.)
 Mains symboliques de la *Chirob.* 30, 134, 135,
 136, 137, 306^c, 358, 361, 362, 363, 364,
 394, 397, 403 = 120, 424, 425. (Voy.
 fig. 25, 26, 40 et 41.)
 MAIBEROY, 7 = 217.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Magasin de flèches, 188. (Voy. *Caisson, Carquois, Καρχήσιον*.)

Μακροβολεῖν, lancer à grande portée, 21. PHIL.
Mâle (Pièce) d'un emboîtement, 125, 303, 303^d
= 154.

Manche d'outil, 307^a, 307^c, 384, 387, 388
= 194, 277, 359, 435.

Manette, 304, 304^b, 304^h, 304ⁱ, 373, 374,
376 = 39, 359, 435. (Voy. fig. 26 et 27.)

Manitius, 18.

Manivelle, 284 = 315.

Manœuvre de la Chirobaliste, 423.

— du gastrophète, 165. (Voy. *Γαστροφέτης, Ventre*.)

— des machines de jet, 239, 304^h =
165, 215.

Manubalista, main-qui-lance, main-baliste, 13,
14, 15, 16, 17, 29, 30, 31, 52, 54, 55,
56, 59, 60, 62, 122, 139, 235, 281, 285,
295, 301, 310, 306 = 13, 15, 18, 67, 68,
149, 424. Vés. (Voy. *Χειροβαλλίστρα*.)

Manubalistarius, 13 = 13, 42, 67, 282. Vés.

Manuballistra, 43, 46, 73. (Voy. *Manubalista, Χειροβαλλίστρα*.)

Manubrium, manette, poignée, 304.

Manna, main, griffe, 304.

MANUSCRITS DE LA *Χειροβαλλίστρας Κατασκευῆς καὶ Συμμετρίας*, d'HÉRON D'ALEXANDRIE. (Voy. *Χειροβαλλίστρα*.)

Manuscrits (Ensemble des), 6, 8, 9, 86, 89,
90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 111, 106,
302, 303, 304, 305, 306, 307, 303^a, 303^b,
303ⁱ, 304^a, 304^f, 304ⁱ, 304^h, 304ⁿ, 305^c,
305^f, 306^d, 306^e, 306^h, 306ⁱ, 306ⁿ, 307^a,
307^c, 316, 321, 330, 331, 334, 347, 349,
352, 356, 358, 360, 373, 378, 380, 384,
385 = 82, 90, 156, 182, 240, 407, 416,
440, 445.

Manuscrits de la recension byzantine, 5, 9, 91,
113, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 307^a,
307^d = 89, 387, 416, 446.

Manuscrits de la série dite de *Mynas*, 5, 9, 91,
302, 303ⁱ, 304, 305, 306, 307 = 416,
446.

Manuscrits principaux, 91, 99, 100, 102,
108, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 357.

Manuscrits secondaires, 5, 6, 88, 91, 99,
100, 101, 102, 107, 113, 302, 303, 304,
305, 306, 307 = 89, 96.

Manuscrit de MYNAS (Paris, *Supp. gr. 607 = M*),
5, 9, 93, 95, 99, 100, 107, 123, 302,
303, 303ⁱ, 303^h, 303ⁿ, 304, 305, 305^h,
306, 306ⁱ, 307, 307^a = 89, 106, 150,
201, 272. (Voy. fig. 6, 7, 8, 19, 21, 23
et 25.)

Manuscrit de MÉDICUS (Paris, 2442 = P), 100,
107, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 307^a
= 96, 446. (Voy. fig. 19, 21 et 27.)

Manuscrits de Paris, 5, 44, 70, 91, 95, 104,
302, 303, 304, 305, 306, 307, 330 = 89,
90, 446. (Voy. ci-après P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆,
P₇, P₈, P₉.)

Manuscrits du VATICAN (V₁ = 1164, V₂ = 219,
V₃ = 220), 5, 9, 91, 95, 100, 104, 113,
302, 303, 304, 305, 306, 307, 307^a =
89, 90, 96, 272, 246.

Manuscrits de VIENNE (F = 120, F₁ = 140), 5,
9, 40, 58, 70, 85, 91, 93, 95, 107, 302,
303ⁿ = 43, 89, 90.

(F = 120 [olim. 113]), 9, 48, 91, 95,
302, 303, 303ⁿ, 304, 305, 306, 307 =
65, 72, 89, 113.

(F₁ = 140 [olim. 110]), 9, 40, 48, 70,
91, 93, 95, 107, 123, 302, 303, 303ⁿ,
304, 305, 306, 306ⁱ, 307 = 43, 65, 72,
81, 88, 96, 108.

Manuscrits de PARIS (P₁ = 2435), 44, 91, 95,
101, 105, 302, 303, 304, 305, 306, 307
= 88.

(P₂ = 2436), 91, 101, 302, 303, 304,
305, 306, 307 = 88. (Voy. fig. 28.)

(P₃ = 2437), 91, 302, 303, 304, 305,
306, 306ⁿ, 307 = 88.

(P₄ = 2438), 91, 93, 95, 101, 302, 303,
304, 304^h, 305, 306, 307, 330 = 88, 384,
438.

(P₅ = 2439), 91, 95, 101, 113, 302,
303, 304, 305, 306, 307, 330 = 88.

(P₆ = 2445), 91, 95, 99, 101, 302, 303,
304, 305, 306, 307 = 88.

(P₇ = 2523), 91, 95, 101, 302, 303,
304, 305, 306, 307 = 88.

- (P₀ = 26 *Suppl. gr.*), 91, 95, 101, 302, 303, 304^h, 305, 306, 307 = 88, 438.
 (P₀ = 244 *Suppl. gr.*), 91, 95, 302, 303, 304, 304^h, 305, 306, 307, 330 = 88, 438.
Manuscrits de Vitruve (*De Architectura*), 286, 289, 291 = 238, 243, 327. (Voy. VITRUVÉ.)
Manuscrits de Vitruve : Franeker, 289 = 326.
 Paris (16227), 287 = 223, 230, 232, 320, 401.
 Paris (7227), 287 = 223, 230, 232, 321, 401.
 Paris (7228), 288 = 322.
 Paris (7382), 288, 291 = 323.
 Divers, cités par SCHN., 324.
Marcellus (PLUTARQ.), 21, 243.
MARIOTTE, 306.
Marteau de menuisier, 157.
MARTIN (Th. Henri) de Rennes (*Mém. prés. à l'Acad. des inser.* Paris, 1854, t. IV), 64, 66, 70, 71, 72, 305^a = 35, 70, 71, 72, 110, 138, 139.
Masculus, pièce mâle d'un emboîtement, 303. (Voy. Ἀρρήν.)
MASSIAT (*Mém. sur les 1^{re} et 7^e campagnes de Gaule*), 82.
Mastication (Mouvement de), 293.
Matériaux (Résistance des), 309. (Voy. MORIN.)
MATHEMATICS VETERES (Paris, THÉVENOT, 1693, in-folio), 44, 47, 50, 65, 114, 119, 128 = 1, 21, 47, 48, 50, 51, 54, 55, 56, 60, 75, 81, 82, 106, 114, 117, 118, 122, 136, 137, 138, 139, 140, 147, 149, 151, 152, 154, 157, 158, 161, 166, 171, 180, 181, 182, 183, 184, 186, 188, 189, 190, 196, 197, 199, 201, 206, 207, 215, 216, 221, 222, 243, 263, 266, 268, 269, 272, 277, 280, 281, 290, 293, 294, 295, 301, 304, 308, 309, 336, 349, 355, 377, 400, 406, 411, 426, 438, 444, 461, 484. (Voy. THÉVENOT.)
MAURITIUS (*Tact.*), 126.
Μάχαιρα, épée, 136. POLYB.
Mécanique des anciens, 7, 260; 309.
Médecins (Ms. de). (Voy. *Manuscrits de la Χειρο-βιβλιοθήκη*.)
- Μηχανή*, machine, engin, 125. (Voy. *Μαχίνα*.)
Μηχανήματα, engin de guerre, machines, 243. ΑΤΗΝ.
Μηχανικός, ingénieur, 51. (Voy. *Αρχιτέκτων*.)
Μείον pour *μείζον*, 206. KÖCH.-RÜST.
ΜΕΙΒΤΕΡ (*De catap. polybola comment.* Gœttingæ, 1768, petit in-4°), 7, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 120, 305^a = 49, 51, 53, 56, 57, 59, 62, 71, 165, 249, 271.
Ménechme, 220.
Mensa, table, plancher, 166, 206, 207. VITRUVÉ.
Menuisier (Marteau de), 157.
MÉRIMÉE (P.), 227 = 242, 247.
Μεσοστάσις, montant ou pied-droit central (intermédiaire) dans le bâti névrotone. HÉR. PHIL. (Voy. *Intermédiaire*.)
Méthode antique du module, 309.
Μέτρον (Ἐξέτεινε), il a pris ses mesures pour, etc. 127. VULG.
MICHAUD (*Biogr. univ.*), 12, 325.
MILLER (*Journal des Savants*, avril 1868), 87, 303^m, 306ⁿ = 188, 266.
Mine, poids grec = 100 drachmes = 4^h, 363.
Modiolus, tenon, 307 = 203. VITR. (Voy. Τύπος.)
MODULE, 126, 128, 130, 132, 140, 195, 199, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 220, 221, 222, 223, 224, 240, 241, 246, 247, 295, 303^a, 305^a, 305^d, 305^e, 306^h, 306^f, 306^h, 311, 312, 313, 314, 315, 322, 323, 325, 326, 327, 328, 331, 332, 339, 341, 353, 356, 365, 366, 367, 369, 370; 376, 377, 383, 385, 387, 389, 390, 393, 394, 395, 397, 398, 402, 420 = 206, 216, 219, 223, 228, 263, 293, 359, 411, 432, 463. (Voy. *Εύκαρνε*, *Τρον*, *Τρήμα*, *Foramen Calibre*.)
Moignon, 297. (Voy. *Πτέρνα*, *Talon*.)
Moïse, 171, 185, 186, 194, 213. (Voy. fig. 5.)
Μονόκλων, engin à battant unique (à battement vertical), pierrier-fronde, 295 = 149, 186, 243, 249. PHIL. (Voy. *Pierrier-fronde*, *Ἐκδοτικός*, *Onagre*, *Catapulte romaine*.)

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

MONITEUR UNIVERSEL (*Variétés*, 9 nov. 1867, par M. P. Mérimée), 227 = 148, 249.
Montage, 197, 198, 252, 253, 255 = 279.
Montanum, de montagne (*artillerie*), 49. (Voy. *Όρινοβάτης*.)
Montant, pièce verticale du bâti névrotone, 169, 176, 305, 305^a, 313, 314, 316, 317, 321, 322, 324, 325, 326, 327, 328, 341, 370, 390, 391 = 74, 190, 193, 223, 277, 279, 378, 456. (Voy. *Pied-droit* et fig. 6, 23 et 24.)
Montée d'une voûte surbaissée, 320, 350. (Voy. *Anse de panier*.)
MONTESQUIEU (*Grandeur et décadence des Romains*), 136.
Monture, corps longitudinal d'une machine de jet, 160, 161, 162, 164, 166, 188, 224, 235, 262, 281, 314, 331, 334, 336, 339, 344, 346, 347, 365, 366, 370 = 152, 159, 166, 188, 189, 243, 359, 407, 424, 437. (Voy. *Κλιμακίς, Σύριγξ*.)

MORANDIÈRE, inspecteur général des ponts et chaussées, 369.
MORIN, *Leçons de mécanique pratique*, Paris, 1853, in-8°.
Mortaise, 303, 306, 336 = 152, 200, 206. (Voy. *Τρήμα, Incisio*.)
Mot maintenu avec raison, 114, 116.
Motif d'ornementation, 362. (Voy. *Décor artistique*.)
Mouffles, 53, 174, 309 = 175.
Moulage du bronze, 271, 386.
Mouton, 304^a, 304^l. (Voy. *Déclat, Sonnette*.)
Moyen âge (*Artillerie* du), 59.
Mulets (*Attelage* des) à la charrue, 306^m. (Voy. *Έπιλοπα*.)
Musée d'artillerie (Paris), 4, 78 = 148.
— de l'Ermitage (Saint-Petersbourg), 247.
— de Saint-Germain-en-Laye, 4 = 148.
Mynas (Ms. dit de *Minoïde*). (Voy. *Mss. de la Χειροβαλλίστρα*.)

N

Nabuchodonosor, 49.
NAPOLÉON III, 80, 87.
Navale (*organum*), machine de jet navale, 49.
Νεανικῶς, vivement, à petits coups rapides, 304.
PHIL. (Voy. *Battage, Écrouissage, Κρότησις*.)
Nerfs, tendons pour faisceaux névrotones, 82, 141, 198, 269, 279 = 217, 316. (Voy. *Faisceau, Τόπος, Fibre*.)
Nervinus (*funis*), câbles de fibres tordues, 17. *Vés*.
Nervus, faisceau tordu, 15, 82, 277, 290, 316. VITR. (Voy. *Nerf, tendon, faisceau, fibre, Τόπος*.)
NESSL. (*Breviar. ac Suppl. Comment. Lambecii*, Vienne, 1690, in-folio), 43, 45 = 46, 52.
Νευρά, corde archère, 159 = 33, 167, 209.
HÉR. PHIL.
Νεύρον, nerf, tendon (à fibre élastique), 8. HÉR.

Νευρότονος (et non *νευρότονος*, ou *νευρότονον*), 106, 185.
Névrotone (*Système* dit), à torsion de nerfs, névrotone, 15, 50, 80, 82, 84, 122, 132, 142, 154, 173, 185, 198, 200, 237, 241, 248, 249, 252, 263, 264, 285, 295, 299, 301, 305^a, 305^c, 305^l, 306^a, 306^l, 310, 311, 312, 332, 344, 370, 397, 416 = 82, 127, 149, 182, 212, 229, 236, 279, 292, 307, 308, 310, 316, 330, 437, 456.
NEWTON (William), traducteur de VITRUBE, 152, 161, 203, 204.
Nicomède, géomètre grec, 220.
Noix de la détente d'un engin, 162.
Nomenclature antique, 239 = 74, 154, 243.
NONIUS, 23.
Noria, chaîne à godets, 309.
Notations graphiques (*Chirob.*), 91, 95, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 302, 380 = 240, 416. (Voy. *Renvois aux figures*.)

O, Ω

- Obliques (Directrices), 370.
 Obliquité des ailes palintones (Baliste, Chirob.), 307^b, 337 = 240.
 Oblong (Collier), 316. (Voy. Κρίκος.)
 Oblong ou ovale (Barillet), 229.
 Observation (Poste d'), 188. (Voy. Affût, Carquois, Καρχήσιον, Hans.)
 Œil, trou rond, 304, 304¹, 373, 377. PHIL. (Voy. Ὀπή.)
 Oiseau, 190 = 188. (Voy. Πτέρυξ.)
 Ὄμοτονόουτος, à Ganisson, 277, 279. (Voy. Sonitus.)
 Onagre, pierrier-fronde, 15, 16, 29, 30 = 15, 17, 19, 149. (Voy. Μονόκλων, Ἐνάτονος, Καταπίτε romaine.)
 Onciales (Confusion de lettres), 88, 201, 416. (Voy. Quantités numériques.)
 Onglet (Assemblage à), 346.
 Ὄξυβελής, oxybèle, engin à projectile aigu, 220, 262, 397 = 149, 190, 206, 243, 266, 274, 279, 282, 286, 299. PHIL. (Voy. Καταπίτε, Gastraphète, Chirobaliste, Baliste.)
 Ὀπή, ail, trou rond, 304, 304¹, 306. HÉRON.
 Organe balistique, 122, 301, 344 = 212, 236. — oscillatoire, 294.
 Ὀργανον, organum, outil, engin, 190, 237, 282. HÉR. PHIL. VITR. (Voy. Μηχανή.)
 Ὄρθογώνιον, rectangle, 201. PHIL.
 Orient, pays d'origine des machines de jet, 143.
 Orientation des pièces d'une machine, 187, 191, 320, 331, 332, 340, 341, 344, 358, 362, 389, 390 = 166, 182, 207, 210, 219, 240, 241, 424, 454. (Voy. Versura, Deformatio.)
 Origines des machines de jet, 159. (Voy. fig. 4.)
 — des ressorts métalliques, 268, 281.
 Ὀρισοδέτης, à plan incliné, à monture oblique, ou peut-être engin (gastraphète) de montagne, 53. BITON.
 Ornement moulé, 330, 386.
 Ornementation des engins, 403. (Voy. Décor artistique.)
 Ὄς, uti, ut, comme, égal à; 128, 129 = 238. HÉR. VITR.
 Os, bouche, 293.
 Oscillari, osciller, vibrer, 293. VITR.
 Oscillation, 283.
 Oscillum, pièce vibrante, ressort métallique, 31, 122, 281, 290, 292, 293, 294 = 326, 328. VITR. (Voy. Pendulum.)
 Oscitare, bailler, 293.
 Osier, 464.
 Ovale (Tracé de l'), anse de panier, 364, 365. — des Καυσέστρια (Chirob.), 133, 284, 293, 294, 305, 305^a, 305^b, 305^c, 305^d, 306^f, 316, 317, 318, 319, 320, 324, 326, 327, 328, 331, 332, 339, 340, 363, 391, 394, 405 = 359, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 458, 463. (Voy. Κρίκος, Ἀριστόκυκλος et fig. 29, 30, 35 et 55.)
 Ovale (Lucarne), dans l'artillerie romaine, 229.
 ΟΥΙΔΕ (Μεταμορφώσεις), 347.
 Ὄφρος, rebord mince, 273. PHILON.
 Ozias, 144 = 125.

P, Π

- Π (Pièce en forme de), 304^f, 304^a, 321, 378, 379, 380. (Voy. Πιστόριον.)
 PALŒOLOGUES (Recension des manuscrits de la Poliorcétique au 1^{er} siècle, sous les auspices des), 5 = 89. (Voy. Manuscrits de la Χειροβ. Recension byzantine.)
 Παλίντονα τόξα, arc à double courbure, arc palintone, 229, 305^a = 242, 245. HÉRODOTE, HOMÈRE. (Voy. Arc arabe, scythe.)
 Παλίντονον (ὄργανον), engin palintone, à battants extérieurs ou convergents, baliste, 4, 78, 79, 122, 123, 158, 175, 188, 193, 194,

LA
CHIROPALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

195, 198, 199, 201, 203, 225, 227, 228, 229, 233, 234, 235, 236, 239, 240, 244, 245, 246, 247, 248, 281, 295, 298, 300, 305^a, 331, 339, 342, 344, 370, 419, 420 = 31, 70, 148, 149, 165, 166, 182, 186, 190, 206, 207, 214, 216, 219, 231, 240, 241, 242, 244, 245, 247, 249, 263, 268, 282, 299, 330, 411, 424, 458, 464. HÉR. PHIL. (Voy. *Baliste*, *Scorpion* et fig. 9 et 54.)
Palintone (Battement), 158, 188, 193, 227, 236, 240, 281, 295, 298, 301, 306^a, 311, 319, 320, 327, 331, 371, 389, 390, 392, 397 = 148. (Voy. fig. 9 et 13.)
Pappus d'Alexandrie, 113, 220.
Parabole (Tracé de la), 33 = 34.
Parabolique (Tir), 236.
PARALIPOMÈNES, 125.
Parallèles, nom donné par Perrault aux tables ou écussons des engins névrotone, 200.
Παραστάτης, montant, pied-droit (du bâti névrotone), 176 = 191, 216. HÉR. PHIL. — *Parastada*, 191, 206. VITR. — *Parastade*, 191. DUF. — *Parastate*, 74, 401. (Voy. *Ανωστάτης*, *Μεσοστάτης*, *Pied-droit latéral*.)
Paris (Mss. de). (Voy. *Mss. de la Χειροβαλλίστρα*.)
Paris d'Herculanum, 247.
Pattes de scorpion, 424.
Πάχος, épaisseur ou diamètre, 306, 306ⁱ, 317, 337, 345, 359 = 417.
Πελεκνοειδής, en fer de hache, en queue d'aronde, 303^c.
Πελεκίνος, comme πελεκνοειδής, 125, 303, 303^c.
Πελεκινωτός, comme πελεκνοειδής, 303, 303^c.
Pendulum (*oscillam*), 328. TERTULL.
Πεντασπίθαιμος (δέξυελής), engin à flèche de 5 empan, 266. PHIL.
Percée (Pièce), 200. (Voy. *Περίρητος*, *Découpage*.)
Περιοχής, moyeu de rotation, 296. PHIL.
Περιστομής, outil à bec, 296. PHIL.
Περίρητος, pièce découpée en courbe, écussion, HÉR. PHIL.; *Peritretas*, *scutula*, *tabula*, VITR.; *Péirète*, DUF. 130, 180, 314 = 74, 200, 215, 223, 401. (Voy. *Scutula*.)

Περόνη, broche, goupille, 304. HÉR. (*Chirob.*) (Voy. *Fibula*.)
PERRAULT (Cl.), *Architecture de Vitruve*, Paris, 1673, in-folio, 7, 55 = 178, 200, 315.
Πετροδόλος, pierrier, 149, 243, 266. PHIL. (Voy. *Λιθοδόλος*, *Ενάτονος*, *Μονόγκων*, *Pierrier-fronde*, *Onagre*, *Catapulte romaine*.)
Peuplier, 464.
Pièce, 303^b = 155. (Voy. *Καρόν*.)
Pied, mesure de 16 doigts (= 0^m.308), 303^a.
— des Καμβίστρια, 354. (Voy. fig. 37.)
— des machines de jet, 174, 262 = 186, 243. (Voy. *Affût*, *Καρχήσιον*.)
Pied-droit, montant du bâti névrotone, 176, 177, 178, 181, 182, 185, 191, 193, 195, 196, 197, 206, 221, 253, 306^b = 193, 195, 206, 214, 216, 279. (Voy. *Montant* et fig. 6.)
Pied-droit central (unique), 279. (Voy. *Μεσοστάτης*.)
Pieds-droits jointifs, 206.
Pierre, 199, 227, 295 = 49, 249.
Pierrier, 16, 144, 151, 158, 203, 219, 295 = 149, 243, 266, 282, 453. (Voy. *Λιθοδόλος*, *Πετροδόλος*, *Ενάτονος*, *Μονόγκων*, *Onagre*, *Catapulte romaine*.)
Pierrier-fronde, à battement vertical, 295 = 149, 243. (Voy. *Ενάτονος*, *Μονόγκων*, *Catapulte*, *Onagre*.)
PINDARE, 1, 83, 135, 140, 229 = 83, 119, 120, 144, 244.
Piston, 309.
Piton, 305^e.
Πιτάριον, pièce en forme de Π, ancre double, amarre de la batterie, bride, 94, 95, 304, 304^f, 304^g, 305^f, 305^h, 321, 378, 379, 380, 381 = 445. HÉRON (*Chirob.*). (Voy. *Amarre*, *Ancre* et fig. 21, 22, 23 et 24.)
Pittarium, 304, 304^f, 304^g. (Voy. *Πιτάριον*.)
Pivot, 77, 234, 273, 280, 304^h, 304^g, 305^a, 305^f, 305^b, 307^a, 307^d, 321, 327, 331, 333, 370, 376, 377, 381, 382, 385, 387, 389, 390, 391, 392, 404, 405 = 219, 279, 292, 296, 330, 359, 436, 440, 441, 445, 456. (Voy. fig. 26, 27 et 28.)
Pivoter (librement), 304, 375.

Phalanges des doigts, 363, 364, 394.

Phéniciens, inventeurs de la Baliste, 143.

PHILON DE BYZANCE, ingénieur grec (Βελονοικῶν λόγος Δ, Διαμεσοποιικῶν λόγος Ε; ΜΑΤΗ. VET. p. 49-104, et ΚΩΧΗ. RÛST. p. 240 à 316), 7, 47, 50, 61, 78, 82, 83, 84, 122, 123, 141, 142, 152, 153, 154, 155, 200, 201, 225, 226, 230, 244, 249, 250, 251, 252 à 260, 261, 262, 263, 267, 274, 280, 303^κ, 304^δ, 307^α, 307^β, 308, 309, 310, 312, 314, 342, 365, 397=5, 21, 56, 68, 71, 75, 82, 126, 136, 139, 149, 154, 166, 186, 188, 190, 201, 206, 216, 220, 223, 228, 229, 232, 243, 249, 255, 263, 266, 268, 269, 270, 272, 274, 277, 279, 280, 282, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 330, 349, 411, 461, 480, 488.

Places (Défense des), 422 = 268.

Plan (ou axe) du tir, 245, 246, 247 = 216, 231.

Plancher, 186, 212 = 207.

Planchette découpée, 306° = 152, 201, 403, 407.

———— (Dessin sur), 346.

Planisphère ou Zodiaque de Dendérah, 297. (Voy. fig. 16.)

Planisphère des travaux de Thésée, 297. (Voy. fig. 16.)

Plat (Pièce posée à), 229.

Plateau, 160.

Platon, 403 = 220.

Πλάτος, largeur ou diamètre d'un plein, 303, 305, 305°, 329, 330, 357, 368 = 417.

HÉR. PHIL. (Voy. Εἶδος.)

PLAUTE, 126.

Πλαῖον, 305, 305°, 314.

PLINE, 143 = 124.

Πλισθίων, bâti, cage (de l'appareil névrotome), 130, 169 = 130, 178, 283. HÉR. PHIL.

— Capitalum, VITR.; chapiteau (?), PERR.

— Arcade, portique (pour engin. portatif),

V. PROU. (Voy. Arcade, Portique, Cage, Châssis, Cadre.)

Plongeant (Tir), 236. (Voy. Parabolique, Incliné, Retombant.)

Ployage forcé, 317.

PLUTARQUE, 19 = 21, 131, 145, 424.

Πνευματικά, Pneumatique, 130, 309.

Poids du projectile, 199, 218, 219, 259, 309,

420 = 218, 268, 463.

— de l'engin, utilisé pour le bandage, 303^π, 405 = 468.

— des faisceaux, 268.

— de poudre ou charge, 236.

Poignée, 194, 435.

Pointage, 174.

Pointe de flèche, 369, 393, 394 = 15.

Poire (En forme de), 307^σ = 297, 446. (Voy. Κωνοειδής.)

POLIORCÉTIQUE DES ANGIENS, par Dureau de la Malle, 230.

POLIORCÉTIQUE DES GRECS, par M. C. Wescher (Paris, 1867, in-4°, Impr. impér.), 3, 85, 86, 87, 88, 103, 117, 128, 227, 251, 302, 303^ι, 303^κ = 2, 5, 23, 24, 33, 51, 60, 88, 96, 102, 103, 111, 112, 113, 115, 137, 140, 149, 150, 156, 166, 181, 189, 198, 199, 201, 243, 272, 277, 336, 377, 387, 388, 397, 406, 438, 446, 453, 484.

Πολυβόλος (Ὀξυβελής), engin polybole ou revolver, 47 = 255, 271.

POLYBE, Hist. 18, 19 = 20, 126, 136, 305.

Pommeau, 307^α, 307^β, 385, 390, 391, 405 = 197. (Voy. Κωνοειδής, Poire, Bourrelet et fig. 27 et 28.)

Pompe, 309.

Popilius Lænas, 135.

Portée des engins, 238, 252, 257, 259, 263, 264, 322, 416, 418, 419, 420, 421 = 279.

— (Amplification de la), 262, 264, 279.

Portée de la Chirobaliste, 415, 416, 422.

Porticus, portique, 306, 341, 349, 351, 352, 353, 356, 360, 361, 365, 370 = 178, 279, 359, 395. (Voy. Bâti, Cage, Πλισθίων et fig. 25, 26 et 39.)

Ports (Construction des), 266.

— (Défense des), 269.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

LA
• CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Poste d'observation, 188. (Voy. *Affût, Hune, Καρχήσιον.*)
Pressoir, 315.
Poulie, 174, 309 = 212.
Poutrelles armées, 332.
Précision (Outil ou engin de), 313. (Voy. *Όργανον.*)
Præter cardines, sans compter les tenons, 227.
VITR. (Voy. *Χωρίς τέρμων.*)
Principaux manuscrits de la Chirobaliste. (Voy. *Manuscrits de la Chirobaliste.*)
Profil (De), 305, 321, 329. (Voy. *Κρόταφον [κατά].*)
Profilée (Pièce) à rainure ou languette, 303, 303^a.
Projectile, 158, 168, 187, 227, 264. (Voy. *Βέλος.*)
—— rond, 199 = 465, 486.
—— aigu, 199, 220 = 61, 486.

Prolixa brachiola (balistæ), 21. VÉG. (Voy. *Βραχίσιον.*)
Proportions des machines de jet, 201 à 224, 252, 332, 342, 353 = 412.
Πτέρνα, talon du battant, 194, 199, 283. HÉR. PHIL. (Voy. *Talon.*)
Πτερύγιον, ailette, rebord, bord d'une glissière, 216 = 154. HÉR. (Voy. *Buccula.*)
Πτέρυξ, aile, ensemble d'une machine de jet, 190 = 188. HÉR. (Voy. *Affût, Καρχήσιον.*)
PTOLÉMÉES (Progrès de l'artillerie sous les), 141, 152, 153, 305^a.
Ptolémée I^{er}, 139.
Ptolémée Philadelphie, 139.
Ptolémée VI, 135.
Ptolémée VII (Évergète II), 139.
Πυροβόλον, arme à feu, canon, 23.
Puissance supérieure du *Χαλχόστονον*, 279.

Q

Quadrangulos (in cardines), 303.
Quadratum seu dolatum, 303^a.
Quantités numériques, 91, 95, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 345 = 188, 272.
Queue, 339, 344, 373, 375, 376, 377, 378,

383, 384, 388, 394, 398, 401 = 152, 162, 359, 438, 462, 464. (Voy. fig. 42.)
Queue d'aronde, 125, 160, 161, 303, 303^a, 305^a, 368. (Voy. *Πελεκίνος, Securiclatus.*)

R, P

Rainure, 160, 161, 164, 303^a, 303^b, 305^a, 307^a = 153.
Rainure (Profilé à), 125, 203. (Voy. *Languette.*)
Rampant de fronton antique, 327.
Rasant (Tir), 236 = 249.
Rebord, 216, 252, 305^a. (Voy. *Buccula, Πτέρυγιον.*)
Recension byzantine (Manuscrits de la), 9 = 89. (Voy. *Manuscrits de la Chirobaliste.*)
Rectangle antique (2 de base pour 1 de hauteur), 345, 350, 365, 368, 370, 385, 389, 394.
Recul, 233, 300 = 245.
Reculons (A), 70.

REFFYE (M. VERCHÈRE DE), 3, 78, 87, 227 = 148, 183, 184, 205, 241, 242.
Refoulement, 168, 175.
Refouloir, 164, 165, 303^m = 152, 163. (Voy. *Crosse, Καταγωγίς.*)
Refus (Jusqu'au), 304, 304¹, 375.
Regula, pièce de machine, 303^b, 304 = 206.
VITR. (Voy. *Κανόν.*)
REIMER (*Hist. problem. cubi duplic.* Gœttinge, 1798, in-8°), 220.
Relâchement des faisceaux, 257.
Remblai de fortification, 266.
Renflement des pieds-droits, 177, 307^b, 307^d = 197. (Voy. fig. 6.)

Repos (Engin au), 216, 231, 242.
 Résistance des matériaux, 309.
 ——— passive, 406.
 Ressorts métalliques, 31, 34, 50, 51, 52, 75, 82, 122, 124, 141, 142, 249, 261, 268, 270, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 285, 292, 295, 305, 305^a, 305^b, 305^d, 305ⁱ, 306^b, 309, 310, 324, 339, 351, 404, 405 = 38, 39, 81, 265, 282, 292, 293, 299, 308, 330, 425, 462, 473. (Voy. Καμβέσρια.)
 Ressorts d'acier, 76, 122, 123, 133, 153, 154, 384 = 293, 359, 451, 455.
 ——— de bronze, 84, 122, 123, 153, 249, 261, 270, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 309 = 136, 271, 305. (Voy. Χαλχόστονον et fig. 15.)
 Ressort à boudin, 284.
 ——— grinçant, 293. (Voy. Τρίξεν, Stridere.)
 Restitutions (de texte), 112, 116.
 Retombant (Tir), 236 = 249. (Voy. Παραβολική.)
 Retombées d'une voûte, 356, 361.

Retractus, recul, mouvement à reculons, ruade, 28, 235, 300 = 31, 70. TERTULL. (Voy. Παλιντονον.)
 Revolver (Catapulte), 47 = 255, 271. (Voy. Πολυβόλος.)
 Rochet (Roue à), 205, 206. (Voy. Doigt, Corbeau, Κόραξ.)
 Romains (Relations des) avec l'Égypte, 153.
 Ρομβοειδής, en forme de parallélogramme, 201. HÉR. PHIL. (Voy. Ὄρθογώνιον.)
 Rondelle, 305^a, 305^f = 463.
 Ροπή, force vive, impulsion, 289. PHIL.
 Rotatoire (Mouvement), 283. (Voy. Versatio.)
 Roue dentée, 315.
 ——— hydraulique, 309.
 Ruade (Par), 31, 300 = 70. (Voy. Recul, Retractus.)
 Rubans métalliques, 270, 271, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 305, 305^a, 305^b, 305^d, 305^e, 305^f, 305ⁱ, 305^j, 317, 320, 328, 329, 370 = 136, 310. (Voy. Δεσίδες.)
 Ruban en spirale, 284 = 315.
 Rudiment (fil névrotone), 82 = 292, 456.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

S, Σ

Σ lunaire, 305^e.
 ∞ (Arc en forme de), 247.
 Sabot, 306, 306ⁱ, 306^j, 334, 337, 338, 339, 340, 343, 344, 348, 354, 358, 362, 363, 370, 389, 394 = 197, 397, 425. (Voy. fig. 30, 31, 41, 42 et 43.)
 Sagitta, flèche, baguette de trait, 13 = 13, 15, 243, 334.
 Sagittarius, archer, 13, 15, 18. (Voy. Archer.)
 Saillie, 366, 385, 386.
 SAUMAISE (*De re milit. Roman.* Leyde, 1657, in-4°), 7, 39 = 40, 200.
 Scala, échelle, 306.
 Sidoran (voy. Manuscrits de VITRUBE), 291.
 Scie, 122.
 Scipion Émilien, 20.
 Σκαυδύρες (voy. Σκευδύρα), 157.

Σκευδύρα, tenailles, 157. HÉR.
 Σκληρότης, rigidité, 151.
 Σκολόπες (voy. Σκευδύρα), 157.
 SCHNEIDER (*De Architect.* VITRUBE, Leipzig, 1807, in-8°), 7, 286, 287, 289, 290, 303^b, 303^c, 303^d, 305^b, 307^a = 21, 27, 28, 105, 139, 141, 149, 154, 156, 190, 200, 202, 203, 206, 207, 216, 221, 223, 227, 229, 230, 232, 238, 243, 268, 277, 279, 311, 316, 317, 318, 319, 324, 326, 327, 344, 346, 401, 411.
 SCHOLIASTE d'Homère, 245.
 SCHWEIGHÆUSER (ATHÉNÉE, *Dipnosoph.* Strasbourg, 1801-1807, in-8°), 139.
 Σκορπίδιον, scorpion, machine de jet (petit calibre), 18, 21, 299 = 20, 23. POLYB. VULG. (Voy. Ὄψιθελής, Χειροβαλλίστρα.)
 Scorpio, scorpion, 23, 24, 55, 122, 158, 235,

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

- 282, 285, 305^a = 15, 18, 19, 22, 25, 243, 277. VITR. VÉO. (Voy. *Manubalista*.)
- Scorpion, *engin palintone à projectile aigu, petite baliste*, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 56, 59, 60, 143, 175, 235, 237, 281, 282, 283, 285, 292, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 396, 418 = 18, 20, 25, 30, 70, 149, 316, 331, 424. (Voy. *Chirobaliste*, Σκορπίος et fig. 17.)
- Scorpion (insecte), 296, 297, 298 = 31, 424. (Voy. *Zodiaque*.)
- roussâtre, 297. (Voy. fig. 16.)
- Σκορπίος, *scorpion (insecte et engin balistique)*, 19, 158, 296 = 20, 23, 149, 243, 424.
- Scorpius, *scorpion (insecte), signe du Zodiaque*, 25, 31, 247. MANIL. (Voy. fig. 16.)
- Scutula, *écusson, table du bâti palintone*, 180 = 200. VITR.
- Secondaires (Manuscrits) de la Χειροβαλλίστρα. (Voy. *Manuscrits de la Chirobaliste*.)
- Securielatus, *en queue d'aronde*, 303, 303^c. (Voy. *Queue d'aronde*, Πελεκίνος.)
- Σεληνοειδές σχήμα, *forme lunaire, écroissant, crosse (de gastraphète ou de chirobaliste)*, 125, 303, 303^m, 370 = 152. HÉRON (Chirob.). (Voy. *Lunaire, Croissant, Crosse*.)
- Semelle, 169, 170, 173, 183^c. (Voy. *Table, Écusson, Scutula*, Περίηρητος.)
- SÉNÈQUE (Quæst. natur.; De Tranq.), 27, 283, 292, 305^a = 30, 126, 145, 314.
- Septante (Version des), 127.
- Serpenteau (Serpentin, VINC.), 304, 304^a, 304ⁱ, 304^h, 304^m, 304ⁿ, 348, 377, 378, 380, 382, 383 = 35g, 438, 441, 442. (Voy. Δρακόντιον et fig. 21 et 22.)
- Serratoria machina, *scie à main*, 122. AMM. MARC.
- Serrure (Pièce de), 304^a = 57.
- Servants des machines de jet, 342 = 214.
- Σιδηρότονον, *sidérotone, engin à ressorts de fer (acier)*, 75, 76, 80, 285. (Voy. Καμβέστρα, *Ressorts d'acier*.)
- Siège du déclie (sur le tiroir), 372. (Voy. Κλίσσος.)
- Siège (Engins de), 421 = 266.
- Sigles des manuscrits de la Χειροβ. 302.
- SILBERSCHLAG (*Dissert. sur les princip. mach. de guerre des anciens*, Mém. de l'Acad. de Berlin, 1760, p. 378 à 432), 7 = 159, 183, 201, 205, 207, 225, 249.
- SILENOS, *artiste grec cité par Tite-Live*, 22.
- Silhouette, 425. (Voy. *Décor artistique, Ornementation*.)
- SILIUS ITALICUS, 45.
- Si vis pacem... 120, 157.
- SISENNA, 23.
- Solidité des constructions antiques, 252.
- Sommets principaux (d'un canevas d'épure), 362, 363. (Voy. *Canevas, Épure*.)
- Sommier, 184, 205, 255. (Voy. Τριπέδός et fig. 8.)
- Son musical (des cordons névrotones), 268, 277. (Voy. *Sonitus, Unisson, Ομοτονούντως*.)
- Sonitus, *son musical*, VITR. (æqualem sonitum respondere, vibrer à l'unisson, ομοτονούντως, PHIL.), 268, 277.
- Sonnette à déclie, 304^a, 304ⁱ.
- Soubassement (du Portique, Chirob.), 353.
- Sous-talon, 179. (Voy. Ύποκλίση.)
- Spiculum, *pointe de flèche, dard, flèche légère*, 14, 396 = 15, 21, 31. VÉS. AMM. MARC.
- Σπιθαμιαίος, *d'un empan*, 397.
- Σπιθαμος, *empan* = 12 doigts = 0^m. 231.
- Σοφία, *science*, 144.
- Sophocle, 1, 403.
- Saint-Germain (Musée de), 4 = 148.
- Stade, 483. Longueur = 186^m.
- Statistique, 85, 89, 90, 97, 101, 110.
- Stéréotomie, 33. (Voy. Καμάρινά.)
- Στήματα, *supports*, 304^a. (Voy. Κατοχαίς.)
- Stoïciens, 145.
- STRATICO (VITRUBE, Venise), 152, 161, 201, 203, 204, 207, 315.
- STRI (racine), 293, 305^a. (Voy. Καμβέστρα.)
- Stria, *cannelure (d'une colonne)*, 305^a. VITR.
- Σπλύξ, *cannelure*, 305^a.
- Strident, *grinçant*, 305^a.
- Stridere dentibus, *grincer des dents*, 293, 305^a. CELS.
- Στυλίδιον, *colonnnette, pilastre*, 306, 306ⁱ. Hka. (Chirob.).

Substitutions, 95, 113, 119.

Sucula, treuil, 277.

Suidas, 136.

SULPITIUS (VITRUBE, *De Architect.* Venise, 1497, in-folio), 287, 291 = 317.

Support, 207.

—— (de déclic), 161, 162, 304^c. (Voy. fig. 2.)

Suppressions, 95, 113, 114, 117, 119.

Surbaissée (Voûte), 320.

Sursum ac deorsum, sens dessus dessous, 314. SÉN.

Stylus, style, pointe, colonne, 306.

Σχαστήρια, verrou, gâchette, détente, 164, 304, 304^d, 375 = 441. HÉR. PHIL. (Voy. *Verrou, Gâchette, Détente.*)

Συμβόλιον, outil de commettage, 169 = 180. HÉR. (Voy. *Commettage.*)

Symbole (de la Chirobaliste), 138.

Σύμμετρος, de dimension proportionnée, 345. HÉR.

Συμφωνίς, assemblé à demeure, rivé à, 303, 303^a, 305, 305^o, 305^b, 307, 330, 388. HÉR. PHIL. (Voy. *Ἀρμολόγ.*)

Synthèse (de la Chirobaliste), 131, 132, 133, 303ⁱ, 304^k, 305^f, 305^g, 306^e, 306^g, 306^l, 308, 310, 315, 316, 348 = 32, 103.

Syracuse (Siège de), 18, 266, 424.

Syriens, *inventeurs de la catapulte*, 143.

Σύριγξ, corps, monture, coulisse d'αξυδαλής, 125, 164, 188, 303, 303^d = 159, 166, 189, 206, 243. HÉR. PHIL. (Voy. *Coulisse, Monture.*)

Syrinx, coulisse, monture, 303.

Σωλήν, pièce à rainure, bois rainé, 303, 303^c, 303^b, 307, 307^o. HÉR. PHIL.

Σωληνοειδής. (Voy. *Σεληνοειδές σχήμα.*)

T, Θ

Tà ☾, *côtes arquées (de la chirobaliste)*; 306, 306^a, 345. (Voy. *Arce-boutants.*)

Tables (de tir), 237, 241, 243, 408, 409, 411, 416. (Voy. LOMBARD.)

Tables, *semelles du bâti euthytone*, 180, 186, 195, 197, 221, 299, 306^b, 314, 347 = 207, 215, 293, 424. (Voy. *Tabula, Semelle et fig. 10.*)

Tabula, table du bâti αξυδαλής, 200. VITR. (Voy. *Semelle.*)

Tacite, 126.

Tailloir, 357.

Ταλαντιαῖος (πετροδόλος), pierrier d'un talent = 26^t, 266. PHIL.

Τάλαντον, poids grec = 26^t, 178.

Talon (de battant), 273, 307^a, 307^b = 283, 292, 297, 299. (Voy. *Πτέρνα, Coude.*)

Taquet de scie, 141.

Tasseau, 170, 172, 179, 189, 303ⁱ, 314, 334, 336, 339, 355, 366, 367 = 279, 359, 395, 407. (Voy. *Ἐπιζυγίς, Frein, Fourrage.*)

Telum, trait, 295. (Voy. *Βέλος, Trait, Flèche, Projectile.*)

Temperatura (machinarum), montage, mise à point (des machines), 277. VITR.

Tempora (Per), de profil, 305. (Voy. *Κρόταφον [κατά].*)

Tenaillies, 162. (Voy. *Σκευδάλια.*)

Tendeur, *machine à bander les faisceaux névrotones*, 185, 198, 256 = 277, 279. (Voy. *Ἐντόμιον.*)

Tendon, 141, 198.

Tenon, 183, 184, 185, 197, 206, 253, 271, 304, 304ⁱ, 336, 352, 370, 375 = 152, 160, 197, 397. (Voy. *Τόρμος, modiolus.*)

Tenon (Double), 177, 178, 181, 306. (Voy. *Διτορμία.*)

Tension balistique, 242, 243, 246, 247, 248, 258, 401 = 268, 330.

—— droite, 249.

TENTYRIS (voy. *Dendrah*), 297.

TERTULLIEN (*De Scorpio, de Pallio*), 28, 235, 292, 296, 300 = 31, 70, 248, 328.

Τετραμαῖος (πετροδόλος), pierrier de 4 mines, 266. PHIL.

Texte de la *Χειροδαλλίστρα*, 91.

Θήλυς, pièce femelle, 125, 303, 303^a = 154.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Théocrite, 403.

THÉOPHANE, 12 = 10.

Θεώρημα, *description, paragraphe*, 303^a, 304ⁱ,
304^ε = 38. HÉR.

THÉVENOT (*Math. vet.* Paris, 1693, grand in-
folio), 3, 7, 44, 45, 46, 47, 63, 65, 70,
72, 73, 76, 86, 88, 96, 103, 105, 106,
107, 108, 112, 114, 119, 157, 159, 163,
165, 167, 170, 175, 177, 180, 183, 185,
186, 192, 198, 199, 200, 202, 221, 251,
252, 256, 259, 260, 261, 269, 270, 275,
302, 303, 303^a, 303^b, 303^c, 303^d, 303^h,
303ⁱ, 303^l, 303^m, 304, 304^a, 304^b, 304^c,
304^d, 304^e, 304ⁱ, 305, 305^b, 305^ε, 306,
306^a, 306^ε, 306ⁱ, 307, 307^a, 309, 380
= 2, 47, 48, 51, 56, 71, 75, 76, 81, 88,
93, 95, 96, 103, 106, 114, 117, 118,
122, 136, 138, 139, 140, 147, 149, 151,
152, 154, 156, 157, 158, 161, 164, 166,
171, 180, 181, 182, 183, 184, 186, 188,
189, 190, 196, 197, 199, 201, 206, 207,
215, 216, 221, 222, 234, 235, 243, 263,
266, 268, 269, 272, 277, 280, 281, 290,
293, 294, 295, 296, 301, 304, 308, 309,
336, 349, 355, 377, 400, 406, 411, 426,
438, 449, 461, 484.

Tiers (Réduction d'un) *sur le diamètre des*
cordons névrotone, produite par le bandage,
277.

Tir (Champ de), 166.

— *incliné ou parabolique*, 238, 239 = 163,
165, 249. (Voy. *Parabolique*.)

Tire-bouchon (Cheveux en), 315.

Tiroir, 66, 122, 125, 161, 164, 165, 166,
188, 189, 194, 195, 262, 281, 303, 303^d,
303^e, 303^h, 303ⁱ, 303^l, 303^m, 304^a, 304^f,
304^g, 304^h, 304ⁱ, 304^k, 304^l, 304ⁿ, 306^b,
306^g, 306ⁿ, 355, 356, 363, 367, 368,
369, 370, 372, 373, 374, 375, 376, 377,
378, 379, 380, 382, 383, 387, 389, 393,
394, 400, 401, 402, 423 = 39, 160, 162,
163, 165, 175, 200, 215, 359, 440, 443,
445, 457. (Voy. *Διείσπρα* et fig. 1, 2, 3, 19
et 20.)

TITRE-LIVE, 20, 41 = 22, 45, 126.

Titre de la *Χειροβαλλίστρα*, 303, 303^a.

Toit (du portique de la *Chirobaliste*), 306^a,
306^c, 306^e, 306^h, 331, 349, 351,
353, 354, 355, 357, 358, 359, 360, 361,
364, 376, 394 = 359, 424. (Voy. *Καμά-*
ριον et fig. 25 et 26.)

Tôle (d'acier), 305^j, 323.

Ton, *faisceau névrotone*, 172, 175. (Voy. *Fais-*
ceau.)

Tonon (*pour Ton*), 292. DUR.

Τόνον (désinence), 242.

Τόνος, *tension d'un engin, force de ressort, fais-*
ceau tordu, ressort, 172 = 235, 268, 292,
308. HÉR. PHIL. (Voy. *Faisceau, Fibres tor-*
dues.)

Toron, *cordes composant un câble*, 169.

Tormentum, *artillerie (névrotone)*, 295 = 17, 31,
333, 334.

Τόρμος, *tenon, tourillon, renflement*, 304, 306,
306^l, 307, 307^d, 336, 337, 385 = 197,
206. HÉR. PHIL. (Voy. *Modiolus*.)

Torsion (Engins à) *de fibres élastiques*, 15,
31, 122, 141, 170, 190, 191, 227, 242,
249, 257 = 82, 226, 279.

Torsion (Angle de), 241, 243, 245, 246 =
265.

— (Appareil de), 205.

— (Sens de la), 166.

Tortue, 164, 216, 217 = 162, 223. (Voy. *Χε-*
λώσιον, Groupe, Calasse et fig. 9.)

Tour roulante, 266.

Tourelle (colonne Trajane), 301. (Voy. *Co-*
lonne Trajane.)

Tourillon, 305^h, 307^a, 307^d, 329, 330, 357,
374, 381, 385, 386 = 197, 359, 464. (Voy.
Τόρμος, Modiolus et fig. 27 et 28.)

Tourmentée (Forme), 197. (Voy. *Τόρμος*.)

Τόξεια, *manœuvre de jet*, 277. PHIL.

Τοξίτις (*νευρά*), *corde archère des engins, balis-*
tiques, 33, 167, 176, 209, 211, 298. HÉR.
PHIL.

Τόξον, *arc à main*, 229, 305^a.

Τοξοβολίστρα, *arbalète*, 12, 30 = 10. (Voy.
Arcubalista, Arbalète.)

Τοξότης, *archer*, 80. (Voy. *Archer, Arcubalista-*
rius.)

Τρα (désinence), 56.

Tragularius, 13.
 Trait, 161, 162, 164, 165, 168, 199, 220, 231, 263, 264, 295, 300, 306^b, 368, 369, 382, 393, 394, 395, 396, 398, 402, 418, 419, 422 = 175, 188, 218, 249, 266, 332, 463. (Voy. *Flèche*, *Bélos*.)
 Trait (Longueur du), 199, 220.
 Tranchée (Attaque de), 266.
 Τράπεζα, *table*, *trapèze*, *plancher*, 186 = 207. HÉR. PHIL. (Voy. *Mensa*, *Trapèze*.)
 Τραπεζίον, *trapèze* (*régulier*), 207. HÉSICH.
 Travail balistique, 404, 410, 411.
 Traverse, 186, 188, 303, 306^b, 306^c, 306^d, 306^e, 306^f, 347, 348, 364, 377, 378, 379, 380, 381, 382 = 277. (Voy. *Διαπήγιον*.)
 Trempe de l'acier, 305. (Voy. *Ψόξις*.)
 Tréteau, 277.
 Treuil, 53, 174, 227, 256, 262, 309, 344 = 175, 212, 277, 316. (Voy. *Saccula*.)
 Τρήμα, *trou*, *entaille*, *douille*, *lucarne* (*du barillet névrotone*), *diamètre* (*de la lucarne*), *ca-*

libre, *module*, 181, 199, 303 = 223. HÉR. PHIL. (Voy. tous ces mots et *Foramen*.)
 Τριδείς, *sommier*, 184, 205. HÉRON. (Voy. fig. 8.)
 Τρι, *racine*, 305^a. (Voy. *Stri*, *Καμβέστρια*, *Stridère*.)
 Τριακονταμναῖος (*πετροδόλος*), *pierrier de 30 mines* = 13^t, 266. PHIL.
 Τρίζευ, *grincer* (*des dents*), 305^a.
 Τρισπίθαμος (*δέξυδελής*), *engin à flèche de 3 em-pans* = 0^m.690, 266, 268. PHIL. (Voy. fig. 15.)
 Τριταλαντιαῖος (*πετροδόλος*), *pierrier de 3 talents* = 78^t, 266. PHIL.
 Tronconique (Forme), 307^a, 384, 386. (Voy. *Κωνοειδής*, *Conoïde*.)
 Trou (du barillet névrotone), *lucarne*. (Voy. *Lucarne*, *Τρήμα*.)
 Tulipe, 188, 450.
 TURNÈBE, 200.
 Τυμπαν, 309.

LA
 CHIROBALISTE
 D'HÉRON
 D'ALEXANDRIE.

U, Y

U (En forme d'), 227 = 188, 445. (Voy. *Équerre en U*, *Πιτρίριον*.)
 Ὑλη σιδηρά, *fil de fer*, 304, 304^b, 373. HÉR. (Chiròb.). (Voy. *Fil de fer*.)
 Ὑπόθεμα, *semelle*, *fouiture*, 183. HÉR.

Ἵποκλήρις, *étrier*, *sous-talon*, 179. HÉR. (Voy. *Étrier*, *Sous-talon*.)
 Usure rapide (des engins névrotone), 292.
 Ut, *comme*, 238. VITR. (Voy. *Ὠς*.)
 Ὑψος, *saillie verticale*, 387. HÉR. (Chiròb.).

V

V (En forme de), 227, 392, 400, 401 = 247.
 Va-et-vient (Mouvement de), 292, 293. (Voy. *Oscillum*, *Versatio*.)
 Valerius d'Antium, 22.
 Variantes de la *Χειροβαλλίστρα*, 111 = 92.
 Vase à pied, 188. (Voy. *Καρχήσιον*.)
 Vatican (Manuscrits du). (Voy. *Manuscrits de la Χειροβαλλίστρα*.)
 Βέεζεκ (*De re milit.*), 13, 14, 15, 16, 17, 18, 29, 39, 55, 56, 59, 60, 67, 296, 307^a, 306, 422 = 12, 13, 14, 15, 16, 18, 21, 63, 64, 67, 282, 460.

Vegetare (*tela*), *lancer* (*des traits*), 28, 235, 300 = 31, 70. TERTULL.
 Ventre (Pression du) pour armer le *gastrophète*, 31, 52, 54, 165, 167, 303^m, 365 = 33, 175. (Voy. *Γαστροπέτης*.)
 Verrou, 304^d. (Voy. *Σχαστήρια*, *Gâchette*.)
Versatile, *pivotant facilement*, 304. VITR.
Versatio, *rotation* (*directe ou alternative*), *oscillation*, *vibration*, 25, 282, 283, 285, 292, 294 = 314. VITR. (Voy. *Oscillum*, *Oscillari*.)
Versura, *biais*, *dévers* (*de l'aile palintone*), 206, 401. VITR.

Ι.Α
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Vienne (*Catalogue de la Bibliothèque de*), 43.
 — (Manuscrits de). (*Voy. Manuscrits de la*
Χειροβασίλιστρα.)
 Vigie (Poste de), 188. (*Voy. Hune, Καρχή-*
σιον, Poste d'observation.)
 Ville de Syracuse (la), *vaisseau construit par*
Archimède, 151, 309 = 266.
 VINCENT (A. J. H.), 3, 54, 72, 73, 77, 78,
 80, 81, 83, 84, 85, 86, 88, 103, 107,
 108, 112, 116, 118, 124, 302, 303, 303^b,
 303^c, 303^d, 303^e, 303^f, 303^g, 303^h, 303ⁱ, 303^m,
 304, 304^a, 304^b, 304^c, 304^d, 304^e, 304^f, 304^g, 304^h,
 304ⁱ, 305, 305^a, 305^b, 305^c, 305^d, 305^e, 305^f, 306,
 306^a, 306^b, 306^c, 306^d, 306^e, 306^f, 306^g, 306^h,
 306ⁱ, 306^j, 306^k, 306^l, 306^m, 306ⁿ, 307, 307^a,
 307^b, 366 = 35, 61, 70, 71, 72, 74, 77,
 79, 80, 81, 88, 95, 103, 109, 110, 188,
 292, 384, 387, 397, 405, 408, 429, 438,
 445, 456, 463.
Vincula organi, amarre, déclic d'un engin, 304,
 304^a, 304^b. AMM. MARC.
 Virgile, 305^a.
 Virole, 273, 307^c, 384.
 Vis hydraulique, 309.
 — de pression, 309 = 205.
 — de fer, 453.
 — (Filet de), 453.

Vitesse initiale, 237, 244, 267, 269, 414,
 418, 421, 442 = 287, 480.
 — du tir, 478.
 VITRUVÉ (*De Architect.* SCHNEIDER, Leipzig,
 1808, in-8°), 25, 26, 31, 120, 122, 126,
 155, 180, 200, 225, 281, 282, 283, 285,
 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293,
 294, 295, 303^b, 303^c, 303^d, 303^e, 303^f, 303^g, 305^a,
 307^b, 309, 342 = 21, 27, 28, 105, 139,
 141, 149, 154, 166, 190, 200, 202, 203,
 206, 207, 216, 221, 223, 227, 229, 230,
 232, 238, 243, 268, 277, 279, 311, 316,
 317, 318, 319, 325, 326, 327, 344, 346,
 401, 411. (*Voy. SCHNEIDER.*)
 Vitruve (Manuscrits de). (*Voy. Manuscrits.*)
 Vive (Force), 288.
 Vocabulaire balistique, 243. (*Voy. Nomencla-*
ture antique.)
 Volée (d'un engin), 368 = 166.
 Voûte, 306, 306^b, 306^c, 349, 351, 353, 355,
 360, 361, 363, 364, 377, 394 = 71, 359,
 364, 365, 366, 367, 368, 369, 395, 424,
 425. (*Voy. Καμάριον, Portique et fig. 25*
et 26.)
 Voûtes (Tracé des), 33 = 34, 364, 365, 366,
 367, 368, 369. (*Voy. Anse de panier.*)
 VULGATE, 125, 126, 127. (*Voy. Septante.*)

W

WESCHER (*Poliarcét. des Grecs*, Paris, 1867,
 in-4°), 3, 5, 6, 85, 86, 88, 89, 90, 103,
 108, 112, 113, 116, 117, 118, 127, 157,
 158, 160, 164, 165, 171, 174, 175, 177,
 180, 181, 183, 184, 185, 186, 193, 198,
 199, 200, 227, 251, 280, 302, 303, 303^a,
 303^c, 303^d, 303^e, 304^a, 304^b, 305, 305^b,
 306, 306^a, 306^b, 306^c, 306^d, 306^e, 307, 307^a,

331 = 5, 23, 24, 33, 51, 60, 86, 88, 89,
 90, 95, 96, 102, 103, 111, 112, 113,
 115, 137, 140, 149, 150, 156, 166, 181,
 189, 198, 199, 201, 243, 272, 277, 336,
 377, 387, 388, 397, 406, 438, 446, 453,
 484.
 Woss (Is.), *apud Bondam*, 290, 292, 294 =
 326.

X

Χαλκόντονον (*ὄργανον*), *engin à ressorts de*
bronze, 50, 122, 123, 249, 261, 262,
 279, 280, 310 = 106, 292, 293, 299,
 307. (*Voy. Chalcotonium, Chalcotone.*)

Χαλκόντονος pour Χαλκόντονον, 71. T. H. MAR-
 TIN.
 ΧΕΝΟΡΗΘΝ (*Cyrop.*), 165.
 Χείρ, *main, griffe*, 164, 304^a.

Χειροβαλλίστρα pour Χειροβολίστρα, 64. T. H.
MARTIN.

ΧΕΙΡΟΒΑΛΛΙΣΤΡΑΣ κατασκευή και συμμε-
τρία, par HÉRON D'ALEXANDRIE, 5, 6, 32,
34, 35, 37, 38, 43, 44, 46, 47, 48, 49,
51, 52, 56, 57, 59, 61, 62, 64, 65, 72,
73, 83, 86, 89, 91, 96, 97, 102, 103,
104, 108, 113, 117, 118, 119, 120, 123,
124, 125, 129, 130, 302, 303, 304, 305,
306, 307, 308, 309 = 38, 52, 68, 71, 73,
89, 395. (Voy. *Chirobaliste*.)

Χειροβαλλίστρα, *chirobaliste*, *manubaliste*, 11,
30, 31, 39, 41, 71, 72, 73, 80, 87, 89,
121, 122, 126, 131, 132, 135, 140, 142,
153, 174, 189, 200, 235, 248, 249, 252,
280, 294, 301, 310, 320, 327, 362, 371,

389 = 70, 149, 156, 223, 227, 240, 265,
424, 425. HÉR.

Χειροβολίστρα, *chirobaliste*, 11, 12, 29, 30,
41, 65, 66, 70 = 7, 42, 70, 89, 149.
CONSTANT. PORPHYR.

Χειρολάβη, *manette*, *poignée*, 304, 304^b =
435, 441. HÉR.

Χελώνιον, *tortue*, *croupe*, *culasse* (d'un engin),
164, 216 = 162, 199. (Voy. *Groupe*, *Cu-*
lasse, *Tortue* et fig. 9.)

Χοινυίς, *barillet* (*névrotone*), *modiolus*, 173,
183 = 203, 210. VITR. (Voy. fig. 8.)

Χωρίς (τῶν τέρμων), *sans compter les tenons*,
præter cardines, 306, 306¹, 336, 352 =
227, 228, 263. VITR.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

Ψ

Ψύξις, *trempe* (de l'acier), 305. PHIL.

Z

Zodiaque de Dendérah, 297 = 18.

ZOPYRE de Tarente, ingénieur grec, 53.

Ζώνη, *ceinture* (remplaçant la corde archère) pour
le pierrier, 198.

LÉGENDE DES FIGURES.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

NUMÉROS D'ORDRE des figures.	NUMÉROS du TEXTE.	DÉSIGNATION DES FIGURES.	PAGES.
GÉNÉRALITÉS SUR LA BALISTIQUE DES ANCIENS.			
1	159	GASTRAPHÈTE, arbalète primitive.	54
2	162	Batterie du gastraphète.	56
3	165	Gastraphète complet.	58
4	170	ÉCHEVEAU DE FIBRES TORDUES, substitué à l'arc primitif.	60
5	171	Double CADRE NÉVROTONE primitif.	61
6	177	PIED-DROIT DE FLANC du bâti névrotone.	64
7	180	ÉCUSSON PALINTONE.	65
8	183	BARILLET et FREIN.	67
9	185	Épure du PALINTONE (BALISTE). Plan et élévation arrière.	69
10	195	TABLE de l'EUTHYTONE.	73
11	197	Épure de l'EUTHYTONE (CATAPULTE).	74
12	230	Arcs primitifs, ordinaire et à double courbure.	81
13	245	Épure balistique du PALINTONE.	86
14	246	Épure balistique de l'EUTHYTONE.	87
15	273	Engin CHALCOTONE de Philon de Byzance.	101
16	297	SCORPIONS naturels.	111
17	299	Restitution du <i>Σκοπίδιον</i>	112
18	301	ENGIN (PALINTONE) de la colonne Trajane.	113
CHIROBALISTE.			
(Texte et traduction.)			
19	303	COULISSE, CROSSE et TIROIR de la Chirobaliste, d'après les manuscrits de Mynas et de Médicis.	118
20	303	Restitution de la MONTURE de la Chirobaliste. (Échelle = $\frac{1}{11}$.)	118
21	304	BATTERIE de la Chirobaliste, d'après les manuscrits de Mynas et de Médicis.	124
22	304	Restitution de la BATTERIE. (Échelle = $\frac{1}{4}$.)	124
23	305	<i>Καμβότρια</i> ou RESSORTS, d'après les manuscrits.	132
24	305	Restitution des <i>Καμβότρια</i> . (Échelle = $\frac{1}{4}$.)	132
25	306	ÉCHELETTE et PORTIQUE, d'après le manuscrit de Mynas.	138
26	306	Restitution du PORTIQUE ou CAGE. (Échelle = $\frac{1}{4}$.)	138
27	307	<i>Κνωσίδη</i> ou BATTANTS, d'après les manuscrits.	148
28	307	Restitution des BATTANTS. (Échelle = $\frac{1}{2}$ grandeur.)	148

LA CHIROBALISTE D'HÉROV D'ALEXANDRIE.	NUMÉROS D'ORDRE des figures.	NUMÉROS.	DÉSIGNATION DES FIGURES.	PAGES.
			SYNTHÈSE DE LA CHIROBALISTE.	
		TEXTE.		
	29	318	OVALE des <i>Καψέστρια</i> , tracé par la méthode moderne de l'ANSE DE PANIER à trois centres.	155
	30	318	OVALE antique des <i>Καψέστρια</i>	155
	31	322	Épure en plan du CADRE-RESSORT. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	158
	32	328	CADRE-RESSORT gradué en modules. (Échelle = $\frac{1}{4}$).	161
	33	329	Coupe du CADRE-RESSORT sur l'axe d'une CHAPE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	162
	34	333	Orientation des CADRES-RESSORTS. (Échelle = $\frac{1}{4}$).	165
	35	334	Épure de l'ÉCHELETTE et des SABOTS. (Échelle = $\frac{1}{8}$).	165
	36	339	CONVERGENCE DU BIAIS latéral vers la queue de la COULISSE. (Échelle = $\frac{1}{16}$).	168
	37	342	Épure des SABOTS. (Échelle = $\frac{1}{2}$ grandeur).	170
	38	347	Épure générale de l'ÉCHELETTE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	172
	39	349	Élévation du PORTIQUE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	173
	40	358	Croquis d'induction déterminant l'existence des MAINS SYMBOLIQUES. (Échelle = $\frac{1}{8}$).	177
	41	362	Épure de la MAIN SYMBOLIQUE et de ses lignes enveloppes. (Échelle = $\frac{1}{4}$).	179
	42	366	DIRECTRICES BIAISES reliant l'ÉCHELETTE avec la COULISSE. (Échelle = $\frac{1}{4}$).	182
	43	372	Plan et élévation générale de la BATTERIE. (Échelle = $\frac{1}{2}$). ...	186
	44	389	Position du PIVOT déterminée par le principe du BIAIS ANTIQUE. (Échelle = $\frac{1}{4}$).	194
	45	392	Épure balistique de la CHIROBALISTE. (Échelle = $\frac{1}{8}$).	196
	46	400	FLÈCHE de la Chirobaliste. (Échelle = $\frac{1}{4}$).	201
	47	403	LA CHIROBALISTE. (Échelle = $\frac{1}{4}$).	202
	48	405	Épure de l'EFFORT COURANT de bandage. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	204
	49	410	DIAGRAMME de l'effort courant.	208
			NOTES.	
	50	188	Le <i>Καρχήσιον</i> (<i>hune antique</i>).	245
	51	201	Tracé incorrect de l'ÉCUSSON PALINTONE, d'après la généralité des commentateurs.	247
	52	201	Tracé du BIAIS de l'ÉCUSSON, d'après Philon de Byzance.	248
	53	223	Croquis coté de l'ÉCUSSON, d'après Philon.	252
	54	225	Coupe verticale d'un FAISCEAU (<i>hémiton palintone</i>). (Échelle = $\frac{1}{12}$ = $\frac{1}{4}$ ¹⁴ par module).	253
	55	369	Comparaison de l'OVALE ANTIQUE avec l'ANSE DE PANIER moderne de même surbaissement.	269
	56	"	LA CHIROBALISTE, épure en plan et élévation, avec <i>directrices biaises</i> et <i>enveloppes générales</i> . (Hors texte, à la fin de l'ouvrage.)	

LA
CHIROBALISTE
D'HÉROV
D'ALEXANDRIE.

NUMÉROS D'ORDRE des figures.	NUMÉROS.	DÉSIGNATION DES FIGURES.	PAGES.
	TEXTE. —	SYNTHÈSE DE LA CHIROBALISTE.	
29	318	OVALE des <i>Καμβόλια</i> , tracé par la méthode moderne de l'ANSE DE PANIER à trois centres.	155
30	318	OVALE antique des <i>Καμβόλια</i>	155
31	322	Épure en plan du CADRE-RESSORT, (Échelle = $\frac{1}{2}$).	158
32	328	CADRE-RESSORT gradué en modules. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	161
33	329	Coupe du CADRE-RESSORT sur l'axe d'une CHAPE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	162
34	333	Orientation des CADRES-RESSORTS. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	165
35	334	Épure de l'ÉCHELETTE et des SABOTS. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	165
36	339	CONVERGENCE DU BIAIS latéral vers la queue de la COULISSE. (Échelle = $\frac{1}{4}$).	168
37	342	Épure des SABOTS. (Échelle = $\frac{1}{2}$ grandeur).	170
38	347	Épure générale de l'ÉCHELETTE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	172
39	349	Élévation du PORTIQUE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	173
40	358	Croquis d'induction déterminant l'existence des MAINS SYMBOLIQUES. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	177
41	362	Épure de la MAIN SYMBOLIQUE et de ses lignes enveloppes. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	179
42	366	DIRECTRICES BIAISES reliant l'ÉCHELETTE avec la COULISSE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	182
43	372	Plan et élévation générale de la BATTERIE. (Échelle = $\frac{1}{2}$). ...	186
44	389	Position du PIVOT déterminée par le principe du BIAIS ANTIQUE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	194
45	392	Épure balistique de la CHIROBALISTE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	196
46	400	FLÈCHE de la Chirobaliste. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	201
47	403	LA CHIROBALISTE. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	202
48	405	Épure de l'EFFORT COURANT de bandage. (Échelle = $\frac{1}{2}$).	204
49	410	DIAGRAMME de l'effort courant.	208
	NOTES. —	NOTES.	
50	188	Le <i>Καρχήσιον</i> (hune antique).	245
51	201	Tracé incorrect de l'ÉCUSSON PALINTONE, d'après la généralité des commentateurs.	247
52	201	Tracé du BIAIS de l'ÉCUSSON, d'après Philon de Byzance.	248
53	223	Croquis coté de l'ÉCUSSON, d'après Philon.	252
54	225	Coupe verticale d'un FAISCEAU (<i>hémiton palintone</i>). (Échelle = $\frac{1}{12}$ = $\frac{1}{4}$ ^{de} par module).	253
55	369	Comparaison de l'OVALE ANTIQUE avec l'ANSE DE PANIER moderne de même surbaissement.	269
56	"	LA CHIROBALISTE, épure en plan et élévation, avec <i>directrices biaises</i> et <i>enveloppes générales</i> . (Hors texte, à la fin de l'ouvrage.)	

TABLE DES MATIÈRES.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

PREMIÈRE PARTIE.

INTRODUCTION HISTORIQUE.

	Pages.
<i>INDICES GÉNÉRAUX</i> sur la <i>Χειροβαλλιστρα</i> , d'après les auteurs grecs et latins.	1
Conjectures erronées de Baldi, éditeur <i>princeps</i> (1616) de l'opuscule d'Héron d'Alexandrie.	11
Opinions superficielles de Saumaise (1657), de Lambecius (1675), de Ducange (1688), de Nessel (1690) et de Thévenot (1693).	13
Conjectures de Meister (1768) sur l'organe moteur de l'engin.	14
Continuation des méprises de Baldi par Harle (1795), Dufour (1840). — Silence prudent de MM. Kôchly et Rüstow (1853). — Conjectures de M. Th. H. Martin (de Rennes), en 1854.	17
Recherches de M. Vincent (1861-1862) sur la Chirobaliste (publiées en 1866). . .	20
<i>TRADUCTION princeps</i> de la <i>Χειροβαλλιστρα</i> , avec commentaires et figures, par V. Prou (1862).	23
<i>BASES GÉNÉRALES</i> de la présente réédition de la solution de 1862, par V. Prou. — Recension des manuscrits de la Chirobaliste. — Statistique des altérations du texte grec.	25
La Chirobaliste est-elle une <i>INVENTION</i> et un <i>TRAITÉ</i> provenant d' <i>HÉRON D'ALEXANDRIE</i> ?	37
<i>MÉTHODE GÉNÉRALE</i> de la restitution graphique de l'engin et de sa <i>double main</i> décorative.	43
Triple importance, philologique, mécanique et esthétique, de la solution définitivement proposée.	44

DEUXIÈME PARTIE.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'ARTILLERIE GRÉCO-ROMAINE AU 1^{er} SIÈCLE AVANT J. C.

CHAPITRE PREMIER.

ORIGINES DE L'ARTILLERIE ANTIQUE.	48
---	----

CHAPITRE II.

	Pages.
STRUCTURE ET PROPORTIONS DES ENGINs DU SYSTÈME NÉVROTONE	51
ENGINs EUTHYTONES ET PALINTONES.	53
ORIGINES des machines de jet. — Arc primitif. — Gastraphète. — Monture ou coulisse. — Tiroir. — Batterie. — Crosse. — Définitions. — Manœuvre. — Cliquet d'arrêt. — Suppression de l'arc. — Système des fibres en faisceaux. — Perfectionnement de l'appareil de bandage. — Poulies, mousles, treuils, affûts et appareil de pointage.....	54
Système Παλίντονον. — Pieds-droits de flanc et de front. — Étriers. — Écussons. — Barillets. — Montage du bâti. — Trapèze. — Échelette. — Torsion des faisceaux. — Armatures métalliques.....	63
Système Εὐθύτονον. — Tracé des tables. — Montage de l'Euthyton. — Tendeurs, faisceaux et corde archère. — Module. — Duplication du cube.	72
PROPORTIONS des machines de jet. — Παλίντονα (Balistes, lithoboles ou pierriers). — Εὐθύτονα (Oxybèles ou Catapultes).....	75

CHAPITRE III.

DISTINCTION TECHNIQUE ENTRE LE ΗΑΑΪΝΤΟΝΟΝ ET L'ΕΥΘΥΤΟΝΟΝ.

DÉFINITIONS, d'après les Βελοποιϊκα. — Interprétations antérieures. — Arcs primitifs. — Définitions géométriques des engins παλίντονον et εὐθύτονον. — De l'inclinaison du jet.	79
COMPARAISON BALISTIQUE entre le Παλίντονον et l'Εὐθύτονον.....	84

CHAPITRE IV.

ORIGINE DES ENGINs À RESSORTS MÉTALLIQUES.

DÉFAUTS PRATIQUES DU SYSTÈME NÉVROTONE. — Le livre IV de Philon de Byzance. — Discussion du système névrotone. — Calibre restreint des faisceaux. — Insuffisance des armatures. — Complication du jet des tendeurs. — Effet nuisible de la torsion. — Résumé.....	89
ENGINs À RESSORTS MÉTALLIQUES. — Le Χαλκίτονον de Ctésibius. — Son perfectionnement par Philon de Byzance. — Théorie antique du faisceau névrotone. — Origine de l'invention des ressorts. — Fabrication des ressorts de bronze. — Installation des ressorts. — Élasticité du système.....	95
ÉLASTICITÉ NATURELLE de certains corps. — Lames d'épées celtiques et espagnoles. — Théorie du battage du bronze. — Supériorité pratique des engins à ressorts.	102
PARALLÈLE entre les Καμβέσρια d'Héron d'Alexandrie et les OSCILLA ou ANISOCYCLI du Scorpion selon Vitruve.....	106
RESTITUTION du SCORPION, par analogie figurative. Engins de la colonne Trajane..	111

TROISIÈME PARTIE.

STRUCTURE ET DIMENSIONS DE LA CHIROBALISTE D'HÉRON D'ALEXANDRIE.

LA
CHIROBALISTE
D'HÉRON
D'ALEXANDRIE.

	Pages.
TABEAU SYNOPTIQUE DES MANUSCRITS ET ÉDITIONS DE LA <i>Χειροβαλλίστρα</i>	115
§ I ^r . COULISSE, TIROIR et GROSSE. (Texte, traduction et commentaire.)	116
§ II. DÉTAILS DE LA BATTERIE. (<i>Idem.</i>)	124
§ III. STRUCTURE DES RESSORTS. (<i>Idem.</i>)	131
§ IV. PORTIQUE ET ÉCHELETTE. (<i>Idem.</i>)	137
§ V. STRUCTURE DES BATTANTS. (<i>Idem.</i>)	146

QUATRIÈME PARTIE.

SYNTHÈSE DE LA CHIROBALISTE.

MÉTHODE DE DÉMONSTRATION	150
Du MODULE de la <i>Χειροβαλλίστρα</i>. — Vérifications directes du module. — Vérifications indirectes du module.	152
SYNTHÈSE des <i>Καμβέστρια</i>. — Tracé des ovales. — Comparaison de la méthode moderne avec celle des anciens. — Plan des étriers et chapes de pivots. — Élévation des cadres, brides, étriers, chapes et crapaudines. — Orientation des <i>Καμβέστρια</i>	154
ÉPURE de l'ÉCHELETTE. — Longérons. — Entretoise. — Sabots. — Particularités de l'épure des sabots. — Installation des <i>Καμβέστρια</i>. — Élévation des sabots. — Conséquences du biais des sabots. — Arcs-boutants de l'Échelette.	165
VOÛTE et PORTIQUE. — Épure de l'arcade. — Colonnnettes. — MAINS SYMBOLIQUES. — Épure des mains.	173
MONTURE. — Coulisse. — Crosse. — Tasseau. — Assemblage avec l'Échelette. — Tiroir.	181
RELATIONS GRAPHIQUES entre le PORTIQUE, la MONTURE et le TIROIR. — Conclusion.	184
BATTERIE. — Siège du déclic. — Manette. — Fourchette et gâchette. — Serpenteau. — Bascule et amarre.	185
ÉPURE BALISTIQUE. — Position des pivots. — Orientation des battants. — Angle du battement. — Positions harmoniques de la corde archère.	193
FLÈCHE ou TRAIT de la Chirobaliste. — Dimensions. — Poids. — Diamètre de la corde archère. — Cannelure du tiroir.	199
ÉPURE d'ensemble de la CHIROBALISTE.	202

318 NOTICES DES MANUSCRITS.

	Pages.	
<hr/> <p style="text-align: center;">LA CHIROBALISTE D'HÉRON D'ALEXANDRIE.</p>	<p><i>CALCULS balistiques. — Effort de bandage. — Course de la corde. — Diagramme de l'effort courant. — Force vive totale. — Vitesse initiale de la flèche. — Portée du jet de la Chirobaliste. — Portée comparative de la Chirobaliste avec celles des engins névrotones. — Manœuvre de la Chirobaliste.</i></p> <hr/>	<p>203</p>
	<p>TABLEAU SYNOPTIQUE des dimensions de la Chirobaliste.</p> <hr/>	<p>215</p>
	<p><i>NOTES.</i></p>	<p>228</p>
	<p>Table alphabétique.</p>	<p>281</p>
	<p>Légende des figures.</p> <hr/>	<p>314</p>

ERRATA.

- Page 40, ligne 6. — Au lieu d'*hironde*, lire *aronde*.
- Page 44, ligne 5. — Au lieu de *sept*, lire *huit*.
- ligne 9. — Au lieu de 204, lire 431.
- ligne 10. — Au lieu de 54, lire 69.
- Page 45, ligne 11. — Au lieu de *fig. 53*, lire *fig. 41* (*n° 362*, p. 179).
- Page 51, ligne 25. — Au lieu d'*ENGIES*, lire *ENGINS*.
- Page 54, ligne 16, marge. — Au lieu de *h. 123*, lire *Th. 123*.
- Page 71, lignes 23 et 24, marge. — Supprimer *Th. 137* et *KR. 103-104*.
- Page 75, ligne dernière. — Au lieu de 12 et 14, lire 9 et 11.
- Page 85, ligne 15, équation (6). — Au lieu de $P=0.08n\dots$, lire $P=0.08pn\dots$ [*le facteur p étant indispensable, comme on le retrouve plus loin, équations (9) et (10).*]
- Page 87, ligne 13. — Au lieu de $P=0.08\times 1.39$, lire $P=0.08p\times 1.39\dots$ [*les équations (13) et (14) reproduisant le facteur p.*]
- Page 123, ligne 7, colonne 2. — Au lieu de *déftinive*, lire *défnitive*.
- ligne 12, colonne 1. — Au lieu de *note m*, lire *note l*.
- Page 143, lignes 7 et 12, colonne 1. — Au lieu de *χώρις*, lire *χωρίς*.
- Page 144, ligne 8, colonne 1. — Au lieu de *χώρις*, lire *χωρίς*.
- Page 147, ligne 17, colonne 1. — Au lieu de *fig. 28*, lire *fig. 48* (p. 204).
- Page 163, ligne 19. — Au lieu de *Ας'δ'*, lire *Ας'δ''*.
- Page 181, ligne 28. — Au lieu de 17, lire 17 *doigts*.
- Page 184, ligne 31. — Au lieu de 1 *doigt*, lire $\frac{1}{2}$ *doigt*.
- ligne 32. — Au lieu de *le même rayon (10 doigts) qu'à l'arc intérieur*, lire *un rayon de 9 doigts*.
- Page 203, ligne 20. — Au lieu de *la force vive*, lire *la demi-force vive*.
- Page 207, ligne 4. — Même observation que p. 203, ligne 20.
- Page 228, ligne 18. — Au lieu de *Βοσποριανους*, lire *Βοσποριάνους*.
- Page 255, ligne 25. — Au lieu de *τεινόμενον ἐλκόμενον*, in Θ , lire *τεινόμενον, ἐλκόμενον* in Θ .
- Page 260, ligne 33. — Au lieu de *δοτονουντώς*, lire *δοτονούντως*.

PUBLICATIONS

DE

L'ACADÉMIE DES INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES.

MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE Tomes I à XII épuisés; tomes XIII à XXVIII; chaque tome en 2 parties ou volumes in-4°. Prix du volume. 15 fr.

Le tome XXII (demi-volume), contenant la table des dix volumes précédents. 7 fr. 50

MÉMOIRES PRÉSENTÉS PAR DIVERS SAVANTS À L'ACADÉMIE :

1^{re} série : Sujets divers d'érudition. Tomes I à VIII.

2^e série : Antiquités de la France. Tomes I à V.

A partir du tome V de la 1^{re} série et du tome IV de la 2^e série, chaque tome forme 2 parties ou volumes in-4°. Prix du volume. 15 fr.

NOTICES ET EXTRAITS DES MANUSCRITS DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE ET AUTRES BIBLIOTHÈQUES, publiés par l'Institut de France. Tomes I à X épuisés; XI à XXII; XXIII, 2^e partie; XXIV, 2^e partie; XXV, 2^e partie, in-4°. Prix des tomes XI à XIII, chacun. 15 fr.

A partir du tome XIV, les Notices et Extraits se divisent en deux sections, la première orientale, et la seconde grecque et latine. Chaque section forme un volume à part, au prix de. 15 fr.

Le tome XVIII, 2^e partie (Papyrus grecs du Louvre et de la Bibliothèque nationale), avec atlas in-fol. de 52 planches de *fac-simile*, se vend . . . 45 fr.

DIPLOMATA, CHARTÆ, EPISTOLÆ, LEGES ALIAQUE INSTRUMENTA AD RES GALLO-FRANCICAS SPECTANTIA, NUNC NOVA RATIONE ORDINATA, plurimumque aucta jubente ac moderante Academia Inscriptionum et Humaniorum Litterarum. Instrumenta ab anno CDXVII ad annum DCCLI. 2 volumes in-fol. Prix du volume. 30 fr.

TABLE CHRONOLOGIQUE DES DIPLÔMES, CHARTES, TITRES ET ACTES IMPRIMÉS CONCERNANT L'HISTOIRE DE FRANCE. Tomes I à IV épuisés; V à VIII, in-fol. (l'ouvrage est terminé). Prix du volume. 3 fr.

TOME XXVI, 2^e partie.

322 PUBLICATIONS DE L'ACADÉMIE.

ORDONNANCES DES ROIS DE FRANCE DE LA TROISIÈME RACE, recueillies par ordre chronologique. Tomes I à XIX épuisés; XX, XXI et volume de table, in-fol.
 Prix du volume. 30 fr.

RECUEIL DES HISTORIENS DES GAULES ET DE LA FRANCE. Tomes I à XIX épuisés;
 XX à XXIII, in-fol. Prix du volume. 30 fr.

RECUEIL DES HISTORIENS DES CROISADES :

Lois. (Assises de Jérusalem.) Tomes I et II, in-fol. Prix du volume. 30 fr.
Historiens occidentaux. Tome I en 2 parties, in-fol. 45 fr.
 ————— Tomes II et III. Prix du volume. 30 fr.
Historiens arabes. Tome I, in-fol. 45 fr.
 ————— Tome II, 2^e partie, in-fol. 22 fr. 50
Historiens arméniens. Tome I, in-fol. 45 fr.
Historiens grecs. Tome I, in-fol. 45 fr.

HISTOIRE LITTÉRAIRE DE LA FRANCE. Tomes XI à XXVII, in-4°. Prix du volume. 21 fr.

GALLIA CHRISTIANA. Tome XVI, in-fol. Prix du volume. 37 fr. 50

ŒUVRES DE BORGHESI. Tomes VII et VIII. Prix du volume. 20 fr.

EN PRÉPARATION :

MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE. Tome XXIX, 1^{re} et 2^e partie.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS PAR DIVERS SAVANTS. 1^{re} série : tome IX, 1^{re} partie.

NOTICES ET EXTRAITS DES MANUSCRITS. Tomes XXIII, XXIV et XXV, 1^{re} partie; XXVI et XXVII, 2^e partie.

RECUEIL DES HISTORIENS DES CROISADES : *Historiens occidentaux.* Tome IV.

————— *Historiens grecs.* Tome II.

————— *Historiens arabes.* Tome II et III, 1^{re} partie.

HISTOIRE LITTÉRAIRE DE LA FRANCE. Tome XXVIII.

ŒUVRES DE BORGHESI. Tome IX.

L.



3 2044 011 692 605

WIDENER
BOOK DUE
HALL

WIDENER
BOOK DUE
CANCELLED
SEP 10 1991
MAY 21 1991



