



CLASSIQUES  
GARNIER

COSSART (Brice), « La “Nouvelle Science”. Construction d’un champ de savoirs sur l’artillerie », *Les Artilleurs et la Monarchie hispanique (1560-1610). Guerre, savoirs techniques, État*

DOI : [10.48611/isbn.978-2-406-11556-4.p.0427](https://doi.org/10.48611/isbn.978-2-406-11556-4.p.0427)

*La diffusion ou la divulgation de ce document et de son contenu via Internet ou tout autre moyen de communication ne sont pas autorisées hormis dans un cadre privé.*

© 2021. Classiques Garnier, Paris.  
Reproduction et traduction, même partielles, interdites.  
Tous droits réservés pour tous les pays.

# LA « NOUVELLE SCIENCE »

## Construction d'un champ de savoirs sur l'artillerie

*Y así, por la larga experiencia del buso ha salido una linda arte para bien gobernarla que se llama la arte nueva de la artillería como lo dice Nicolo Tartaglia<sup>1</sup>.*

Diego DE PRADO, lieutenant du capitaine général de l'artillerie, Malaga, 1591.

### INTRODUCTION

En introduction à son manuscrit dédié au capitaine général de l'artillerie, le lieutenant Diego de Prado identifiait un champ de savoir – un « art » – qui avait émergé afin de bien « gouverner » l'artillerie. Le lieutenant d'artillerie soulignait la nouveauté de ce champ de savoir, et en affirmait également le caractère empirique, employant les mots « usage » et « expérience ». Il en présentait même l'autorité centrale, le mathématicien brescien Niccolò Tartaglia. En 1537, Tartaglia avait en effet publié à Venise le premier traité d'artillerie du genre, intitulé la *Nova Scientia*, la « Nouvelle Science<sup>2</sup> ». Depuis cette publication, comme le faisait remarquer Diego de Prado, un grand nombre d'auteurs avaient écrit à ce sujet, le plongeant dans une grande confusion dont il proposait maintenant de sortir les lecteurs<sup>3</sup>. Or,

---

1 Prado, Diego de, « La obra manual y pláctica de artillería », *op. cit.*, fol. 2. « Et ainsi, par la longue expérience de l'usage a émergé un bel art pour bien la gouverner, qui s'appelle l'art nouveau de l'artillerie, comme le dit Niccolò Tartaglia. »

2 Tartaglia, Niccolò, *Nova scientia inventa da Nicolò Tartalea*, Venise, Stephano da sabio, 1537.

3 « Los que an escrito della la tienen tan confusa y sin principios que no pueden sacar el fruto que es raçon asta que con largos años la experimentan y sacan la berdad », Prado, Diego de, « La obra manual y pláctica de artillería », *op. cit.* fol. 2.

les chapitres précédents l'ont montré, en tant que lieutenant d'artillerie à Perpignan et assistant du capitaine général de l'artillerie, Diego de Prado fut un personnage particulièrement bien intégré dans le milieu des artilleurs de la Monarchie hispanique. Il prétendait coucher par écrit « ce qu'était obligé de savoir tout bon artilleur souhaitant bien faire son office<sup>4</sup> ». Une telle affirmation venant d'un homme de terrain invite donc à interroger la relation entre le processus de formalisation et de publication de savoirs sur l'artillerie et le milieu des artilleurs.

UNE HISTORIOGRAPHIE MARQUÉE  
PAR LA DICHOTOMIE SAVANT/ARTISAN

En 1988, David Goodman, hispaniste spécialiste de l'histoire des techniques sous Philippe II, écrivait :

Il est clair que toutes les tentatives de fonder des théories mathématiquement précises de balistique ou les tables de portée n'avaient aucune pertinence vu la grossièreté des canons de l'époque. Dans tous les coins d'Europe, les canons avaient des calibres imprécis, leurs âmes étaient évasées exprès pour éviter les blocages dûs à l'irrégularité de forme des boulets. Avec des tirs qui partaient du canon à des angles imprédictibles et avec une force imprédictible en raison des grandes variations dans la poudre noire, les tâtonnements successifs étaient de bien meilleurs guides que les mathématiques. Le tir précis à longue portée était impossible, et il n'était même pas désirable car les fortes charges de poudre auraient augmenté la probabilité d'explosion des pièces fragiles. Par conséquent, les artilleurs du XVI<sup>e</sup> siècle, en Espagne comme ailleurs, tiraient à courte portée et sans l'assistance des mathématiques<sup>5</sup>.

Cette affirmation, par David Goodman, de l'existence d'une séparation claire entre mathématiciens et artilleurs est symptomatique d'une lecture

4 « He escrito estos pocos ringlones deste libro yntitulado la "obra manual de la artillería" que es lo que está obligado saber qualquier que se preciare ser buen artillero, para poder hacer bien su officio », *ibid.*

5 « It is clear that all attempts at mathematically precise theories of ballistics or tables of range were irrelevant to the crude guns of the time. In all parts of Europe, guns were inaccurately bored; their bores were also purposely widened to prevent blockage by the irregularly cast shot. With shots leaving cannon at unpredictable angles and with unpredictable force because of the wide variations in gunpowder, trial and error was a much better guide than mathematics. Accurate firing at long range was not possible; nor was it desirable to attempt it – the greater powder charges would have increased the likelihood of bursting the weak guns. Consequently sixteenth century gunners from Spain and elsewhere fired at close range and without assistance from mathematics », Goodman, David C., *Power and Penury*, *op. cit.*, p. 125.

de l'histoire à travers des catégories d'analyse préconçues. Encore fréquente au sein de l'historiographie des sciences et des techniques, cette représentation tend à opposer de manière dichotomique – et souvent avec une hiérarchie implicite – les couples savant/artisan, science/technique, théorie/pratique<sup>6</sup>.

L'acceptation répandue de cette séparation entre monde savant et monde artisan doit beaucoup au succès du récit de la « révolution scientifique » tel que l'ont relaté les historiens des sciences Alexandre Koyré, Herbert Butterfield et Alfred Rupert Hall au milieu du xx<sup>e</sup> siècle<sup>7</sup>. En quelques mots, la révolution scientifique se réfère à une transformation relativement brutale de la physique – ou selon la terminologie plus récente de Thomas Kuhn, un « changement de paradigme<sup>8</sup> » – qui survint en Europe occidentale dans le courant du xvii<sup>e</sup> siècle. Ce bouleversement est marqué par le passage de la philosophie naturelle aristotélicienne fondée sur des notions qualitatives telles que l'ordre cosmique et la substance de la matière, à ce qui est aujourd'hui considéré comme la physique moderne mathématisée. Cette histoire des sciences est avant tout une histoire des idées et des grands hommes. Son récit débute avec la figure prométhéenne de Galilée qui, faisant s'écrouler le cosmos aristotélicien à l'aide de son télescope, offrit à l'humanité le projet de lire « le livre de la Nature écrit dans un langage mathématique ». Ainsi initiée dans les premières décennies du xvii<sup>e</sup> siècle en Toscane, la révolution scientifique trouva son aboutissement en Europe du nord à la fin du xvii<sup>e</sup> siècle, grâce à un autre grand homme de science, Newton, dont l'œuvre maîtresse, les « principes mathématiques de la philosophie naturelle », publiée à Londres en 1686, établit les lois fondamentales du mouvement, scellant définitivement le lien entre physique et mathématiques. Cette histoire intellectuelle à la recherche d'une généalogie de la science moderne a eu tendance à placer hors de son domaine d'étude ce qui ne relevait pas du champ

6 Cette situation est bien résumée par Lissa Roberts et Simon Schaffer dans la préface de : Roberts, Lissa, Schaffer, Simon, Dear, Peter (éd.), *The Mindful Hand*, *op. cit.*

7 Koyré, Alexandre, *Études d'histoire de la pensée scientifique*, *op. cit.* Hall, Alfred R., *The Scientific Revolution, 1500-1800 : The Formation of the Modern Scientific Attitude*, Boston, Beacon Press, 1966. Butterfield, Herbert, *The Origins of Modern Science, 1300-1800*, Londres, G. Bell and Sons Ltd., 1949.

8 Kuhn, Thomas S., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press, 1970.

scientifique selon les critères du XX<sup>e</sup> siècle appliqués rétrospectivement à l'époque moderne<sup>9</sup>.

Dans les années 1980, l'histoire des sciences connut cependant un profond tournant historiographique sous l'influence du constructivisme, de la sociologie des sciences et des *science studies*<sup>10</sup>. L'étude des controverses a ainsi démontré que, loin d'être une idée universelle, la science est une pratique culturelle inscrite dans un contexte historique et dans un environnement social et politique qui influencent sa production<sup>11</sup>. La révolution galiléenne devient de ce fait le résultat d'une profonde mutation sociologique, celle du mathématicien transformé en philosophe et homme de cour<sup>12</sup>. Ce tournant historiographique a fini par remettre en question le concept même de révolution scientifique<sup>13</sup>. Ce « travail décapant », comme le formule Stéphane Van Damme, a critiqué la singularité, la rupture, la périodisation et la géographie de ce concept historiographique<sup>14</sup>. L'existence même de l'objet d'étude spécifique de l'histoire des sciences, la « science » en tant qu'entité culturelle cohérente, a été remise en question pour des périodes antérieures au XVIII<sup>e</sup> siècle<sup>15</sup>. Néanmoins, malgré cette déconstruction, le concept de révolution scientifique continue d'être employé par les historiens des sciences comme catégorie d'analyse, signe du besoin de pouvoir se référer au fossé qui sépare les pratiques scientifiques du début et de la fin de l'époque moderne<sup>16</sup>.

Ce bouleversement historiographique a également poussé les historiens des sciences à réexaminer les acteurs de la révolution

9 Long, Pamela O., *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400-1600*, *op. cit.* p. 24-25.

10 Ce tournant est analysé en détail par Golinski, Jan, *Making Natural Knowledge: Constructivism and the History of Science, with a new Preface*, Chicago, University of Chicago Press, 2008.

11 Shapin, Steven, Schaffer, Simon, *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*, Princeton, N.J., Princeton University Press, 1985.

12 Biagioli, Mario, *Galileo, Courtier*, *op. cit.*

13 Voir l'introduction provocative de Shapin, Steven, *The Scientific Revolution*, Chicago, Chicago Press University, 1996, p. 1.

14 Pestre, Dominique, Van Damme, Stéphane, Raj, Kapil, Sibum, Otto, Bonneuil, Christophe (éd.), *Histoire des sciences et des savoirs*, Paris, Éditions du Seuil, 2015, tome 1, p. 20.

15 Shapin, Steven, *The Scientific Revolution*, *op. cit.* p. 3.

16 Voir les remarques pertinentes de Deborah Harkness en conclusion de son livre : Harkness, Deborah E., *The Jewel House. Elizabethan London and the Scientific Revolution*, New Haven ; Londres, Yale University Press, 2007, p. 255.

scientifique. S'inspirant des travaux d'Edgar Zilsel<sup>17</sup>, contemporain de Koyré mais dont l'œuvre a connu un écho bien plus limité, certains chercheurs ont récemment proposé de réévaluer positivement la contribution des artisans aux transformations scientifiques de l'époque moderne<sup>18</sup>. Comme l'écrit Pamela Long, il s'agit pour ces historiens de montrer que la culture artisanale a influencé le développement des méthodologies empiriques des nouvelles sciences en fournissant aux sociétés de l'époque un ensemble de valeurs – la croyance en l'efficacité de l'expérience individuelle, l'observation, la mesure, l'usage d'instruments, la précision<sup>19</sup>. Dans un ouvrage collectif publié en 2007, ces chercheurs offrent comme programme de reconsidérer la fracture artificielle entre monde savant et monde artisan en mettant en évidence le caractère hybride de la production des savoirs à l'époque moderne<sup>20</sup>. Cette production s'inscrivait dans des lieux spécifiques, des *trading zones* (« espaces d'échange ») où des individus formés à l'université purent interagir avec des individus formés dans l'atelier<sup>21</sup>. Ces récits présentent un nouveau visage de la figure prométhéenne de Galilée, fréquentant désormais les ateliers des artisans et l'arsenal vénitien<sup>22</sup>. De la sorte, cette nouvelle historiographie des sciences entend renouer le dialogue avec les historiens des techniques<sup>23</sup>.

Par ailleurs, dans le champ de l'histoire des techniques, l'une des propositions les plus influentes concernant les savoirs est celle de Joël

17 Zilsel, Edgar, « The Genesis of the Concept of Scientific Progress », *op. cit.*

18 Smith, Pamela H., *The Body of the Artisan*, *op. cit.* Roberts, Lissa, Schaffer, Simon, Dear, Peter (éd.), *The Mindful Hand*, *op. cit.* Long, Pamela O., *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400-1600*, *op. cit.* Harkness, Deborah E., *The Jewel House*, *op. cit.*

19 Long, Pamela O., *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400-1600*, *op. cit.* p. 27. Long, Pamela O., « Trading Zones : Arenas of Exchange during the Late medieval/Early Modern Transition to the New Empirical Sciences », *op. cit.*, p. 6.

20 Voir l'introduction de Roberts, Lissa, Schaffer, Simon, Dear, Peter (éd.), *The Mindful Hand*, *op. cit.* En France, les travaux de Liliane Hilaire-Pérez leur font écho : Hilaire-Pérez, Liliane, *La pièce et le geste. Artisans, marchands et savoirs techniques à Londres au XVIII<sup>e</sup> siècle*, Paris, Albin Michel, 2013. Hilaire-Pérez, Liliane, Simon, Fabien, Thébaud-Sorger, Marie (éd.), *L'Europe des sciences et des techniques, XV<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles. Un dialogue des savoirs*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2016.

21 Long, Pamela O., « Trading Zones : Arenas of Exchange during the Late medieval/Early Modern Transition to the New Empirical Sciences », *op. cit.*

22 Valleriani, Matteo, *Galileo Engineer*, New York, Springer, 2010.

23 Roberts, Lissa, Schaffer, Simon, Dear, Peter (éd.), *The Mindful Hand*, *op. cit.*

Mokyr et son concept de *useful knowledge*<sup>24</sup>. Les savoirs y sont étudiés dans le cadre de leur « utilité », c'est-à-dire de leur contribution à un but précis, qui est en l'occurrence pour Mokyr la capacité de production des sociétés, avec pour horizon intellectuelle la révolution industrielle. Or cette perspective utilitariste permet à l'auteur d'échapper à la dichotomie traditionnelle entre théorie et pratique qu'il remplace par le couple savoirs  $\Omega$ /savoirs  $\lambda$ . Les savoirs  $\lambda$  constituent la technique en action, la recette, les instructions, le « comment » et ils reposent en partie sur l'emploi des savoirs  $\Omega$  qui, eux, rassemblent tous types de connaissances systématiques, classifiées et formalisées portant sur les régularités de la nature et de la technique<sup>25</sup>. L'auteur insiste sur ce point, les savoirs  $\Omega$  embrassent bien plus que ce que notre société actuelle considère comme scientifique puisqu'ils incluent les savoirs d'artisans et d'ingénieurs tentant de formuler des relations empiriques entre différentes propriétés mesurables<sup>26</sup>. Dans la perspective explicative de Mokyr, la distinction entre ce qui relève du scientifique et le reste n'est pas pertinente car ce qui est intéressant, c'est le résultat productif des savoirs  $\lambda$  et  $\Omega$ . En appliquant ce modèle à l'étude de la révolution industrielle, Mokyr explique que le dynamisme des interactions entre savoirs  $\Omega$  et  $\lambda$ , en particulier à partir des années 1750, permet de soutenir pendant de nombreuses décennies la croissance industrielle de l'Europe occidentale.

Ce chapitre sur la construction d'un champ de savoirs sur l'artillerie a vocation à contribuer aux recherches récentes des historiens des sciences souhaitant réévaluer l'influence des artisans sur la transformation des pratiques scientifiques à l'époque moderne. Dans le cas de l'artillerie, les producteurs de savoirs étaient, pour la plupart, des acteurs de niveau intermédiaire au sein des structures administratives de l'artillerie : il s'agissait de caporaux artilleurs, de lieutenants d'artillerie, d'ingénieurs, c'est-à-dire d'individus aux profils professionnels techniciens plutôt qu'universitaires et savants. Les savoirs produits relevaient principalement de la catégorie  $\Omega$  en ce sens qu'ils étaient formalisés, classifiés, organisés et recherchaient les régularités de la technique du tir au canon (par des règles et des instruments de mesures). Ils avaient cependant une vocation prescriptive, de nature  $\lambda$ , puisqu'il s'agissait, comme l'écrivait Diego de Prado, de pouvoir « bien

24 Mokyr, Joel, *The Gifts of Athena*, *op. cit.*

25 *Ibid.* p. 4.

26 *Ibid.*, p. 5, 36, 81.

gouverner l'artillerie<sup>27</sup> ». Ce champ de savoirs offre donc un cas d'étude d'un système d'interactions entre savoirs  $\Omega$  et savoirs  $\lambda$  développé à une période bien antérieure à celle du début de la révolution industrielle et qui ne peut être analysée qu'en dehors de la perspective économique choisie par Joël Mokyr. Ici, l'horizon est politique et militaire, il concerne les moyens de déploiement d'une puissance militaire mondiale au XVI<sup>e</sup> siècle.

LA NOUVELLE SCIENCE DE L'ARTILLERIE  
ET L'HISTORIOGRAPHIE DES SCIENCES

La « balistique », c'est-à-dire l'étude des tirs de canons, revêt un statut particulier au sein des récits de la révolution scientifique. Son objet était sans doute propice à la rencontre entre physique et mathématiques dans la mesure où cette science avait en partie vocation à calculer des trajectoires. D'ailleurs, les principaux héros de la révolution scientifique ont tous écrit à son sujet, que ce soit Galilée, Huygens ou encore Newton<sup>28</sup>. Or, les grands récits de la révolution scientifique reconnaissent que la balistique est née au XVI<sup>e</sup> siècle, c'est-à-dire avant la révolution galiléenne. Aussi son inventeur, le mathématicien Niccolò Tartaglia, apparaît-il dans le récit d'Alexandre Koyré comme une sorte de précurseur de Galilée<sup>29</sup>. Cependant, comme ses deux livres concernant l'artillerie, la *Nova Scientia*<sup>30</sup> et les *Quesiti et Inventioni Diverse*<sup>31</sup>, ne parvinrent pas à se défaire de la philosophie naturelle d'Aristote, Koyré considéra les travaux de Tartaglia comme une tentative incomplète d'application des mathématiques à l'étude du mouvement. De même, Alfred R. Hall mentionne Tartaglia et les auteurs de la Renaissance qui le reprisent pour leur contribution à la révolution scientifique en tant qu'initiateurs d'un nouveau projet scientifique d'étude du mouvement des projectiles, mais il disqualifie le contenu de leurs écrits, jugé trop aristotélien<sup>32</sup>. De plus, Hall fait remarquer que cette science de l'artillerie était inapplicable dans la mesure où la production de pièces d'artillerie était bien trop irrégulière pour qu'aucun tir « scientifique »

27 Prado, Diego de, « La obra manual y pláctica de artillería », *op. cit.*

28 Hall, Alfred R., *Ballistics in the Seventeenth Century*, *op. cit.*

29 Chapitre intitulé « La dynamique de Niccolò Tartaglia » dans Koyré, Alexandre, *Études d'histoire de la pensée scientifique*, *op. cit.*, p. 101-121.

30 Tartaglia, Niccolò, *Nova scientia*, *op. cit.*

31 Tartaglia, Niccolò, *Quesiti et inventioni diverse*, Venise, Venturino Ruffinelli, 1546.

32 Hall, Alfred R., *Ballistics in the Seventeenth Century*, *op. cit.*, p. 36-37.

ne fût possible<sup>33</sup>. La révolution scientifique ainsi purgée de ses relations compromettantes avec la guerre, apparaît donc comme le fruit d'un pur développement intellectuel positiviste réalisé par des hommes de science curieux d'étudier le mouvement des corps. C'est précisément le poids de cet héritage historiographique qui pèse si fort dans le jugement de David Goodman cité en introduction de ce chapitre.

Malgré cela, le binôme science-guerre s'est constitué comme un élément récurrent des études sur l'histoire des sciences à l'époque moderne<sup>34</sup>. Ainsi, avant la publication des travaux de Koyré et Hall, l'influence de la guerre sur la production scientifique fut au cœur des premières recherches du fondateur de la sociologie des sciences, Robert Merton<sup>35</sup>. Plus récemment, chez Biagioli, autre sociologue des sciences, la mathématisation de l'art militaire dans l'Italie de la Renaissance offrit une opportunité inopinée pour les mathématiciens d'élever leur statut social<sup>36</sup>. Ce fut cette transformation qui, selon Biagioli, permit au mathématicien Galilée de se hisser au statut de philosophe avant de révolutionner l'étude du mouvement jusque-là sous l'autorité des philosophes aristotéliens<sup>37</sup>. La guerre comme force motrice de la production scientifique et de l'innovation est également présente dans le récit des historiens des sciences visant à réévaluer positivement la contribution des artisans à la production scientifique<sup>38</sup>. Pamela Long identifie ainsi les arsenaux militaires comme l'une des principales zones d'échange, à la Renaissance, entre monde savant et monde artisan<sup>39</sup>. L'auteur de traités d'artillerie Niccolò Tartaglia tient d'ailleurs un rôle de premier

33 *Ibid.*, p. 16.

34 Steele, Brett D., Dorland, Tamera (éd.), *The Heirs of Archimedes : Science and the Art of War through the Age of Enlightenment*, The MIT Press, 2005. Bret, Patrice, *L'État, l'armée, la science. L'invention de la recherche publique en France, 1763-1830*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2002. Pour l'Espagne, voir González de León, Fernando, « "Doctors of the Military Discipline" : Technical Expertise and the Paradigm of the Spanish Soldier in the Early Modern Period », *The Sixteenth Century Journal*, vol. 27, n°1, 1996, p. 61-85.

35 Merton, Robert K., *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England*, New York, Howard Fertig, 1970. Initialement publié dans *Osiris : Studies on the History and Philosophy of Science, and on the History of Learning and Culture*, Bruges, The St. Catherine Press, Ltd., 1938, IV, 2, p. 360-632.

36 Biagioli, Mario, « The Social Status of Italian Mathematicians, 1450-1600 », *op. cit.*

37 Biagioli, Mario, *Galileo, Courtier, op. cit.*

38 Voir l'introduction de Roberts, Lissa, Schaffer, Simon, Dear, Peter (éd.), *The Mindful Hand : Inquiry and Invention from the Late Renaissance to the Early Industrialisation*, *op. cit.* p. 1 et suiv.

39 Long, Pamela O., *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400-1600, op. cit.* p. 96 et suiv.

plan dans les écrits d'Edgar Zilsel qui ont inspiré l'agenda de recherche de ces historiens<sup>40</sup>.

La thèse de Mary J. Voss constitue à ce jour l'une des principales études approfondies des liens entre cultures militaire et mathématique dans l'Italie du XVI<sup>e</sup> siècle<sup>41</sup>. Selon cette historienne, les travaux de Tartaglia sur l'artillerie, s'inspirant d'auteurs anciens tels qu'Euclide ou Archimède, et médiévaux tels que Jordan de Némore, s'inscrivirent dans le phénomène plus large de « Renaissance des mathématiques » que Paul Lawrence Rose présente comme un regain d'intérêt des Humanistes italiens pour les anciens textes de mathématiques, d'architecture et de mécanique<sup>42</sup>. Tartaglia aurait joint à cette démarche humaniste la tradition de l'abaque, c'est-à-dire des mathématiques appliquées au commerce et aux arts mécaniques qui étaient alors enseignées dans les nombreuses écoles d'abaque de la péninsule italienne. Du point de vue de l'histoire des idées, sa principale réalisation aurait été de faire entrer la philosophie aristotélicienne, en la déformant, dans le champ d'étude des mathématiques. Dans une perspective de sociologie des sciences, en s'attaquant à un objet d'étude telle que l'artillerie – particulièrement utile à la haute noblesse en charge du commandement militaire – la contribution de Tartaglia aurait été de diffuser la culture mathématique émergente au sein des cours princières, futur espace clé de la révolution scientifique.

Plus récemment, les travaux de Pascal Briost ont montré la richesse des interactions entre les mathématiques et la guerre dans l'Europe du XVI<sup>e</sup> siècle<sup>43</sup>. Il met en évidence l'énorme littérature technique sur la guerre produite à cette époque, ses principaux objets d'étude – la fortification, l'artillerie, l'infanterie – et ses auteurs, à la jonction entre milieux militaires et milieux savants. Ainsi, tout un champ de savoirs, avec ses problématiques, ses grands thèmes, ses débats et ses autorités se constitua du fait de l'importante circulation de ces textes à l'échelle de l'Europe. L'autorité qui s'imposa clairement parmi les écrits sur l'artillerie fut ce même Niccolò

40 Zilsel, Edgar, « The Genesis of the Concept of Scientific Progress », *op. cit.*

41 Voss, Mary J., « Between the Cannon and the Book : Mathematicians and Military Culture in Sixteenth-Century Italy », *op. cit.*

42 Rose, Paul L., *The Italian Renaissance of Mathematics : Studies on Humanists and Mathematicians from Petrarch to Galileo*, Genève, Librairie Droz, 1975.

43 Briost, Pascal, « La guerre et les sciences à la Renaissance », dans *Histoire des sciences et des savoirs, tome 1*, Dominique Pestre et Stéphane Van Damme (éd.), Paris, Éditions du Seuil, 2015, p. 111-131. Briost, Pascal, « Les mathématiques et la guerre au XVI<sup>e</sup> siècle : France, Italie, Espagne, Angleterre », *op. cit.*

Tartaglia qui figure dans les grandes narrations de la révolution scientifique. En cherchant à retracer la réception de Tartaglia parmi les auteurs de traités militaires italiens, anglais, français et espagnols, Pascal Briost montre les différents milieux intéressés par ce type d'écrits : les cours, les savants, mais aussi les commandants, les ingénieurs militaires et les maîtres artilleurs eux-mêmes. Or, les milieux hispanophones, en prise directe avec la pratique de l'artillerie, ont été particulièrement réceptifs aux écrits de Tartaglia et des auteurs italiens qui ont suivi son projet de création d'une « nouvelle science ». L'approfondissement de ces recherches sur la production de traités d'artillerie écrits en castillan permet en ce sens de s'interroger sur le lectorat de cette littérature et son lien hypothétique avec les artilleurs de terrain.

#### LEYENDA NEGRA ET SCIENCE DU SIGLO DE ORO

S'intéresser à la production de traités d'artillerie écrits en castillan, c'est aussi se confronter à un vieux débat historiographique sur les sciences dans l'Espagne du XVI<sup>e</sup> siècle. D'une part, l'Espagne de Philippe II souffre du mythe de la *leyenda negra*, la légende noire, qui dépeint un pays dominé par le fanatisme religieux et l'obscurantisme. Remontant à la propagande protestante de l'époque, amplifié par les Lumières<sup>44</sup>, confirmé par le succès de Max Weber qui perçoit la modernité dans le monde protestant, ce mythe proclame l'archaïsme et le retard scientifique de la Monarchie hispanique<sup>45</sup>. Or, l'historiographie des sciences est encore aujourd'hui profondément marquée par cette légende noire. Ainsi, l'Espagne est totalement absente des récits classiques de la révolution scientifique dont les héros sont italiens, anglais, français, allemands ou encore hollandais<sup>46</sup>. Les études les plus influentes du tournant sociologique et constructiviste de l'histoire des sciences n'ont pas cherché à sortir de ce cadre spatial au sein duquel l'Angleterre et l'Italie tiennent des rôles de premier plan<sup>47</sup>. Les publications récentes proposant de

44 Voir notamment l'article « Espagne » de Masson de Morvilliers, Nicolas, *Encyclopédie méthodique ou par ordre des matières. Géographie moderne – Volume I*, Paris, Pandoucke, 1782, p. 554-568.

45 Pimentel, Juan, « The Iberian Vision : Science and Empire in the Framework of a Universal Monarchy, 1500-1800 », *op. cit.*

46 Koyré, Alexandre, *Études d'histoire de la pensée scientifique*, *op. cit.* Hall, Alfred R., *Ballistics in the seventeenth century*, *op. cit.*

47 À titre d'exemples : Merton, Robert K., *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England*, *op. cit.* ; Shapin, Steven, Schaffer, Simon, *Leviathan and the Air-Pump*, *op. cit.* Biagioli, Mario, *Galileo, Courtier*, *op. cit.*

réévaluer l'influence des artisans en histoire des sciences se situent également toujours dans le même croissant fertile de développement des sciences européennes qui, s'étalant de l'Italie à l'Angleterre, recouvre aussi l'Allemagne, les Pays-Bas et la France<sup>48</sup>. Le poids extrêmement lourd de cette tradition historiographique a pourtant été dénoncé par certains chercheurs hispanophones qui, s'adressant en anglais à une communauté internationale d'historiens, ont invité à reconsidérer positivement la contribution des Ibériques aux transformations des pratiques scientifiques de l'époque moderne<sup>49</sup>.

D'autre part, en réponse à la légende noire s'est développée en Espagne toute une littérature du *siglo de oro*, le siècle d'or, qui, avec des accents nationalistes et patriotiques, s'est attachée à forger le mythe de la domination espagnole aussi bien sur les plans politique et militaire que scientifique et technique. Depuis une trentaine d'années, l'historiographie des sciences de l'Espagne du XVI<sup>e</sup> siècle a connu un regain d'intérêt de la part des historiens espagnols, en particulier suite à l'impulsion donnée par José María López Piñero<sup>50</sup>. Cette littérature a mis en évidence la nécessité de remettre en question les préjugés de la *leyenda negra*. En effet, les nombreuses publications de ces historiens ont révélé, à l'époque de Philippe II, une intense activité scientifique dans de multiples domaines tels que les mathématiques, la cosmographie, l'histoire naturelle ou encore l'astronomie. Néanmoins, cette historiographie n'échappe pas tout à fait à la légende dorée dans la mesure où elle conserve systématiquement un cadre d'étude national – l'Espagne, voire la Castille – et par conséquent une narration légèrement empreinte de patriotisme.

48 Smith, Pamela H., *The Body of the Artisan*, *op. cit.* Roberts, Lissa, Schaffer, Simon, Dear, Peter (éd.), *The Mindful Hand*, *op. cit.* Harkness, Deborah E., *The Jewel House*, *op. cit.* Long, Pamela O, *Artisan/Practitioners and the Rise of the New Sciences, 1400-1600*, *op. cit.*

49 Pimentel, Juan, « The Iberian Vision : Science and Empire in the Framework of a Universal Monarchy, 1500-1800 », *op. cit.* Cañizares Esguerra, Jorge, *Nature, Empire and Nation*, *op. cit.* Bleichmar, Daniela, De Vos, Paula, Huffine, Kristin, Sheehan, Kevin (éd.), *Science in the Spanish and Portuguese empires, 1500-1800*, *op. cit.* Barrera-Osorio, Antonio, *Experiencing Nature*, *op. cit.*

50 López Piñero, José María, *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Barcelone, Labor, 1979. García Tapia, Nicolás, *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII*, Valladolid, Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Bienestar Social, 1989. Martínez Ruiz, Enrique *Felipe II, la ciencia y la técnica*, *op. cit.* ; López Piñero, José María, *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla. Tomo III, Siglo XVI y XVII*, *op. cit.* ; Eamon, William, Navarro Brotons, Víctor, *Más allá de la leyenda negra : España y la revolución científica*, *op. cit.*

L'intérêt qui sera porté dans ce chapitre à la production de traités d'artillerie en castillan visera en ce sens à réévaluer positivement la contribution de la Monarchie hispanique à l'activité scientifique de son temps. Toutefois, il s'agira, autant que faire se peut, d'éviter l'écueil du nationalisme que pourrait représenter l'étude des traités uniquement écrits en castillan. Par conséquent, il paraît indispensable d'intégrer dans l'analyse suivante les traités italiens les plus influents auprès des auteurs hispanophones. La constitution de ce corpus hispano-italien trouve de multiples justifications. En réalité, auteurs espagnols et italiens empruntèrent abondamment les uns aux autres, débattirent des mêmes problèmes et se répondirent. Ces échanges étaient facilités d'une part par la forte présence espagnole dans la péninsule italienne et d'autre part par l'intense circulation d'artilleurs italiens en Espagne<sup>51</sup>. D'ailleurs, comme la suite de ce chapitre le montrera, un certain nombre de traités écrits en castillan furent publiés en Italie. Il n'y a par conséquent aucune raison de dresser une cloison artificielle entre les productions italienne et espagnole de traités d'artillerie. Comme le suggèrent les travaux de Pascal Briost, la construction d'une science de l'artillerie fut en réalité un phénomène transnational à l'échelle de l'Europe et, s'il est impossible d'embrasser dans ce chapitre un ensemble plus vaste constitué de traités allemands, anglais ou encore français, il s'agira au moins de montrer, à travers l'exemple des échanges italo-espagnols, l'intense circulation de ces écrits malgré l'apparente barrière linguistique.

### ÉMERGENCE D'UN CHAMP DE SAVOIRS SUR L'ARTILLERIE

La fondation d'une science de la balistique est généralement datée de la publication des traités de Niccolò Tartaglia en 1537 et 1546<sup>52</sup>. Cependant, avant d'analyser comment s'est construit un vaste champ de savoir sur l'artillerie à partir des publications de Tartaglia, il convient

51 Sur la présence d'artilleurs italiens en Espagne, voir p. 254-260 et 264-265.

52 Tartaglia, Niccolò, *Nova scientia*, *op. cit.* Tartaglia, Niccolò *Quesiti et inventioni diverse*, *op. cit.*

de noter qu'un certain nombre de manuscrits s'attachèrent avant lui à étudier l'artillerie à poudre. L'un des plus connus est sans aucun doute le *Feuerwerkbuch*<sup>53</sup>, texte allemand de la première moitié du xv<sup>e</sup> siècle centré sur la fabrication de la poudre noire, dont il existe de nombreuses copies ainsi que des traductions, notamment en français<sup>54</sup>. De cette même époque datent le *Bellifortis* de l'allemand Conrad Kyeser et le manuscrit des guerres hussites, représentant chacun quelques bouches à feu<sup>55</sup>. À partir du milieu du xv<sup>e</sup> siècle, une école italienne de traités d'ingénierie militaire se développa également. Mary J. Voss fait ainsi remarquer que vers 1450, l'architecte Alberti évoquait, dans son manuscrit « *Ludi rerum mathematicarum* », des problèmes de mathématiques appliquées à l'usage des instruments de bombardiers<sup>56</sup>. Le manuscrit de l'ingénieur militaire Taccola<sup>57</sup> ainsi que l'ouvrage imprimé de Roberto Valturio<sup>58</sup> témoignent d'une certaine curiosité pour l'étude des machines de guerre, bien que les inventions qu'ils présentent oscillent souvent entre fantasme et réalité. À la toute fin du xv<sup>e</sup> siècle, à la cour du duc de Milan Lodovico Sforza, Léonard de Vinci coucha par écrit des réflexions intéressantes sur la fonderie et le tir de canon, représentant même des trajectoires paraboliques<sup>59</sup>. Ces dernières étaient probablement le fruit de discussions avec des professionnels de la guerre tels le *condottiere* Pietro Monte, qui écrivit lui aussi au sujet des trajectoires de tir<sup>60</sup>. Enfin, quelques feuillets des archives de Simancas montrent que des préoccupations similaires touchaient certains militaires castillans de la première moitié

53 Le *Feuerwerkbuch* est considéré comme le premier traité d'artillerie. Écrit en allemand vers 1420, il aurait connu une large diffusion, avec plus de cinquante-cinq manuscrits encore conservés, selon Crouy-Chanel, Emmanuel de, Contamine, Philippe, *Canons médiévaux : puissance du feu*, Rempart, Paris, 2010, p. 29.

54 « Le Livre du secret de l'art de l'artillerie et canonnerie », Bibliothèque Nationale de France. ms. latin 4653, c. 1430, fol. 125-170.

55 Voir chapitre « l'école allemande » dans Gille, Bertrand, *Les ingénieurs de la Renaissance*, Paris, Éditions du Seuil, 1978, p. 57-81.

56 Voss, Mary J., « Between the Cannon and the Book », *op. cit.*, p. 222.

57 Taccola, Mariano, *L'art de la guerre : machines et stratagèmes de Taccola, ingénieur de la Renaissance*, traduit et publié en facsimilé par Eberhard Knobloch, Paris, Gallimard, 1992.

58 Valturio, Roberto, *De re militari*, Vérone, 1472.

59 Brioiist, Pascal, « Les mathématiques et la guerre au xvi<sup>e</sup> siècle : France, Italie, Espagne, Angleterre », *op. cit.*, p. 331-342.

60 Brioiist, Pascal, *Léonard de Vinci, Homme de Guerre*, Paris, Alma, 2013, p. 122-126.

du XVI<sup>e</sup> siècle<sup>61</sup>. L'auteur anonyme y décrit notamment les différents types de pièces d'artillerie, leurs proportions, ainsi que les différents éléments à prendre en compte lors d'un tir, insistant sur la variation de portée en fonction de l'angle de hausse de la pièce. Toutefois, en termes de circulation et de recherche d'exhaustivité, cette première production diluée sur un siècle et demi ne peut se comparer au succès rencontré par le projet du mathématicien Niccolò Tartaglia de fonder la Nouvelle Science de l'artillerie.

LA NOUVELLE SCIENCE DE TARTAGLIA ET LA PREMIÈRE GÉNÉRATION DE TRAITÉS D'ARTILLERIE (1537 – C. 1580)

Les biographies de Niccolò Tartaglia (1500-1557) abondent du fait, sans doute, de la fascinante originalité de son parcours<sup>62</sup>. Né à Brescia dans un milieu modeste, orphelin de père dès son plus jeune âge, Niccolò Fontana dut son surnom de *Tartaglia* (« le bègue ») à un défaut d'élocution provenant d'une blessure qu'il reçut à 12 ans lors du sac de Brescia par les troupes de Gaston de Foix. Trop pauvre pour aller à l'école, il se forma lui-même en parfait autodidacte, devenant maître de mathématiques dans une école d'abaque à Vérone puis à Venise. Malgré ce statut relativement humble, Tartaglia acquit une renommée internationale et fut reconnu comme l'un des grands mathématiciens de son temps. Il se rendit particulièrement célèbre par l'invention d'une solution générique des équations du troisième degré puis par la dispute publique qui en résulta avec deux autres mathématiciens italiens, Girolamo Cardano et son disciple Lodovico Ferrari, qui trahirent son secret en publiant l'*Ars Magna* en 1545. Impliqué dans le commerce de livres<sup>63</sup>, Tartaglia fut aussi connu pour son activité humaniste de traduction en italien d'œuvres scientifiques anciennes comme celles d'Euclide (1543), d'Archimède (1543) et de Jordan de Némore (1565).

61 AGS GYM leg. 13/67 (c. 1530).

62 En sus des classiques d'histoire des sciences cités en introduction, voir Martin Casallerrey, Francisco, *Cardano y Tartaglia : las matemáticas en el Renacimiento italiano*, Madrid, Nivola, 2000. Hamon, Gérard, Degryse, Lucette, *Niccolò Tartaglia : mathématicien autodidacte de la Renaissance italienne : le livre IX des « Quesiti et inventioni diverse » ou l'invention de la résolution des équations du troisième degré*, Paris, Hermann, 2010. Valleriani, Matteo, *Metallurgy, Ballistics, and Epistemic Instruments : The Nova scientia of Tartaglia*, Berlin, epubli GmbH, 2013.

63 Voss, Mary J., « Between the Cannon and the Book », *op. cit.*, p. 361.

Enfin et surtout, il gagna une grande notoriété grâce à ses travaux sur l'artillerie contenus dans deux ouvrages, la *Nova Scientia* et les *Quesiti et Inventioni Diverse*<sup>64</sup>.

Comme son titre l'indique, l'ambition de la *Nova Scientia*, publiée à Venise en 1537, fut de créer une nouvelle science de l'artillerie. Le frontispice de l'ouvrage, conçu par l'auteur lui-même<sup>65</sup>, résume parfaitement ce projet : entouré d'allégories de la géométrie, de l'arithmétique et de diverses sciences mixtes telles que l'astronomie, la musique ou la géographie, Tartaglia s'approche d'un groupe d'artilleurs afin de leur offrir une nouvelle science mixte alliant la philosophie naturelle d'Aristote et de Platon – en haut de l'image – aux mathématiques d'Euclide – en bas de la scène. Suivant une structure euclidienne de type hypothético-déductif, l'ouvrage propose des définitions, pose des axiomes, c'est-à-dire des suppositions non-démonstrées, puis fournit des propositions démontrées, pour la plupart, à l'aide d'arguments géométriques et numériques.

Dans cet opuscule, le propos de Tartaglia se concentre essentiellement sur la balistique externe. Il s'agit de décrire et de caractériser les trajectoires de boulets de canon, ainsi que de mettre en évidence leur régularité, leur proportionnalité et leur évolution selon l'angle de hausse de la pièce. En outre, Tartaglia y fournit quelques techniques et instruments de mesure utiles à cette nouvelle science parce qu'ils permettent, par exemple, de mesurer des distances. Le plus célèbre de ces instruments, parfois appelé « équerre de Tartaglia », était une équerre disposant d'un fil à plomb et d'un cadran muni de douze graduations qui permettait de mesurer les angles d'élévation d'une pièce d'artillerie. Par ailleurs, il faut noter que les logiques de patronage amputèrent cet ouvrage de deux des cinq parties prévues initialement<sup>66</sup>. Sollicitant le patronage du duc d'Urbino, Francesco Maria della Rovere, alors capitaine général de l'armée vénitienne, Tartaglia prétendait en effet avoir composé son livre à la hâte tandis que la Sérénissime se préparait à affronter la menace ottomane pour défendre ses possessions en Grèce. Il proposait au duc, si ce dernier était satisfait par cette publication, de s'entretenir avec lui en privé afin de lui dévoiler bien d'autres secrets.

64 Tartaglia, Niccolò, *Nova scientia*, *op. cit.* ; Tartaglia, Niccolò, *Quesiti*, *op. cit.*

65 Voss, Mary J., « Between the Cannon and the Book », *op. cit.*, p. 372.

66 Voir la lettre de dédicace au duc d'Urbino Niccolò Tartaglia, *Nova scientia*, *op. cit.*



FIG. 39 – Frontispice de la *Nova Scientia* de N. Tartaglia, publiée à Venise en 1537. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

Neuf années plus tard, en 1546, Tartaglia consacra un tiers des *Quesiti et Inventioni Diverse* à l'approfondissement du projet entamé dans la *Nova Scientia*. La sollicitation du patronage du duc d'Urbino n'avait pas porté ses fruits puisque ce dernier mourut l'année suivant la publication de la *Nova Scientia*. Toutefois, le projet de créer une science de l'artillerie avait soulevé de nombreuses questions non seulement de la part du duc lui-même mais aussi de la part de Gabriel Tadino di Martinengo, superintendant des fortifications et de l'artillerie vénitienne, de l'ingénieur militaire Giulio Savorgnano, du fondeur de canons Alberghetto di Alberghetti, ainsi que d'artilleurs anonymes. Les *Quesiti* mettent en scène ces dialogues, fictifs bien que probablement fondés sur une certaine réalité de fréquentation entre l'auteur et ces hommes de guerre au service de la Sérénissime. Le contenu, plus concret que celui de la *Nova Scientia*, vint la compléter. Tartaglia tâcha notamment de tenir compte des divers facteurs de balistique interne, avant que le boulet ne sorte du canon. À une époque où, il faut le rappeler, la fabrication de l'armement n'était pas normalisée, il s'agissait notamment de caractériser les pièces selon leurs proportions, de les charger avec le type et le volume de poudre adéquat, de disserter sur la taille et les matériaux des boulets ou encore de régler les mires d'un canon par rapport à son âme, son axe interne, qui était rarement parfaitement parallèle aux bords extérieurs. Pour toutes ses actions, le mathématicien-géomètre avait des solutions, des techniques et des instruments à offrir à l'artilleur.

Ces traités ont tous deux été de grands succès d'édition, connaissant chacun plusieurs rééditions à Venise au cours du XVI<sup>e</sup> siècle et jusqu'aux premières années du XVII<sup>e</sup> siècle<sup>67</sup>. D'après le nombre d'exemplaires conservés aujourd'hui dans les bibliothèques, l'édition de la *Nova Scientia* de 1558 fut sans doute celle qui connut la plus grande diffusion<sup>68</sup>, tandis que l'édition la plus importante des *Quesiti et Inventioni Diverse* fut celle de 1554<sup>69</sup>. En d'autres termes, ce ne fut réellement que dans la seconde moitié du XVI<sup>e</sup> siècle que les œuvres de Tartaglia circulèrent

67 La *Nova Scientia* fut réimprimée en 1550, 1558 et 1583 et les *Quesiti et Inventioni Diverse* en 1546, 1554, 1562. En 1606, toutes deux furent incluses dans une compilation de plusieurs œuvres de Tartaglia, Tartaglia, Niccolò, *Opere del famosissimo Nicolo Tartaglia*, Venise, Al segno del liono, 1606. Voir, en annexe III, la forte proportion d'exemplaires survivants dans les bibliothèques.

68 Valleriani, Matteo, *Metallurgy, Ballistics, and Epistemic Instruments*, op. cit., p. 45.

69 Voir annexe III.

abondamment. Elles connurent d'ailleurs des traductions dans plusieurs langues<sup>70</sup> et furent, à n'en pas douter, lues d'un certain nombre de militaires au service du roi d'Espagne.

Il y eut, d'abord, des contacts personnels entre Tartaglia et quelques grands serviteurs de la Monarchie hispanique. Les *Quesiti* mettent notamment en scène de nombreux dialogues de l'auteur avec Gabriel Tadino di Martinengo, chevalier de l'ordre de Malte et prieur de Barletta, auquel l'auteur dédia sa traduction d'Euclide en 1543. Bien qu'au service des Vénitiens à l'époque de ses contacts avec Tartaglia, cet homme avait été, quelques années auparavant, capitaine général de l'artillerie de Charles Quint en Espagne<sup>71</sup>. De plus, après la mort du duc d'Urbino, Tartaglia chercha le patronage d'un autre commandant important, le marquis del Vasto, alors gouverneur de Milan au service de Charles Quint. Il lui fit parvenir, grâce à Girolamo Cardano, deux exemplaires de la *Nova Scientia* accompagnés d'instruments<sup>72</sup>. Ce fut d'ailleurs en échange de ce service que Tartaglia dévoila à Cardano sa solution secrète des équations du troisième degré à l'origine de la dispute entre les deux hommes. Même si cette tentative de sollicitation de patronage se solda par un échec, elle met en évidence la diffusion, très tôt, de la *Nova Scientia*, vers l'un des territoires italiens de la Monarchie hispanique. Enfin, Tartaglia rencontra et s'entretint à Venise avec l'ambassadeur de Charles Quint, don Diego Hurtado de Mendoza, entre 1539 et 1546. Ce dernier mit sans doute à disposition de Tartaglia quelques-uns de ses ouvrages, notamment sur la science des poids<sup>73</sup>. Aussi est-il tout à fait probable qu'en échange, l'ambassadeur put enrichir sa bibliothèque de quelques ouvrages du mathématicien italien. Il faut ajouter que cette bibliothèque fut léguée à Philippe II en 1576, à la mort de Hurtado de

70 Traduction allemande partielle de la *Nova Scientia* dans Ryff, Walter, *Der furnembsten, notwendigsten, der gantzen Architectur angehörigen Mathematischen*, Nuremberg, Truckts J. Petreius, 1547 ; Traduction anglaise dans Lucar, Cyprian, *Three bookes of Colloquies concerning the arte of shooting in Great and small pieces of artillerie*, Londres, 1588. Voir à ce sujet Briost, Pascal « Les mathématiques et la guerre au XVI<sup>e</sup> siècle », *op. cit.* p. 362.

71 AGS, CMC 1<sup>a</sup> epoca, leg. 635 (4), il apparaît dans ces documents comptables comme touchant son salaire pour les années 1525-1526.

72 Voir l'échange épistolaire entre Tartaglia et Cardano inséré dans Tartaglia, Niccolò, *Quesiti*, *op. cit.*, fol. 115v et suiv.

73 Une copie d'Archimède par Guillaume de Moerbeke, reliée avec les copies imprimées du *De Ratione Ponderis* de Jordan de Némore et du *De Ponderibus* du pseudo-Archimède, selon Drake, Stillman, Drabkin, I.E., *Mechanics in the Sixteenth Century Italy*, Madison, The University of Wisconsin Press, 1969, p. 23.

Mendoza, et intégrée aux fonds royaux de l'Escurial<sup>74</sup>, dont l'inventaire réalisé précisément en cette année de 1576 révèle la présence des travaux de Tartaglia sur l'artillerie<sup>75</sup>.

Le processus de diffusion et d'assimilation des œuvres de Tartaglia est également visible à travers la lecture de certains traités militaires écrits en castillan. Un manuscrit intitulé « *Libro muy curioso y utilíssimo de artillería* » contient ainsi de nombreux passages traduits en castillan des œuvres de Tartaglia, principalement des *Quesiti et Inventioni Diverse*, juxtaposés à des développements originaux de l'auteur<sup>76</sup>. Répondant au nom de Hernando del Castillo, ce dernier se présente lui-même comme un artilleur mais sa vie demeure obscure. Il sert de toute évidence dans le nord de l'Italie car il évoque à plusieurs reprises dans son manuscrit des pièces d'artillerie se trouvant au château Sforza de Milan<sup>77</sup> et représente plus loin un fort avec des créneaux à queues d'aronde, symbole gibelin typique de l'architecture militaire médiévale italienne, que l'auteur situait d'ailleurs dans la région de Ferrare<sup>78</sup>. Généralement daté par les historiens des années 1550 ou 1560<sup>79</sup>, ce manuscrit manifeste l'assimilation à cette période, d'une partie du projet de Tartaglia par certains artilleurs castillans stationnés en Lombardie.

L'importante mobilité de la profession d'artilleur favorisa sans doute les échanges intellectuels entre péninsules italienne et ibérique comme en témoigne un autre manuscrit rédigé vers 1570 par un Italien du nom de Giusto Aquilone<sup>80</sup>. Construisant son argumentation à partir d'Euclide et des propositions de la *Nova Scientia* de Tartaglia, cet auteur avait

74 *Documentos Para La Historia Del Monasterio De San Lorenzo El Real De El Escorial*, Madrid, Imprenta Sáez, 1964, p. 238.

75 « *Inveniones de Tartaglia para ganar una ciudad inexpugnable*, 1554, Ma 11-II-21 », *ibid.*, p. 91.

76 Castillo, Hernando del, « *Libro muy curioso y utilísimo de artillería* », BNE. mss. 9034, c. 1560.

77 *Ibid.* fol. 5v et 6r.

78 « *Que trata de batir un castillo como casa nostra que está en el Ferrares encima de una montaña espñable* », *ibid.*, fol. 39r.

79 Daté de 1550 par Vigón, Jorge, *Historia de la Artillería Española*, *op. cit.*, p. 268. Même date pour López Piñero, José María, *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, *op. cit.*, p. 254 ; Daté de 1564 par Vicente Maroto, María Isabel, « Las escuelas de artillería en los siglos XVI y XVII », *op. cit.*, p. 8. Il est difficile de trancher entre ces deux opinions car aucun de ces auteurs ne justifie sa datation.

80 Aquilone, Giusto, « *Trattato di artiglieria* », Florence, BNCF, mms Magliabechiano, II, IV, 337. Voir Pascal Brioiest, « Les mathématiques et la guerre au XVI<sup>e</sup> siècle : France, Italie, Espagne, Angleterre » *op. cit.*, p. 365-370. Le manuscrit n'est pas daté, mais il cite

manifestement assimilé en détail le projet du mathématicien brescien et proposait même à son lecteur de lui révéler, à l'aide d'une technique géométrique, la loi de variation des portées que Tartaglia avait gardée secrète. Or, cet Italien avait manifestement fréquenté les milieux artilleurs de la Monarchie hispanique puisqu'il faisait mention, dans son texte, d'une expérience de tir d'artillerie réalisée en 1565 sur l'île d'Ibiza<sup>81</sup>. Cette expérience visait clairement à résoudre des disputes entre artilleurs suite à la lecture de Tartaglia. De tels contacts entre artilleurs italiens et espagnols, qu'ils aient eu lieu en Italie ou en Espagne, participèrent certainement à la diffusion du projet tartaglien.

Le premier livre imprimé en castillan abordant le thème de l'artillerie fut publié en 1583 à Mexico<sup>82</sup>. Il s'agit d'un ouvrage traitant de l'art militaire en général mais consacrant l'une de ses quatre parties à l'usage de l'artillerie. Cette partie est essentiellement composée, à quelques rares exceptions près, de passages traduits des *Quesiti et Inventioni Diverse*, ainsi que de quelques éléments de la *Nova Scientia* permettant d'ailleurs d'affirmer que l'auteur a eu accès à un exemplaire des éditions de 1550 ou 1558<sup>83</sup>. Le contexte de publication de cette œuvre demeure assez flou. Son auteur, Diego García de Palacio, était un *letrado* (juriste) originaire de l'arrière pays de Santander, docteur en droit de l'université de Mexico et auditeur de la *real audiencia de Mexico*, tribunal suprême de la vice-royauté de Nouvelle-Espagne. Il était également un grand capitaliste possédant de nombreuses fermes, exploitations agricoles, moulins et sucreries en Nouvelle-Espagne<sup>84</sup>. Enfin, et surtout, cet individu semble avoir eu un intérêt particulier pour ce qui touchait au militaire<sup>85</sup>. Quelques années auparavant, en 1578, García de Palacio avait soumis

---

le livre de Cataneo publié en 1567 et aucun autre auteur à part Tartaglia, ce qui laisse supposer une rédaction dans les années 1570, avant la vague d'auteurs des années 1580.

81 Aquilone, Giusto, « Trattato di artiglieria », *op. cit.* fol. 14.

82 García de Palacio, Diego, *Dialogos Militares*, *op. cit.*

83 Il s'agit du schéma des carrés magiques, absent de l'édition de 1537, Tartaglia, Niccolò, *Nova scientia inventa de Nicolò Tartaglia con una giunta al terzo libro*, Venise, Nicolo de Bascarini, 1550, fol. 32r ; On retrouve le même schéma chez García de Palacio, Diego, *Dialogos Militares*, *op. cit.*, fol. 142v.

84 Chevalier, François, *La formation des grands domaines au Mexique : terre et société aux XVI<sup>e</sup>-XVII<sup>e</sup> siècles*, Paris, Institut d'ethnologie, 1952, p. 165.

85 LÉ FLEM, Jean-Paul, « Diego Garcia de Palacio et l'artillerie : un précurseur de la balistique moderne ? » dans *La révolution militaire en Europe : XV<sup>e</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles : actes du colloque, 4 avril 1997 à Saint-Cyr Coëtquidan*, Jean Bérenger (éd.) Paris, Institut de stratégie comparée, 1998, p. 51-64.

aux autorités madrilènes un projet de conquête de la Chine à partir du Guatemala et des Philippines<sup>86</sup>. Les *Dialogos Militares* publiés en 1583 et dédiés au vice-roi de Mexico, commandant militaire de Nouvelle-Espagne, visaient donc sans doute à démontrer les aptitudes guerrières de ce juriste de formation, dans le contexte d'une menace croissante de la course anglaise sur les côtes américaines. D'ailleurs, en 1587, juste après avoir publié un fameux traité de navigation<sup>87</sup>, ce même auteur prit le commandement d'une flottille de défense contre la venue du corsaire Thomas Cavendish sur la côte Pacifique<sup>88</sup>. Néanmoins, malgré son intérêt en tant que premier traité sur l'artillerie en castillan et en tant que témoignage de l'assimilation des travaux de Tartaglia, les *Dialogos Militares* n'eurent qu'une faible diffusion, les exemplaires étant aujourd'hui rares et l'œuvre n'étant ni citée ni reprise par les auteurs de traité d'artillerie des décennies suivantes<sup>89</sup>.

Entre temps, dans la péninsule italienne, le projet tartaglien de création d'une science de l'artillerie fut enrichi d'un certain nombre de publications à la fin des années 1560<sup>90</sup>. Cette production était fortement ancrée dans le nord de l'Italie et plus particulièrement à Venise, capitale européenne de l'imprimerie et lieu de publication des ouvrages de Niccolò Tartaglia. Ainsi, en 1567, l'homme de guerre Domenico Mora y publia un traité militaire divisé en trois dialogues, dont le premier fut consacré à l'artillerie, l'auteur y reprenant certaines conclusions de Tartaglia<sup>91</sup>. La même année, un traité d'artillerie fut imprimé à Brescia par l'ingénieur militaire Girolamo Cataneo<sup>92</sup>. Ce dernier n'en était pas à sa première publication puisque, trois années auparavant, il avait fait imprimer un traité de fortification à la fin duquel il proposait déjà un bref traité d'artillerie, accompagné d'un

86 Gallegos, Eder, *Fuerza de sus reinos. Instrumentos de la guerra en la frontera oceánica del Pacífico Hispano (1571-1698)*, México, Palabra de Clío, 2015, p. 60. Gruzinski, Serge, *El águila y el dragón : desmesura europea y mundialización en el siglo XVI*, México, Fondo de Cultura Económica, 2018, p. 260.

87 García de Palacio, Diego, *Instrucción nautica, para le buen uso y regimiento de las naos*, *op. cit.*

88 AGI MEXICO leg. 21/21, 20 et 30 (année 1587). L'épisode est raconté p. 190.

89 Sur la rareté des exemplaires, voir annexe III.

90 Voir « La réception de Tartaglia en Italie », dans Briost, Pascal, « Les mathématiques et la guerre au XVI<sup>e</sup> siècle : France, Italie, Espagne, Angleterre », *op. cit.*, p. 359-375.

91 Mora, Domenico, *Tre quesiti in dialogo sopra il fare batterie, fortificare una villa, et ordinar bataglie quadrate, con una disputa de precedenza tra l'arme e le lettere*, Venise, 1567.

92 Cataneo, Girolamo, *Avvertimenti et essamini intorno a quelle cose che richiede a un bombardiero*, *op. cit.*

« examen de bombardier<sup>93</sup> ». Ses écrits, explicitement tournés vers l'activité de l'artilleur, rencontrèrent un certain succès, étant réimprimés à Venise en 1580 et 1582<sup>94</sup>, puis encore en 1584 à Brescia dans une compilation de traités militaires<sup>95</sup>. Un autre traité d'artillerie connut un succès comparable sur la même période. Il s'agit des *Precetti della Militia Moderna* de l'humaniste et cartographe Girolamo Ruscelli<sup>96</sup>. Sorti des presses vénitienes pour la première fois en 1568, il fut réédité à trois reprises à Venise, en 1572, 1583 et 1595, ce qui témoigne de son succès et de sa diffusion.

#### TARTAGLIA CONTESTÉ : LES PREMIÈRES AUTORITÉS ESPAGNOLES (C. 1580-1600)

À partir des années 1580, une nouvelle génération d'auteurs s'efforça de contester les autorités qui s'étaient mises en place depuis le milieu du XVI<sup>e</sup> siècle, au premier chef desquelles figurait Tartaglia. L'un des premiers auteurs de cette vague contestataire fut Gabriel Busca, ingénieur militaire issu d'une famille milanaise de fondeurs de canons. L'un de ses frères, Francesco, devint fondeur attitré du duc de Savoie dans les années 1560<sup>97</sup>, tandis qu'un autre membre de sa famille, Giovan Battista, fut fondeur d'artillerie du duché de Milan dans les années 1570-1580<sup>98</sup>. Gabriel quant à lui oscilla entre le service de la maison de Savoie, pour laquelle il fut lieutenant d'artillerie à partir de 1561, et celui du roi d'Espagne, qu'il servit en Lombardie en tant qu'ingénieur militaire, participant notamment à la construction de la forteresse de Fuentes verrouillant la vallée de la Valteline<sup>99</sup>. En 1584, il publia à Carmagnole l'*Instruzione de' Bombardieri*, un traité d'artillerie qui n'hésitait pas à attaquer les précédents auteurs sur l'artillerie. La critique de Tartaglia

93 Cataneo, Girolamo, *Opera nuova de fortificare, offendere et difendere... aggiuntovi nel fine in trattato de gl'essamini de' bombardieri et di far fuochi arteficiati*, Brescia, Batista Bozzola, 1564.

94 Cataneo, Girolamo, *Avvertimenti et essamini intorno a quelle cose che richiedono a un perfetto bombardiero*, Venise, Altobello Salicato, 1580 puis 1582.

95 Cataneo, Girolamo, *Dell'arte militare libri cinque... nell'ultimo l'essamine de' Bombardieri*, Brescia, Thomaso Bozzola, 1584.

96 Ruscelli, Girolamo, *Precetti della militia moderna tanto per mare quanto per terra*, Venise, appresso gli heredi di Marchio Sessa, 1568.

97 Brioiist, Pascal « Les mathématiques et la guerre au XVI<sup>e</sup> siècle », *op. cit.*, p. 370.

98 AGS EST, leg. 1260/127 (Octobre 1585).

99 AGS VII, leg. 278/19, livre imprimé portant le titre « Descargos del capitán Christóval Lechuga », Milan, 1612. Gabriel Busca y est mentionné à plusieurs reprises.

revient à plusieurs reprises sous la plume de l'auteur qui en fait sa cible privilégiée aux côtés de Domenico Mora et Girolamo Cardano<sup>100</sup>. Un dialogue s'était par conséquent instauré entre la première génération d'auteurs de traités d'artillerie et une nouvelle génération qui souhaitait renverser les autorités passées. Néanmoins, le traité de Busca eut un succès plus limité que les livres de Tartaglia, Cataneo et Ruscelli, ses exemplaires étant plus rares et le traité ne comptant qu'une seule réédition, en 1598, conjointe à un traité de fortification du même auteur<sup>101</sup>.

Tout autre fut le succès de l'œuvre de Luis Collado. Né à Lebrija en Andalousie, Collado fit une longue carrière militaire d'une cinquantaine d'années au service du roi d'Espagne. Il fut ainsi soldat et capitaine d'artilleurs à Ibiza, participa à la bataille de Navarino en 1572, sorte d'appendice de la bataille de Lépante, puis dirigea divers travaux de fortifications en Sicile et dans le royaume de Naples, notamment à Brindisi et Tarente<sup>102</sup>. Il finit sa carrière comme ingénieur militaire dans le duché de Milan, en charge des fortifications ainsi que des examens d'artilleurs. Il eut une dernière occasion de s'illustrer sur le champ de bataille lors du siège de Bricherasio, en 1594, contre les troupes de Lesdiguières, avant de décéder en juin 1602. Luis Collado fut donc de la même génération que Gabriel Busca et fréquenta la Lombardie à la même période. Tous deux étaient ingénieurs au service du gouverneur de Milan dans les toutes premières années du XVII<sup>e</sup> siècle, ce qui ne laisse aucun doute sur le fait qu'ils se côtoyèrent dans les dernières années de leur vie, si ce n'est avant. Or, comme Gabriel Busca, Luis Collado publia une œuvre visant à faire choir de leur piédestal les autorités qu'étaient devenus Tartaglia, Cataneo et Ruscelli.

Son succès fut le fruit de deux tentatives exécutées par l'auteur à la fin de sa carrière, tandis qu'il était ingénieur militaire à Milan. D'abord, en 1586, il publia un premier traité d'artillerie dédié au gouverneur de Milan, Carlo d'Aragona, duc de Terranova. Comme le chapitre précédent l'a mis en évidence, le duc de Terranova s'était montré particulièrement

100 Busca, Gabriel *Istruzione de' bombardieri*, Carmagnola, Marco Antonio Bellone, 1584, p. 61 pour Tartaglia, Mora et Cardano, puis p. 72, 73 et 74 pour Tartaglia seulement.

101 Busca, Gabriel, *Della espugnazione et difesa delle fortezze... aggiuntoui nel fine l'istruzione de' bombardieri*, Turin, Giovan Dominico Tarino, 1598. Sur la rareté des exemplaires, voir annexe III.

102 Sa carrière est retracée par sa fille, Camilla Collado, dans un *memorial* transmis au conseil de guerre, AGS EST, leg. 1704/266 (10/08/1604).

sensible aux questions d'artillerie lorsqu'il gouverna la Sicile entre 1571 et 1577, puis la Lombardie à partir de 1583. Il avait été le principal artisan de l'ouverture d'écoles d'artilleurs dans ces deux États. Il y a par conséquent fort à croire qu'il encouragea d'une manière ou d'une autre l'entreprise de Collado. Ce dernier fit imprimer son traité en italien à Venise, là même où les principaux traités d'artillerie qui le précédaient avaient été publiés. Néanmoins, à côté de cette apparente continuité, Collado revendiquait une rupture :

Certains auteurs ont écrit et fait imprimer des livres d'artillerie, à savoir Niccolò Tartaglia, Girolamo Ruscelli et Cataneo, lesquelles œuvres sont plutôt le produit d'hommes instruits en mathématiques et dans d'autres arts et sciences que d'hommes ayant pratiqué l'exercice manuel de l'artillerie et de ses effets<sup>103</sup>.

Ce passage met en évidence le statut d'autorités acquis par Tartaglia, Cataneo et Ruscelli auprès des hommes de guerre de cette période. Ambitionnant de les remplacer, Collado tenta de saper leur crédibilité en insistant sur leur statut de mathématiciens totalement étrangers au champ de bataille, tandis que lui-même possédait la légitimité conférée par l'expérience. Dans cette même perspective de renversement de pouvoir, Collado chercha à déposséder Niccolò Tartaglia de sa principale *regalia*, la fameuse équerre de l'artilleur, dont il resitua l'invention en Allemagne au xv<sup>e</sup> siècle en s'appuyant sur une citation de l'astronome bavarois Regiomontanus<sup>104</sup>. Toutefois, cette première tentative ne réussit pas complètement puisque, si l'on se fie au nombre d'exemplaires survivants aujourd'hui, cette édition de 1586 n'atteignit probablement pas les niveaux de diffusion des œuvres de Tartaglia, Cataneo et Ruscelli<sup>105</sup>.

Cependant, le véritable triomphe de Luis Collado intervint seulement six ans plus tard, en 1592, avec la publication du *Plática Manual de Artillería*<sup>106</sup>. Il s'agissait d'une réédition du traité de 1586, augmentée de nombreux développements, publiée à Milan, et résolument tournée

103 « *Alcuni autori hanno scritto, et fatto stampare libri d'arteglieria ; cioè Nicolò Tartaglia, Girolamo Ruscelli et il Cattaneo, le cui opere piu tosto rendono testimonianza d'huomini mattematici et in altre arti overo scienze instrutti, che di praticchi nell'essercitio manuale dell'arteglieria et di suoi effetti* », Collado, Luis, *Pratica Manuale di artiglieria*, Venise, Pietro Dufinelli, 1586, fol. 21v.

104 *Ibid.* fol. 39.

105 Voir annexe III.

106 Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, *op. cit.*

vers la péninsule ibérique à travers une dédicace au roi Philippe II ainsi que par l'emploi du castillan au lieu de l'italien. La critique des auteurs italiens, et en particulier de Tartaglia, s'y fit plus franche et plus acerbe, à l'image de ce passage où Collado attaque leurs lois mathématiques des portées, les qualifiant de mensonges :

Ils mentent Girolamo Ruscelli et Niccolò Tartaglia, et ils mentent aussi tous ces auteurs qui, sans aucun fondement ni expérience, veulent savoir, à partir de la connaissance de la portée d'une pièce au premier point de l'équerre, quelle sera sa portée aux autres points, en recherchant les différences par des règles numériques, ce qui ne pourra jamais être fait sans erreur<sup>107</sup>.

Entre 1586 et 1592, la plume de Collado avait indéniablement gagné en assurance. Certes, il écrivait en castillan, sa langue maternelle, mais il écrivait surtout pour un public castillan, auprès duquel il se sentait une grande légitimité, d'abord en tant qu'homme de guerre reconnu pour ses nombreux services rendus à la Monarchie, ensuite en tant que premier auteur castillan à avoir défié, en 1586, les auteurs italiens de traités d'artillerie sur leur propre terrain. Il expliquait d'ailleurs dans la préface au lecteur de l'édition de 1586 que, s'il s'était décidé à prendre la plume, c'était parce que, malgré les nombreux hauts faits d'armes des Espagnols, aucun d'entre eux n'avait encore souhaité écrire sur le sujet. La version castillane augmentée de 1592 concrétisa cette aspiration. Collado y proposa un ouvrage exhaustif sur l'artillerie, dotant même la discipline d'une histoire propre appuyée sur des schémas repris du *De Re militari* de Valturio de 1472. Le tirage de 1592 fut certainement de grande ampleur, comme en témoignent encore aujourd'hui les nombreux exemplaires présents dans les bibliothèques<sup>108</sup>. De la sorte, le traité de Collado connut une importante diffusion qui hissa son auteur parmi les principales autorités en matière d'artillerie. La version castillane augmentée fut d'ailleurs à son tour traduite en italien et publiée à Milan en 1606 puis en 1641.

Un autre traité important fut publié en 1590, entre les deux versions du manuel de Collado. Il s'agit du *Perfeto Capitán*, le premier imprimé traitant

107 « *Callen pues Gerónimo Rucelio y el Nicolao Tartalla, y callen los demas auctores que sin fundamento alguno, ni experiencia quieren que, sabidos los passos que una peça tiró por el primero punto, se sepan los que tirara por qualquier otro, investigando las diferencias de los tiros por las reglas de guaritmo, lo qual jamás barán verdadero* », *ibid.*, fol. 39v.

108 Voir annexe III.

d'artillerie ayant été publié dans la péninsule ibérique<sup>109</sup>. Son auteur, Diego de Álava y Viamont, n'était autre que le fils du capitaine général de l'artillerie don Francés de Álava, issu de la haute noblesse de Navarre<sup>110</sup>. Toutefois, contrairement à don Francés qui avait une grande expérience du champ de bataille, Diego avait dû suivre le chemin des lettres sous la contrainte de son père, se formant à la culture humaniste et au droit aux universités d'Alcalá et de Salamanque<sup>111</sup>. Âgé d'environ 35 ans en 1590 et ayant perdu son père quelques années plus tôt, en 1586, Diego de Álava aspirait à une carrière militaire et souhaitait, par la publication du *Perfeto Capitán*, démontrer au roi Philippe II ses grandes connaissances théoriques sur l'art militaire. Les lettres mises en prologue de l'ouvrage et rédigées par des humanistes et courtisans de l'époque tendaient en ce sens à souligner la ressemblance entre Diego de Álava et son père, rendant naturel le désir du fils de devenir capitaine. Par ailleurs, ce désir se manifesta concrètement par une demande soumise au conseil de guerre l'année de publication de l'ouvrage<sup>112</sup>. Mettant en avant à la fois les services mémorables de son père et la publication de son traité sur la discipline militaire, Diego de Álava y Viamont y sollicitait la place de capitaine d'une compagnie d'hommes d'armes – c'est-à-dire de cavalerie lourde – commandée par le défunt comte de Cifuentes. Malheureusement, malgré un avis favorable des membres du conseil, Diego de Álava n'obtint pas la place et trois ans plus tard il réitéra sa demande d'obtention d'un poste de capitaine d'hommes d'armes sans obtenir, semble-t-il, plus de succès<sup>113</sup>. La seule position qu'il acquit avant sa mort, à la fin de l'année 1596, fut un office courtisan – et non militaire – de gentilhomme de la maison du roi<sup>114</sup>.

Son traité en revanche connut une grande réussite. Il s'agissait d'un ouvrage dédié à l'art militaire en général puisqu'il proposait de former « le parfait capitaine ». Toutefois, en digne héritier du capitaine général de l'artillerie, l'auteur y fit la part belle à l'artillerie, lui consacrant

109 Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán, instruido en la disciplina militar, y nueva ciencia de la artillería*, Madrid, Pedro Madriral, 1590.

110 Pour une biographie fiable de Diego de Álava voir Rodríguez, Pedro, Rodríguez, Justina, *Don Francés de Álava y Beamonte*, *op. cit.*

111 Il décrit son parcours dans une lettre à son défunt père insérée en début d'ouvrage, manifestant un certain ressentiment à son égard. Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán, instruido en la disciplina militar, y nueva ciencia de la artillería*, *op. cit.*

112 AGS, GYM, leg. 307/143 (29/06/1590).

113 AGS, GYM, leg. 391/65 (10/09/1593).

114 Rodríguez, Pedro, Rodríguez, Justina, *Don Francés de Álava y Beamonte*, *op. cit.*, p. 86-88.

quatre des six livres de son œuvre. La stratégie employée par Diego de Álava fut semblable à celle de Busca et Collado à la même période : il chercha à déconstruire l'autorité de Tartaglia, signe manifeste de la réputation acquise par de ce dernier au sein de la péninsule ibérique. En revanche, la tactique fut quant à elle différente puisque Diego de Álava ne pouvait se légitimer, comme Collado ou Busca, par une quelconque expérience du champ de bataille. Il s'attacha à présenter la « doctrine de Nicolo Tartalla », n'hésitant pas à spéculer sur les intentions du mathématicien brescian et prétendant révéler une fameuse loi mathématique des portées que Tartaglia avait gardée secrète, ceci afin de mieux mettre en contraste ses propres lois en sinus, bien plus complexes et raffinées<sup>115</sup>. Autrement dit, Álava chercha à se distinguer par l'approfondissement des aspects les plus spéculatifs et théoriques des travaux de Tartaglia.

Ce fut sa formation à l'université de Salamanque qui lui procura les outils mathématiques et philosophiques nécessaires à la poursuite de cet objectif. Il y fut notamment l'élève de Gerónimo Muñoz, qui y enseigna l'astrologie, l'astronomie et les mathématiques<sup>116</sup>. Diego de Álava n'hésita d'ailleurs pas à mettre en avant l'implication de son maître dans son projet de recherche sur l'artillerie :

En discutant de cela avec le très docte maître Gerónimo Muñoz, il me dit qu'il tenait pour fausse l'opinion de Tartaglia et que, pour tirer le vrai du faux, il avait fait tirer quelques mortiers et bombardes<sup>117</sup>.

115 Voir les titres des livres 5 et 6 : « *Libro quinto en que se trata de todos los instrumentos necesarios para el uso de la artillería y del modo de bazer tablas para tirar con ella, conforme a la doctrina de Nicolo Tartalla* », « *Libro sexto en que se reprueva la doctrina de Nicolo Tartalla, y se enseña la verdadera con las demostraciones en que se funda, y lo que se a de seguir en bazer tablas para el uso de la artillería* », Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán, instruido en la disciplina militar, y nueva ciencia de la artillería*, op. cit. La loi des portées est présentée dans la dernière partie de ce chapitre.

116 Sur ce personnage, voir notamment Navarro Brotons, Victor, Salavert, Vicente, *Jeronimo Muñoz : Introduccion a la astronomia y la geografia*, Valence, Consell Valencia de Cultura, 2004. Navarro Brotons, Victor, « La historia de la Ciencia en España en la Edad moderna y el papel de las universidades », dans *Derecho, historia y universidades, vol. II.*, Universitat de Valencia, Valence, 2007, p. 299-305. Navarro Brotons, Victor, « El Renacimiento científico y la enseñanza de las disciplinas matemáticas en las universidades de Valencia y Salamanca en el siglo XVI », dans *Doctores y escolares / II congreso Internacional de Historia de las Universidades Hispanicas (Valencia 1995)*, Valence, Universitat de Valencia, servei de Publicacions, 1998, p. 141-159.

117 « *Communicando esto con el doctissimo maestro Gerónimo Muñoz, me dixo que él tenía por falsa la opinión de Tartalla y que, tratando él de apurarla muy de veras, avía hecho disparar algunos*

Ainsi, il semble que les lettrés humanistes de l'université de Salamanque réalisaient des expériences de tir d'artillerie afin de vérifier les théories de Tartaglia. Malgré cela, ils manquaient indubitablement de connaissances empiriques et techniques sur les canons.

Pour composer les aspects les plus pratiques de son traité, Diego de Álava recourut – sans l'expliciter – à l'expertise d'auteurs plus expérimentés dans le maniement du canon. En effet, dans le troisième livre, celui concernant la fonderie et les proportions des pièces d'artillerie, il reprit non seulement certains passages des *Quesiti et Inventioni Diverse* de Tartaglia mais il traduisit également en castillan des données numériques et techniques décrites dans le premier traité de Luis Collado publié en italien en 1586, la version castillane de Collado ayant été publiée deux ans après le *Perfeto Capitán*. De même, le long développement sur la fabrication des artifices de feu et explosifs reprenait, mot pour mot, des chapitres d'un traité manuscrit écrit par l'artilleur Cristóbal de Espinosa à Milan en 1584<sup>118</sup>. En tant que dédicataire de cette œuvre, le général de l'artillerie don Francés de Álava avait sans doute transmis le manuscrit à son fils Diego qui l'utilisa pour combler les lacunes techniques de sa publication. Cependant, malgré ce défaut de connaissances pratiques résultant de l'inexpérience militaire de l'auteur, l'ouvrage connut une très grande diffusion, sans doute du fait du haut statut social de Diego de Álava et de ses relations à la cour de Madrid<sup>119</sup>.

La plupart des auteurs de traités d'artillerie en castillan appartenaient toutefois au milieu des hommes de guerre et le statut de lettré de Diego de Álava fut plutôt l'exception confirmant la règle. Ainsi, en 1595, Lazaro de la Isla publia à Madrid, chez la veuve de l'éditeur du *Perfeto Capitán*, un court traité d'artillerie qui connut un certain succès et qui fut réédité à Valladolid en 1603 et à Lisbonne en 1609<sup>120</sup>. Fils d'un artilleur qui servit Charles Quint et Philippe II pendant plus de quarante ans avant de mourir à la bataille de Djerba en 1560, Lazaro de la Isla servait lui aussi en tant qu'artilleur sur les galères d'Espagne

---

*morteretes y lombardetas particularmente*», Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán, instruido en la disciplina militar, y nueva ciencia de la artillería*, op. cit., fol. 234r.

118 Espinosa, Cristobal de, « Alvaradina : Dialogo de artillería », Milan, 1584, bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Segovie, manuscrit 39-2-42.

119 Comme indice de cette diffusion, voir les nombreux exemplaires recensés en annexe III.

120 Isla, Lazaro de la, *Breve tratado de artillería, geometría y artificios de fuegos*, op. cit. Voir annexe III.

depuis une trentaine d'années lorsqu'il publia son traité<sup>121</sup>. Il avait participé à diverses batailles navales, à la conquête de Tunis menée par don Juan d'Autriche en 1573 ainsi qu'à l'invasion du Portugal en 1580, parvenant au grade de chef des artilleurs d'une escadre de huit galères<sup>122</sup>.

De tels profils militaires se retrouvent également dans la production manuscrite de traités d'artillerie. À ce sujet, il faut mentionner notamment le manuscrit du lieutenant d'artillerie Diego de Prado cité en introduction de ce chapitre<sup>123</sup>. Un autre manuscrit, écrit dans les mêmes années à Milan par l'artilleur Espinel de Alvarado, témoignait de l'importante circulation de traités – imprimés autant que manuscrits – au sein des milieux artilleurs de la fin du siècle :

Je me souviens avoir vu et lu certains livres qui traitent du même sujet que ce dont nous prétendons traiter, comme ceux de Tartaglia qui est le meilleur que j'ai vu, celui de Cataneo qui n'est pas mal, la Pyrotechnie de messire Domenico [Mora], et d'autres de peu de fruits et de substances sans oublier les très nombreux petits livres secrets rédigés à la main par certains de mes amis artilleurs, pour tous lesquels mon opinion est que, à part ceux de Tartaglia et Cataneo, tous les autres sont loin d'être justes<sup>124</sup>.

Par conséquent, les dernières années du XVI<sup>e</sup> siècle furent caractérisées par d'intenses échanges littéraires où l'on s'exprimait et débattait sur des grandes questions déjà bien délimitées par les autorités italiennes du milieu du XVI<sup>e</sup> siècle, Tartaglia en tête.

Malgré l'influence manifeste des traités italiens, la nouvelle génération d'auteurs castillans commençait à asseoir son autorité à Madrid à la toute fin du XVI<sup>e</sup> siècle. C'est du moins ce qui transparaît de la lecture des notes manuscrites du docteur Julián Ferrofino<sup>125</sup>. Pour rappel, Julián

121 Voir la préface au lecteur, *ibid.*

122 AGS, GYM, leg. 271/37 (05/12/1589).

123 Prado, Diego de, « La obra manual y pláctica de artillería », *op. cit.*

124 « *Me acuerdo haber visto y leído ciertos libros que tratan de lo mesmo que nosotros pretendemos tratar como son el Tartalla, que es el mejor que yo he visto, el Cataneo, que no es malo, la Pirotechnia de miser Dominico, y algunos de poco fruto y sustancia sin otros muy muchos librillos secretos de mano de artilleros amigos míos de todos los quales lo que me parece y sabría dezir es que quitado el Tartalla y el Cataneo todos los demás assí los unos como los otros parece buyen de ser entendidos* », Alvarado, Espinel de, « Alvaradina : la cual contiene en si muchos muy necesarios avisos de las cosas tocantes al Artillería », BNE, mss. 8895, Milan, c. 1595, fol. 1v.

125 Ferrofino, Julián, « Descripción y tratado muy breve lo mas probechoso de Artillería », BNE, mss. 9027, 1599.

Ferrofino était un mathématicien et juriste originaire de Lombardie qui avait travaillé au service du conseil de guerre en enseignant aux artilleurs de Burgos, Malaga et Séville<sup>126</sup>. Le manuscrit porte la mention « écrit par le docteur Julián Ferrofino, tiré de ses brouillons lors de l'année 1599 », lorsque ce dernier était professeur de mathématique à la cour du roi à Madrid. Cette information indique qu'il s'agit d'une copie, par un tiers – disciple, serviteur ou autre – d'écrits attribuables selon toute probabilité à Ferrofino mais dont on ne sait pas s'ils furent copiés dans leur intégralité. Il faut néanmoins remarquer qu'aucun auteur italien n'y apparaît, même s'il est possible de reconnaître quelques éléments caractéristiques de la *Nova Scientia* de Tartaglia tels que l'équerre d'artilleur graduée en douze points<sup>127</sup>. En revanche, les nouvelles autorités, celles dont on parlait alors à la cour de Madrid, étaient Luis Collado<sup>128</sup> et Diego de Álava y Viamont<sup>129</sup>.

#### MATURITÉ DE L'ÉCOLE CASTILLANE (1600-1613)

Au début du XVII<sup>e</sup> siècle, la littérature sur l'artillerie continuait d'être intensivement discutée, et la génération d'auteurs de la fin du siècle précédent était progressivement assimilée. Un certain manuscrit rédigé par le capitaine Cristóbal de Rojas à Cadix en 1607 rend parfaitement compte de cette situation<sup>130</sup>. L'auteur était un architecte militaire qui avait dirigé divers projets de fortifications, notamment à Cadix dans les années 1590<sup>131</sup>. Par ailleurs, il avait acquis une expérience de terrain en matière d'artillerie en Bretagne vers 1595, lorsqu'il accompagna le capitaine Juan del Águila en soutien du duc de Mercœur, le dernier grand ligueur français<sup>132</sup>. Toutefois, le capitaine Rojas n'était pas qu'un homme de terrain. Expert en fortification, il publia en 1598 un traité à

126 Pour une biographie détaillée de l'auteur, voir p. 308-311.

127 Ferrofino, Julián, « Descripción y tratado muy breve lo mas provechoso de Artillería », *op. cit.*, fol. 7-9.

128 *Ibid.*, fol. 101r et 111r.

129 *Ibid.*, fol. 110v.

130 Rojas, Cristóbal de, « Sumario de la milicia antigua y moderna », BNE. mss. 9286, Cadix, 1607.

131 AGS GYM, leg. 307/109 (08/04/1590).

132 AGS GYM, leg. 300/55 (30/03/1595). Voir aussi Rojas, Cristóbal de, « Sumario de la milicia antigua y moderna », fol. 89, « *por mi parte baver manejado y tirado en muchas partes, especialmente en Bretaña en el campo del Duque de Mercurio y con Don Joan del Aguila* ».

ce sujet<sup>133</sup> et enseigna à l'académie royale de mathématiques de Madrid au tournant du XVII<sup>e</sup> siècle<sup>134</sup>.

Dédié à Philippe III, son manuscrit de 1607 visait à fournir des recommandations au roi et à ses plus proches conseillers. Or, ses propositions portaient sur les fortifications mais aussi sur l'artillerie, à la périphérie de la zone d'expertise de l'auteur. Aussi, pour appuyer ses conseils, le capitaine Rojas en appela-t-il aux principales autorités en la matière, renvoyant à leurs œuvres pour de plus amples détails. Voici la liste chronologique d'ouvrages qui lui semblaient les plus pertinents :

J'ai lu quasiment tous les auteurs qui ont écrit au sujet de l'artillerie, tant anciens que modernes, comme sont Niccolò Tartaglia, Cataneo, Luis Collado, Lazaro de la Isla ou encore Andres Muñoz, *artillero mayor* de la *casa de la contratación* à Séville<sup>135</sup>.

Les noms contenus dans cette liste ne surprennent en rien à l'exception notable d'Andrés Muñoz el Bueno, qui enseignait alors l'artillerie à Séville depuis plus d'une décennie mais qui n'avait encore publié aucun traité<sup>136</sup>. Il faut par conséquent en déduire que ses écrits avaient sans doute dû circuler en Espagne sous forme manuscrite dans les premières années du XVII<sup>e</sup> siècle. Par ailleurs, il faut noter que les deux noms revenant le plus souvent dans ce manuscrit sont ceux de Tartaglia et Collado, souvent juxtaposés pour manifester des grandes tendances opposées, signe que Luis Collado avait partiellement réussi son entreprise de sape de l'autorité suprême de Tartaglia.

En 1606 fut publié un autre traité qui, bien qu'ayant un rôle secondaire en tant qu'autorité, présente quelques traits intéressants. Il s'agit d'un traité de mathématiques appliquées composé par Andrés García de Céspedes, personnage dont l'œuvre éclectique révèle les passerelles qui existaient entre différents milieux et disciplines mathématiques<sup>137</sup>.

133 Rojas, Cristóbal de, *Teórica y práctica de fortificación*, Madrid, Luis Sánchez, 1598.

134 Martinez Ruiz, Enrique, *Felipe II, la ciencia y la técnica*, *op. cit.*, p. 125.

135 « *Haviendo leydo casi todos los autores que han escrito del artillería así antiguos como modernos, como son Nicolas Tartalia, el Cataneo, Luis Collado, Lazaro de la Ysla o Andres Muñoz, artillero mayor de la contratación de Sevilla* », Rojas, Cristóbal de, « Sumario de la milicia antigua y moderna », *op. cit.*, fol. 89.

136 Il publia bien un traité, mais 20 ans après la rédaction du manuscrit du capitaine Rojas : Muñoz el Bueno, Andrés, *Instrucción y Regimiento para que los marineros sepan usar de la artillería*, Malaga, Juan Rene, 1627.

137 García de Céspedes, Andrés, *Libro de instrumentos nuevos de Geometría*, Madrid, Juan de la Cuesta, 1606.

Au début de ce traité, l'auteur joignit une liste de onze ouvrages qu'il avait précédemment composés, parmi lesquels se trouvaient des livres sur l'astrolabe, la topographie, la navigation, l'astronomie, la cartographie, l'hydrographie ou encore les machines. Il construisit avant tout sa carrière en tant que spécialiste de cosmographie, d'abord à Lisbonne dans les années 1580, puis à Séville en tant que *piloto mayor* de la *casa de la contratación* (pilote principal en charge des examens) entre 1596 et 1598, et enfin en tant que cosmographe en chef du conseil des Indes à Madrid, à partir de 1598<sup>138</sup>. Le *Libro de instrumentos nuevos de geometría* traitait de divers problèmes de mathématiques appliquées et, en particulier dans sa dernière partie, de questions d'artillerie à l'occasion desquelles l'auteur proposait de discuter des trajectoires de tir, prétendant « corriger les erreurs de Tartaglia<sup>139</sup> ». Le court développement de l'auteur ne rend pas compte de la lecture d'autres traités d'artillerie. En revanche, la préface au lecteur, qui explique la genèse de l'œuvre, évoque les nombreuses discussions et paris d'Andrés García de Céspedes avec les artilleurs du château de Burgos puis de Lisbonne, à l'époque où le lieutenant d'artillerie était le capitaine Alonso de Céspedes (1583-1587). Ce témoignage offre par conséquent un exemple de procédé d'assimilation de la littérature sur l'artillerie au sein de groupes d'artilleurs à travers des discussions avec des personnages hautement qualifiés en mathématiques.

Il fallut attendre l'année 1611 pour voir la parution d'un traité d'artillerie d'une ambition comparable à celui de Luis Collado : il s'agissait des *Discursos* du capitaine Cristóbal Lechuga, publiés à Milan, comme le manuel de Collado deux décennies auparavant<sup>140</sup>. L'auteur avait derrière lui une carrière militaire spectaculaire<sup>141</sup>. Né à Baeza, en Andalousie, en 1557, il s'engagea comme soldat à Carthagène en mars 1575, participa à plusieurs opérations militaires en Méditerranée, puis passa en Flandre entre 1578 et 1580, avant d'être stationné à Milan avec son *tercio*, au sein duquel il devint sergent. Il fut amené à prendre part à la conquête des Açores en 1582-1583 puis séjourna quelque temps dans le port marocain d'Assilah, rattaché à la couronne de Portugal.

138 López Piñero, José María, *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, Barcelone, Ediciones 62, 1983.

139 García de Céspedes, Andrés, *Libro de instrumentos nuevos de Geometría*, op. cit., fol. 52v.

140 Lechuga, Cristóbal, *Discurso del Capitán Cristoval Lechuga en que trata de la artillería*, op. cit.

141 Il relate sa carrière dans AGS VII, leg. 278/19, livre intitulé *Descargos del capitán Christóval Lechuga*, Milan, 1612.

En 1585, à son retour en Espagne, il fut fait, à l'âge de 28 ans, *sargento mayor*, c'est-à-dire commandant en second d'un *tercio* rassemblant entre 2 500 et 4 000 soldats d'infanterie<sup>142</sup>. Il fut alors à nouveau envoyé en Flandre, au siège d'Anvers la même année. Dans les années qui suivirent, il participa à de nombreuses batailles et sièges de la guerre de Quatre-Vingts-Ans. Après cette longue expérience dans l'infanterie, il obtint, en 1595, la charge de lieutenant du capitaine général de l'artillerie de Flandre, poursuivant ses exploits lors de nombreux sièges importants, tels que celui de Cambrai (1595) où il inventa les batteries de canons enterrées, et celui d'Amiens où il défendit la place durant plusieurs mois (1597) contre les troupes d'Henri IV. Il rentra enfin en Espagne en septembre 1599.

En 1600, lorsque le gouvernement du duché de Milan fut confié au comte de Fuentes, sous les ordres duquel Lechuga avait servi en Flandre, le vétéran fut invité à le suivre en tant que lieutenant, puis capitaine général de l'artillerie de Lombardie. Lechuga eut alors l'opportunité de rencontrer Luis Collado et Gabriel Busca, alors ingénieurs militaires du duché<sup>143</sup>. Autrement dit, ces deux générations d'auteurs de traités d'artillerie se sont côtoyées à Milan dans les toutes premières années du XVII<sup>e</sup> siècle. Durant cette période, Lechuga publia un premier traité centré sur le commandement de l'infanterie<sup>144</sup>, puis, en 1611, après la disparition des deux vieux ingénieurs, il choisit de publier le fruit de sa longue expérience de l'artillerie. Cependant, la publication de cet ouvrage ne lui porta pas chance puisque, l'année suivante, lors de la visite du contrôleur royal Felipe de Haro, plusieurs dizaines d'accusations de fraude furent retenues contre lui. En réponse à ces charges, il fit imprimer une défense point par point dans laquelle il relatait également ses longs états de service<sup>145</sup>. Cristóbal Lechuga y expliquait qu'il était victime de faux témoignages de la part d'ingénieurs militaires milanais qui lui vouaient une haine sans borne par jalousie professionnelle. Il parvint finalement à se sortir d'affaire et prit part en 1614 à la conquête de la Mamora, nid de corsaires situé sur la côte

142 Sur le grade de *sargento mayor*, voir Quatrefages, René, *Los tercios españoles (1567-1577)*, *op. cit.*

143 Cette fréquentation apparaît clairement dans les documents copiés dans AGS VIT, leg. 278/19, *Descargos del capitán Christóbal Lechuga*, Milan, 1612.

144 Lechuga, Cristóbal de, *Discurso del Maestre de Campo General*, *op. cit.*

145 AGS VIT, leg.278/19, *Descargos del capitán Christóbal Lechuga*, Milan, 1612.

atlantique du Maroc, dont il devint gouverneur et où il servit au moins jusqu'en 1621<sup>146</sup>.

Le traité du capitaine Lechuga rend compte de l'évolution des autorités en matière d'artillerie. Dans la préface, ce vétéran de Flandre affirmait avoir lu tous les auteurs qu'il avait pu trouver à ce sujet, citant, pour les discréditer, les noms de Diego de Álava y Viamont et Luis Collado. Ces critiques témoignent de la dynamique interne de ce champ de savoirs au sein duquel chaque nouvelle génération d'auteurs cherchait à se distinguer des principales autorités de la génération précédente. Néanmoins, la complexité des références augmentait à mesure que le champ se développait. Une partie du traité de Lechuga est ainsi une traduction de certains passages du traité de Gabriel Busca publié en 1584<sup>147</sup>, dans lequel l'ingénieur milanais se montrait très critique de Tartaglia. Par conséquent, différentes couches d'autorités se superposent dans cet ouvrage de Lechuga où la critique des premiers traités d'artillerie fut reprise à travers le prisme déformant d'un auteur de la génération des années 1580. Adopter une position critique vis-à-vis des principales autorités espagnoles qu'étaient Collado et Álava, relevait, pour cet auteur écrivant en castillan et dédiant son œuvre au roi d'Espagne, d'une stratégie d'auto-affirmation. Reprendre Busca, auteur italien certainement moins connu et diffusé auprès du public hispanophone, c'était marquer son affinité avec la génération contestataire de la fin du XVI<sup>e</sup> siècle et se positionner ainsi contre les autorités italiennes les plus célèbres au premier chef desquelles figurait Tartaglia. Sans aucun doute le capitaine Lechuga se sentait-il socialement et intellectuellement plus proche de Busca et Collado, qu'il avait d'ailleurs côtoyés, que du mathématicien qui avait inventé la science de l'artillerie trois quart de siècle plus tôt. Que ce soit dû à la pertinence de son contenu ou à la renommée de son auteur, force est de constater que ce traité d'artillerie connut une très grande diffusion, comparable à celle des ouvrages de Collado et Álava<sup>148</sup>.

146 En 1621, les troupes sous le commandement Lechuga soutinrent un siège contre l'armée du roi de Fez, Saint-Marc, Charles Hugues Lefebvre de, *Le septième tome du Mercure François ou l'histoire de nostre temps sous le règne du Très-Chrétien Roy de France et de Navarre, Louis XIII*, Paris, Etienne Richer, 1622, p. 174.

147 « *Me a parecido poner en este lugar lo que parece baze más á este propósito, tomandolo de un tratado que el capitán Gabriel de Busca, milanés ingeniero de Su Magestad, y capitán del artillería hizo* », Lechuga, Cristóbal, *Discurso del Capitán Cristoval Lechuga en que trata de la artillería*, *op. cit.*, p. 148.

148 Sur la diffusion de ce traité, voir les nombreux exemplaires recensés annexe III.

En 1612, un autre capitaine d'artillerie vétéran des guerres de Flandre publia, à Bruxelles, un important traité d'artillerie<sup>149</sup>. Il s'agissait de Diego Ufano, alors capitaine d'artillerie de la place forte d'Anvers. Ce dernier avait servi en tant que gentilhomme d'artillerie depuis au moins l'année 1598<sup>150</sup>. Il y a par conséquent fort à parier qu'il fréquenta Cristóbal Lechuga dans la mesure où ce dernier fut lieutenant du capitaine général de l'artillerie de Flandre jusqu'en 1599. Dépassant les 400 pages, le traité d'Ufano était sans doute le plus volumineux ouvrage à jamais avoir été imprimé sur l'artillerie. Parmi les autorités citées par l'auteur, on retrouvait, aux côtés des classiques Tartaglia et Collado, l'allemand Leonhard Fronsberger, jouissant apparemment d'une grande renommée aux Pays-Bas. En revanche, Diego Ufano adopta face à ses prédécesseurs une position non pas critique mais plutôt conciliante, se positionnant dans le prolongement, l'approfondissement et la synthèse de leurs travaux. Il reprit ainsi bon nombre d'éléments de Luis Collado, recopiant certains de ses témoignages<sup>151</sup> et proposant un certain nombre de gravures semblables à celle du *Plática Manual*<sup>152</sup>. Par ailleurs, il réutilisa Tartaglia dans ses passages sur l'étude des trajectoires de tir, citant explicitement sa source, la *Nova Scientia*<sup>153</sup>, et reprenant également plus loin certains problèmes et certaines conclusions des *Quesiti et Inventioni Diverse*<sup>154</sup>. En d'autres termes, Diego Ufano opéra une synthèse des principales autorités, conservant chez chacune ce qui lui semblait le plus pertinent et ajoutant de nombreux éléments tirés de ses propres réflexions et de son expérience de terrain.

Il en résulta un grand succès d'édition. Le traité connut deux tirages successifs relativement importants en 1612 et 1613, mais il fut surtout diffusé à l'international, contribuant à asseoir l'école des auteurs castillans dans le paysage européen des spécialistes d'artillerie. La publication

149 Ufano, Diego, *Tratado de la artillería y uso della*, op. cit.

150 Il apparaît le 30/08/1598 dans les comptes du commis à l'artillerie de Malines, AGR CP n° 560, fol. 135-138.

151 Voir l'exemple du récit du siège de Sienna, lorsque le marquis de Marignan récompensa un artilleur qui avait eu l'habileté de mettre hors combat une couleuvrine cachée dans le clocher d'une église, *ibid.*, p. 358-359.

152 Voir les illustrations des armes anciennes en début d'ouvrage, provenant du *De Re Militari* de Roberto Valturio (1472) et reprise par Collado, puis le même schéma que Collado permettant de faire monter les pièces lourdes en haut d'une colline. *ibid.* p. 351.

153 *Ibid.* p. 157.

154 *Ibid.* p. 349-350 à comparer à Tartaglia, Niccolò, *Quesiti*, op. cit., fol. 7v-8r.

de l'ouvrage à Bruxelles et la dédicace à l'archiduc Albert, souverain gouverneur des Pays-Bas espagnols, déplaçait vers l'Europe du nord le barycentre de production de traités d'artillerie castillans, jusque-là avant tout méditerranéen. Le texte du capitaine Diego Ufano fut ainsi traduit et imprimé au moins à quatre reprises en français<sup>155</sup> et en allemand<sup>156</sup> ainsi que deux fois en anglais<sup>157</sup>. La renommée et l'autorité de Diego Ufano et, à travers lui, de Luis Collado, se propagea ainsi à toute l'Europe occidentale. Lorsque, à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, le maréchal Blondel fit imprimer à Paris un célèbre traité d'artillerie dédié au roi Louis XIV, il consacra la première partie de l'ouvrage à retracer l'historique de la littérature sur l'artillerie<sup>158</sup>. Or, les trois premières autorités sur l'artillerie citées par Blondel sont Niccolò Tartaglia, véritable initiateur des réflexions mathématiques, puis Luis Collado et Diego Ufano, dont il s'attacha à démontrer les erreurs, signe de la renommée atteinte par ces deux auteurs dans la France du XVII<sup>e</sup> siècle.

Enfin, il faut remarquer que la production de traités d'artillerie en castillan s'étendit au-delà de notre chronologie. Un autre traité fut par exemple imprimé aux Pays-Bas quelques années après celui de Diego Ufano<sup>159</sup>. En outre, les écrits d'Andrés Muñoz el Bueno, qui comme cela a été mis en évidence, furent en circulation dès les premières années du XVII<sup>e</sup> siècle sous forme manuscrite, connurent finalement une version imprimée en 1627<sup>160</sup>. Le fils du docteur Julián Ferrofino, Julio César, qui enseigna l'artillerie et les mathématiques à la cour du roi pendant de nombreuses années, publia quant à lui deux traités d'artillerie<sup>161</sup>. La poursuite de cette production témoigne du dynamisme des échanges

155 Traduit et publié sous le titre de *Vraye instruction de l'artillerie et de ses appartenances...* à Francfort-sur-le-Main en 1614 et 1617, puis à Zutphen en 1621 et enfin à Rouen en 1628.

156 Traduit et publié sous le titre de *Archebey : das ist grundlicher und eygentlicher Bericht von Geschutz...* à Francfort-sur-le-Main en 1614 et 1621 ainsi qu'à Zutphen en 1620 et 1630.

157 Traduit et publié sous le titre de *Gunner's instruction of Diego Ufano* à Londres en 1646 puis comme troisième livre du *Military and Maritime Discipline in three books* à Londres en 1672.

158 Blondel, François, *L'art de jeter les bombes par M. Blondel*, Paris, François Blondel et N. Langlois, 1683.

159 Gaston de Issaba, Martín, *Tratado del exercicio y arte del artillero*, Anvers, 1623.

160 Muñoz el Bueno, Andrés, *Instrucción y Regimiento para que los marineros sepan usar de la artillería*, *op. cit.*

161 Ferrofino, Julio César, *Plática Manual y breve compendio de artillería*, Madrid, Viuda de Alonso Martin, 1626. Ferrofino, Julio César, *El Perfeto artillero*, Madrid, Juan de Barros, 1642.

intellectuels au sujet de l'artillerie et de leur persistance dans le temps, bien après les fondements jetés par les auteurs du *xvi<sup>e</sup>* siècle. Ne serait-ce pas la meilleure preuve de l'émergence d'une véritable « science » de l'artillerie ?

#### SCIENCE OU ART DE L'ARTILLERIE ?

Paradoxalement, user du mot « science » parmi les historiens des sciences est devenu incommode et délicat, en particulier pour les époques antérieures à la révolution scientifique du *xvii<sup>e</sup>* siècle<sup>162</sup>. Les auteurs classiques de l'historiographie des sciences n'avaient autrefois aucune difficulté à distinguer, dans l'histoire, ce qu'ils considéraient comme scientifique de ce qui ne l'était pas : ils appliquaient les critères de scientificité de leur propre époque aux périodes antérieures. Ainsi, un personnage comme Newton et une discipline comme la physique étaient-ils du côté de la science, du vrai, tandis qu'Aristote ou bien l'astrologie étaient des objets indignes de l'historien des sciences. Dans les années 1970 et 1980, le développement du constructivisme et les succès de la *sociology of scientific knowledge* et des *sciences studies* renversèrent ce paradigme historiographique en présentant le scientifique comme une construction sociale<sup>163</sup>. Les critères de scientificité devinrent par conséquent relatifs, dépendants d'un contexte historique particulier. Depuis lors, le mot « science » tend à être remplacé par celui, plus consensuel, de « savoir », *knowledge* en anglais. Cependant, si ce détour par un nouveau concept permet d'éviter l'écueil du jugement de scientificité, il induit également une perte de sens puisque l'univers des savoirs est infiniment plus vaste que celui des sciences. Il faut bien être conscient que tous les savoirs ne furent pas aussi formalisés que ceux exposés dans les traités d'artillerie : l'ensemble des savoirs sur l'artillerie regroupait également des savoirs manuels, gestuels, etc. En ce sens, évoquer à propos des écrits de Tartaglia, de Collado et d'Ufano la construction d'un champ de savoirs sur l'artillerie est une solution consensuelle mais pas entièrement satisfaisante, d'autant plus que les contemporains ne se privèrent pas

162 Giard, Luce, « L'ambiguïté du mot "science" et sa source latine », dans *Rome et la science moderne : entre Renaissance et Lumières*, Antonella Romano (éd.), Rome, Ecole française de Rome, 2008, p. 45-62.

163 L'introduction de Golinski retrace bien ce glissement de l'historiographie des sciences vers le constructivisme, Golinski, Jan, *Making Natural Knowledge*, *op. cit.*

d'user de termes plus spécifiques, tels que « science », « art », ou encore « discipline » pour décrire le contenu de leurs écrits. C'est la raison pour laquelle il est intéressant d'analyser le discours des acteurs eux-mêmes afin de voir comment ils caractérisaient la production de cet ensemble de savoirs formalisés sur l'artillerie.

Les traités évoquent souvent l'artillerie comme un « art », tel que l'expression apparaît sous la plume de Diego de Prado en introduction de ce chapitre<sup>164</sup>. De même, on trouve l'usage des termes « art de l'artillerie » à de nombreuses reprises chez Luis Collado et quelques fois chez Diego García de Palacio ainsi que chez Diego Ufano. Pourtant, l'ouvrage fondateur de l'étude de l'artillerie, la *Nova Scientia*, renvoyait explicitement au mot « science ». L'expression « science de l'artillerie » est d'ailleurs employée par Diego de Álava y Viamont à plusieurs reprises<sup>165</sup>, ainsi que par Cristóbal de Rojas<sup>166</sup> et Diego Ufano<sup>167</sup>. L'artillerie est donc alternativement, selon les auteurs, une science ou un art. Toutefois, il faut bien se garder d'interpréter ces deux termes suivant le lexique du XXI<sup>e</sup> siècle car, comme l'a montré Luce Giard, l'usage du mot « science » – et *a fortiori* celui d'« art » – revêtait à la Renaissance une complexité de sens héritée d'un long usage depuis la Grèce ancienne<sup>168</sup>.

L'emploi des mots sciences et arts remontait à Aristote, ou plutôt à ses traducteurs latins. Ainsi, la traduction latine par Boèce de l'*Organon* d'Aristote, traduisait *epistèmè* par *scientia* ou *disciplina*, alors que le mot *technè* devenait *ars*<sup>169</sup>. Les mots d'*ars* et de *scientia* héritèrent par conséquent d'une distinction qui existait déjà chez Aristote entre *epistèmè* et *technè*. Pour Aristote, l'*epistèmè* était tournée vers le monde de l'être, désintéressée des aspects matériels, tandis que la *technè*, orientée vers la nécessité ou l'agrément, concernait le monde de la génération, du matériel<sup>170</sup>. En

164 « *Y assi, por la larga experiencia del buso ha salido una linda arte para bien gobernarlo que se llama la arte nueva de la artillería como lo dize Nicolo Tartaglia* » Prado, Diego de, « La obra manual y pláctica de artillería », *op. cit.*, fol. 2r.

165 L'expression apparaît dans le titre ainsi qu'aux folios 152r et 188r, Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán, instruido en la disciplina militar, y nueva ciencia de la artillería*, *op. cit.*

166 Rojas, Cristóbal de, « Sumario de la milicia antigua y moderna », *op. cit.*, fol. 89v.

167 Ufano, Diego, *Tratado de la artillería y uso della*, *op. cit.*, p. 44 et 157.

168 Giard, Luce, « L'ambigüité du mot "science" et sa source latine », *op. cit.*

169 Voir le lexique d'Aristote, *Aristoteles latinus III I-4 : Analytica Priora*, translatio BOETHII, Bruges-Paris, Desclée de Brouwer, 1962.

170 Granger, Gilles-Gaston, *La théorie aristotélicienne de la science*, Paris, Aubier Montaigne, 1976, p. 22.

tant qu'héritier du concept de *technè*, l'art serait-il donc du côté de la technique au sens actuel du terme, c'est-à-dire uniquement du côté du faire ? La situation est en réalité plus complexe car la *technè* chez Aristote renvoie à un processus d'unification et d'abstraction de l'expérience :

L'art [traduction de *technè*] apparaît lorsque, d'une multitude de notions expérimentales, se dégage un seul jugement universel applicable à tous les cas semblables. En effet, former le jugement que tel remède a soulagé Callias, atteint de telle maladie, puis Socrate, puis plusieurs autres pris individuellement, c'est le fait de l'expérience ; mais juger que tel remède a soulagé tous les individus atteints de telle maladie, déterminée par un concept unique, comme les flegmatiques, les bilieux ou les fiévreux, cela appartient à l'art<sup>171</sup>.

Autrement dit, l'expérience étant une connaissance, l'art/*technè* s'attachait à généraliser, à fonder de l'universel au-delà de cette connaissance de l'individuel. Il s'agissait donc d'une recherche de systématisation, au moyen de la mise en place de règles et de concepts. Malgré sa vocation pratique, l'art chez Aristote était en réalité assez voisin de ce que la société actuelle qualifie de science – ici, il s'agissait de l'exemple de la médecine. Dans la terminologie de Joel Mokyr, l'art relevait, selon cette définition, des savoirs  $\Omega$  visant à systématiser et formaliser les régularités par des règles<sup>172</sup>. On voit ainsi combien les catégories d'analyse préétablies, opposant théorie/pratique ou encore science/technique, peuvent être anachroniques.

Par-dessus cette première couche de significations anciennes s'était déposée une couche médiévale d'usages des mots *scientia* et *ars* associés à différents domaines de connaissances issues principalement de la tradition universitaire médiévale. La théologie était ainsi la *scientia divina*, à ne pas confondre avec l'*ars divina* qui se référait à l'alchimie<sup>173</sup>. La politique, l'économie et l'éthique étaient connues comme les *scientie practice*, *scientie active* ou encore *scientie morales*<sup>174</sup>. Le mot « art » renvoyait quant à lui aux arts libéraux du *trivium* – grammaire, dialectique, rhétorique – et du *quadrivium* – arithmétique, géométrie, astronomie, musique – qui

171 Aristote, *Métaphysique*, traduit par J. Tricot, Paris, librairie philosophique J. Vrin, 1991, A 981 a 6.

172 Mokyr, Joel, *The Gifts of Athena*, op. cit. p. 5.

173 Teeuwen, Mariken, *The Vocabulary of Intellectual Life in the Middle Ages*, Turnhout, Brepols, 2003, p. 359.

174 *Ibid.*, p. 382-383.

constituaient l'essentiel de l'enseignement de la faculté des arts de l'université médiévale et renaissante. Au début de la tradition médiévale, ces sept arts libéraux étaient mis en parallèle avec les sept arts terrestres, plus tard identifiés sous le terme d'arts mécaniques<sup>175</sup>. Hugues de Saint-Victor identifiait ainsi ces sept arts mécaniques comme la fabrication, l'armement, le commerce, l'agriculture, la chasse, la médecine et le théâtre, mais cette classification pouvait varier considérablement selon les auteurs.

Dans la tradition universitaire médiévale, les mathématiques étaient évoquées sous l'expression d'*ars mathematica* ou *ars arithmetica*. L'enseignement des mathématiques faisait d'ailleurs partie des arts libéraux du *quadrivium*. Il existait toutefois des disciplines dépendantes des mathématiques pour lesquelles le vocable utilisé était celui de « science » : les *scientiae mediae*. Cette expression, qui se trouve par exemple dans les écrits de Robert Grosseteste, dans ses commentaires des *Seconds Analytiques* d'Aristote au XIII<sup>e</sup> siècle, subsiste dans les textes du XVI<sup>e</sup> siècle, où elle fut parfois remplacée par *scientiae mistae*<sup>176</sup>. Ces sciences intermédiaires ou sciences mixtes étaient celles qui utilisaient l'arithmétique et la géométrie comme c'était le cas de l'optique ou de l'harmonique<sup>177</sup>. Enfin, au bas Moyen Âge, les savoirs relatifs à la guerre étaient souvent désignés par l'expression d'art de la guerre ou art militaire. L'ouvrage de la tradition antique le plus couramment repris au Moyen Âge et à la Renaissance, le *De Re Militari* de Végèce, n'utilisait pourtant pas le mot latin *ars*. En revanche, la traduction française réalisée par Jean de Meung en 1284, sous le titre de *L'art de chevalerie selon Végèce*, faisait quant à elle clairement ce lien entre art et guerre. Au XVI<sup>e</sup> siècle, ce couple semblait être devenu un lieu commun, comme l'indique le titre du célèbre ouvrage de Machiavel, *Dell'arte della guerra* (« l'art de la guerre ») publié en 1521<sup>178</sup>.

L'artillerie se trouvait au carrefour de ces innombrables sens et traditions d'usage. Tournée vers le monde matériel, elle relevait de la *technè*, donc de l'art selon la doctrine aristotélicienne. Les artilleurs étaient eux-mêmes parfois issus des arts mécaniques et leur activité s'apparentait sur de nombreux aspects à celle de l'artisan. En outre, l'artillerie était

175 *Ibid.*, p. 367.

176 Giard, Luce, « L'ambiguïté du mot "science" et sa source latine », *op. cit.*, p. 56-57.

177 On voit ici toute la difficulté qu'il peut y avoir à distinguer la musique comme art du *quadrivium*, de l'harmonique comme science mixte.

178 Machiavelli, Niccolò, *Dell'arte della guerra*, Florence, Giunti, 1521.

une activité guerrière constituant une branche de l'art militaire. Pour toutes ses raisons, l'expression « art de l'artillerie » respectait les logiques d'usage de l'époque. Toutefois, comme l'ensemble des auteurs de traités le reconnaissent, l'artillerie reposait en grande partie sur l'arithmétique et la géométrie. En ce sens, Niccolò Tartaglia pouvait tout à fait légitimement en faire une nouvelle science mixte. Mais alors, dans quelle mesure cette différence de mots pouvait-elle réellement véhiculer une distinction de sens concernant les divers projets de formalisation des savoirs sur l'artillerie ?

Il faut avant tout remarquer le manque de rigueur dans l'emploi de l'un ou l'autre terme. Dans son *Plática Manual de artillería*, Luis Collado écrivait ainsi :

Que les auteurs laissent les forgerons traiter du fer et les hommes experts traiter de l'art de l'artillerie, s'ils veulent réaliser le but pour lequel on écrit toute *science ou art*, qui est le bénéfice de celui qui lit<sup>179</sup>.

De même, Diego de Álava y Viamont rédigea cette phrase dans son *Perfeto Capitán* :

Bien que les choses concernant l'usage de l'artillerie, qui touchent plus à la pratique manuelle des artilleurs qu'à la spéculation de la science et de l'art dont j'ai principalement traité<sup>180</sup>...

Ainsi, bien qu'ils eussent une culture et des parcours bien différents, ces deux hommes employaient parfois les termes de science et d'art de manière peu différenciée voire équivalente. Cette confusion se trouvait déjà dans les écrits d'Aristote, qui employait parfois le terme de *technè* comme substitut d'*épistèmè*. De même, Mariken Teeuwen, qui a étudié le vocabulaire intellectuel latin du Moyen Âge, explique que « les mots *ars*, *scientia* et *disciplina*, sont la plupart du temps virtuellement interchangeables<sup>181</sup> ». Encore à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle, les frontières et hiérarchies entre art et science restaient extrêmement malléables. Ainsi,

179 « *Dexen pues tractar del hierro a los herreros y del arte del artillería a los hombres pláticos, si los auctores dessean conseguir el intento para que se escrive de qualquiera ciencia o arte, que es el aprovechamiento del que lee* », Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, op. cit. fol. 7v.

180 « *Aunque las cosas del uso del artillería que tocan más a la práctica manual de los artilleros que a la especulación de la ciencia y arte de que principalmente he tratado* », Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán*, op. cit., fol. 188r.

181 Teeuwen, Mariken, *The Vocabulary of Intellectual Life in the Middle Ages*, op. cit., p. 358.

par exemple, à l'université de Padoue, Jacopo Zabarella travaillait à construire, à partir de commentaires d'Aristote, la supériorité des sciences contemplatives – dont sa propre discipline, la philosophie naturelle – sur les arts productifs, alors favorisés par l'intérêt humaniste pour la pratique et l'utilité<sup>182</sup>.

Par conséquent, il est difficile de relier l'emploi des termes art et science par les auteurs de traités d'artillerie à de réelles revendications épistémologiques. Certes, ces usages tendent à refléter de grandes positions argumentaires. Tartaglia parlait de science de l'artillerie afin de la rattacher à la tradition des sciences mixtes et ainsi justifier son intervention de mathématicien sur le terrain des artilleurs, tandis que Luis Collado, faisant valoir sa longue expérience militaire, employait surtout le mot art plutôt tourné vers l'applicatif et évoquant l'art militaire. Mais, même lorsque l'artillerie est qualifiée d'art, elle reste une connaissance du systématique, de la règle générale. Il s'agit toujours de déterminer l'ensemble des règles permettant de faire bon usage des pièces d'artillerie. Cette vision de l'art comme réduction à des principes généraux, apparaît d'ailleurs sous la plume de l'humaniste Francisco Sánchez el Brocense, dans la préface du *Perfeto Capitán* de Diego de Álava, lorsqu'il évoque « la nouvelle et admirable invention qu'[Álava] a découverte pour *réduire en art* l'usage de l'artillerie<sup>183</sup> ». L'expression est récurrente dans les publications techniques de l'époque moderne, signe que le projet de ces auteurs sur l'artillerie s'inscrit dans un mouvement bien plus large de formalisation et de systématisation des savoirs techniciens<sup>184</sup>. Par conséquent, si l'on doit faire comprendre au lecteur d'aujourd'hui ce que les hommes de la Renaissance appelaient « la science ou l'art de l'artillerie », il faut bien insister sur cette recherche de systématisation et parler d'un nouveau champ de savoirs, voire d'une nouvelle discipline scientifique.

D'ailleurs, l'art de l'artillerie possédait bon nombre de caractéristiques sociologiques du champ scientifique contemporain tel que Pierre

182 Mikkeli, Heikki, « An Aristotelian Response to Renaissance Humanism : Jacopo Zabarella on the Nature of Arts and Sciences » thèse soutenue à la SHS, Helsinki, 1992.

183 « *La nueva y admirable invención que a descubierto para reducir a arte el uso de la artillería* », Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán*, op. cit. lettre de Francisco Sánchez el Brocense, en préface de l'ouvrage.

184 Dubourg-Glatigny, Pascal, Vérin, Hélène (éd.), *Réduire en art : la technologie de la Renaissance aux Lumières*, Paris, éditions de la Maison des sciences de l'homme, 2008.

Bourdieu le décrit<sup>185</sup>. Il s'y déroulait bien une lutte de concurrence pour le monopole de l'autorité scientifique, impliquant la mise en place de stratégies de succession et de subversion. Le capital scientifique et le jugement par les pairs étaient contaminés par la position de l'acteur dans la hiérarchie instituée, ici principalement relative au service du roi, à l'expérience militaire et aux institutions d'enseignement. Bien entendu, les structures institutionnelles de cette science n'étaient alors pas aussi clairement définies que pour d'autres disciplines telles que la médecine ou le droit, assises sur des siècles de pratiques universitaires. Il s'agissait d'un champ scientifique en construction, en marge des structures médiévales de l'université. Son existence provenait de ce que les acteurs eux-mêmes (des capitaines, des artilleurs, des mathématiciens) avaient conscience de la présence d'un espace de discussion au sein duquel régnait un consensus implicite sur les grandes questions au cœur du sujet et autour desquelles gravitaient une multitude de questions connexes.

### L'ARTILLERIE RÉDUITE EN ART

L'ensemble des questions abordées dans les traités d'artillerie allait bien au-delà de la description des trajectoires sur laquelle s'est attardée l'attention des historiens des sciences. Le canon était un objet technique relativement complexe, dont l'utilisation faisait intervenir un grand nombre de paramètres. La force de propulsion d'une pièce d'artillerie provient de la poudre noire constituée de salpêtre, de soufre et de charbon. Mélangés dans les bonnes proportions, ces trois ingrédients se consomment extrêmement rapidement, acquérant un caractère explosif qui génère quasiment instantanément un grand volume de gaz de combustion. Un canon est un dispositif permettant de canaliser la pression de ces gaz de combustion afin de la transmettre à un projectile, le boulet. Le schéma ci-dessous présente la nomenclature technique et le principe de mise à feu d'une pièce d'artillerie. La balistique externe, c'est-à-dire l'étude des trajectoires de boulets de canon après leur sortie de la bouche

---

185 Bourdieu, Pierre, « Le champ scientifique », *Actes de la recherche en sciences sociales*, vol. 2, n° 2, 1976, p. 88-104.

à feu, ne porte en fait que sur l'ultime étape du tir. En ce sens, Alfred Rupert Hall et David Goodman ont parfaitement raison d'insister sur l'inapplicabilité des théories de balistique externe sans la prise en compte des multiples paramètres de balistique interne conditionnant le tir<sup>186</sup>. L'absence de standardisation de la production des pièces d'artillerie, de la poudre et des boulets rendait d'ailleurs particulièrement délicate cette prise en compte.

Le rôle des traités était précisément de parvenir à maîtriser, par le recours aux instruments de mesure et aux mathématiques, la diversité des paramètres en jeu dans un tir d'artillerie. En réalité, le seul traité du corpus intégralement consacré à la balistique externe fut la *Nova Scientia*, le premier traité d'artillerie imprimé. Après ce premier coup d'essai, Niccolò Tartaglia développa les questions de balistique interne dans son second opus, les *Quesiti et Inventioni Diverse*. Il est important de préciser que la balistique externe est systématiquement abordée de manière minoritaire dans les ouvrages du corpus. Les auteurs insistent bien davantage sur la prise en compte des paramètres de balistique interne. D'abord, la composition de la poudre, sa fabrication et la qualité de ses ingrédients lui donnait, à volume égal, plus ou moins d'explosivité et donc de puissance. Il fallait ensuite adapter le volume de poudre à la pièce d'artillerie. Ici, les proportions de métal du canon étaient fondamentales. Une pièce très longue et très épaisse pouvait recevoir un gros volume de poudre sans risquer d'exploser mais une pièce plus courte ou plus fine devait être chargée avec grande attention : tout surplus pouvait faire voler en éclat ses parois, menaçant directement la vie de l'artilleur. Au contraire, une charge trop faible faisait perdre de la force et de l'efficacité au tir. En outre, le comportement de la pièce variait avec le nombre de tirs, les parois ayant tendance à chauffer et à se déformer légèrement. Il fallait également utiliser un boulet de la taille adéquate, ce qui n'était pas une mince affaire à cette époque où il existait presque autant de calibres que de pièces. Or, un boulet trop gros risquait de frotter contre la paroi interne de l'âme du canon et, s'il se coinçait, la pièce risquait tout simplement d'exploser. Si, au contraire, il était trop petit, les gaz de combustion s'échappaient massivement autour de lui et la force de propulsion diminuait drastiquement. Les

186 Hall, Alfred R., *Ballistics in the Seventeenth Century*, *op. cit.* ; Goodman, David C., *Power and Penury*, *op. cit.*

défauts de fabrication étaient par ailleurs fréquents et il n'était pas rare qu'une pièce eût une âme de travers, déviant les boulets à gauche, à droite, en haut ou en bas. Même l'affût, le support en bois sur lequel était posée la pièce, avait une influence sur le tir selon qu'il était plus ou moins capable d'absorber le recul causé par l'explosion de la poudre noire. Les traités d'artillerie apportaient des solutions à chacun de ces problèmes grâce à l'usage d'instruments spécifiques et au recours à la géométrie et aux proportions.

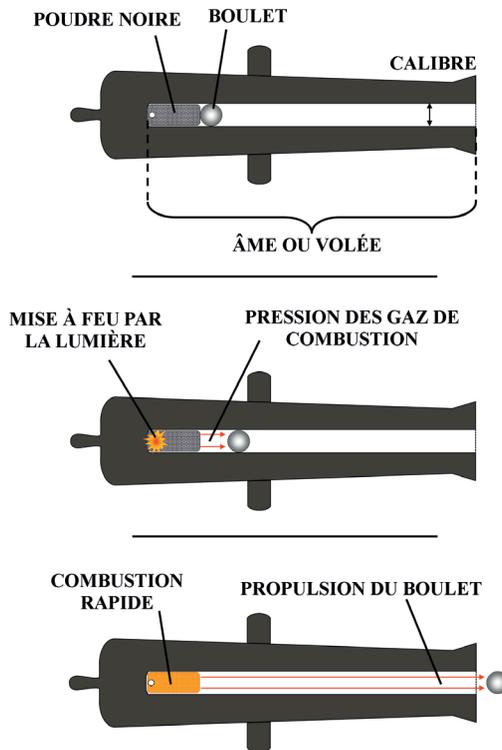


FIG. 40 – Schéma de mise à feu d'un canon.

Enfin, en plus de ces questions directement pertinentes pour le tir d'artillerie, les traités s'intéressaient également à certains appareillages techniques considérés comme connexes à l'activité de l'artilleur. On

trouve ainsi fréquemment des développements sur la composition des artifices de feu, c'est-à-dire diverses compositions chimiques dérivées de la poudre noire et visant à causer de gros dommages aux adversaires sans recourir directement aux pièces d'artillerie. De même, la construction de mines remplies de tonneaux de poudre visant à faire s'écrouler les fortifications de l'adversaire était un élément récurrent de ces ouvrages. Les auteurs présentaient aussi des techniques et des machines nécessaires au transport de ces lourdes pièces de métal, permettant de les hisser au sommet d'une montagne ou d'une tour, ou encore de franchir une rivière. Enfin, certains traités développaient des aspects tactiques montrant où placer des pièces d'artillerie en défense ou en attaque d'une forteresse, ou bien lors d'une bataille rangée. Il n'est pas possible dans ce chapitre d'aborder en détail chacun de ces aspects. Aussi le développement suivant vise-t-il essentiellement à illustrer les débats et réflexions des auteurs de traités d'artillerie, révélant leurs sources d'inspiration, la circulation de leurs solutions, leurs discussions internes, c'est-à-dire le contenu de ce champ de savoirs en construction qu'était l'artillerie.

#### L'ARTILLERIE, LA PHILOSOPHIE NATURELLE ET LES TRAJECTOIRES DE TIR

Compte tenu du grand intérêt qu'a porté l'historiographie des sciences à cet aspect particulier de l'artillerie, il paraît incontournable d'aborder l'étude des trajectoires de tir, malgré son poids limité par rapport à l'ensemble des problématiques développé au sein de ce champ de savoirs. Les recherches sur les trajectoires de boulets de canon étaient présentes dès le premier ouvrage de Tartaglia, la *Nova Scientia*. Pour décrire le mouvement des projectiles, Tartaglia se servit de l'outillage conceptuel à sa disposition : la philosophie naturelle héritée d'Aristote et digérée par les savants universitaires du bas Moyen Âge<sup>187</sup>. Il s'agissait de la théorie alors dominante, enseignée dans la plupart des universités européennes<sup>188</sup>.

Le mouvement, chez Aristote, était profondément lié aux notions d'ordre et de cosmos. L'univers était composé de cinq éléments ayant chacun leur place : au centre se trouvait la terre, puis autour l'eau, puis l'air, puis le feu, puis, à partir de la Lune, la quintessence. Si un élément

187 Briost, Pascal, « Les mathématiques et la guerre au XVI<sup>e</sup> siècle », *op. cit.*, p. 318.

188 Biard, Joël, Rommevaux, Sabine (éd.), *Mathématiques et théorie du mouvement, XIV<sup>e</sup>-XVI<sup>e</sup> siècles*, Villeneuve d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion, 2008.

était arraché à sa position d'origine, comme par exemple, une pierre (élément terrestre) soulevée dans l'air, alors, elle subissait un mouvement « violent », c'est-à-dire forcé, contre-nature. En revanche, si cette pierre était lâchée dans l'air, elle retombait par un mouvement « naturel » sur son « lieu propre », la terre. Cette théorie avait cependant quelques difficultés à expliquer le lancer car elle ne concevait pas le mouvement sans puissance motrice appliquée directement sur l'objet. Comment une pierre, une fois quittée la main du lanceur, pouvait-elle continuer à se mouvoir sans directement retourner à son lieu propre ? C'est par la théorie de l'antipéristase qu'Aristote résolvait ce problème. Les déplacements d'air continuaient de mouvoir la pierre en ligne droite tout en offrant une résistance qui épuisait peu à peu le mouvement violent, jusqu'à ce que le mouvement naturel l'emportât, et la pierre retombait alors en ligne droite vers le sol.

Les savants et philosophes du Moyen Âge construisirent par-dessus l'édifice aristotélien, lui apportant quelques corrections et précisions. En particulier, les nominalistes parisiens de la Sorbonne Jean Buridan (1292-1363), Albert de Saxe (1316-1390) et Nicole Oresme (1335-1382), sceptiques face aux explications de l'antipéristase, proposèrent en remplacement le concept d'*impetus*, peut-être sous inspiration de la science arabe ou des travaux du byzantin Philopon<sup>189</sup>. Cet *impetus*, « qualité dont la nature est de mouvoir les corps en lesquels elle est imprimée » selon Buridan, constituait une sorte d'élan transmis à l'objet, qui lui permettait de continuer sa course une fois lancé mais qui s'épuisait progressivement jusqu'à ce que le mouvement naturel prît le relais. Entre la progression en ligne droite du corps mû par *l'impetus* et la trajectoire verticale du mouvement naturel, Buridan et Albert de Saxe commencèrent à imaginer une section intermédiaire de transition, un mouvement « mixte » produit d'un *impetus* affaibli qui amorçait la descente de l'objet vers son lieu propre et qui rendait compte d'une trajectoire tripartite dont la postérité fut importante jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle.

Tartaglia édifia sa nouvelle science de l'artillerie à partir de ces différentes couches d'interprétations d'Aristote, tâchant de transcrire en termes aristotéliens le tir au canon. Toutefois, le paradigme aristotélien, dans la mesure où il s'intéressait avant tout aux substances et aux qualités, n'était pas parfaitement adapté aux aspirations quantitatives

---

189 Brioist, Pascal, « Les mathématiques et la guerre au XVI<sup>e</sup> siècle », *op. cit.*, p. 321.

du mathématicien qui cherchait à proposer des solutions calculatoires afin d'optimiser l'utilisation des canons. Tartaglia voulait tenter en quelque sorte une approche analytique de l'étude du mouvement. Savoir par exemple que le mouvement violent était décéléré lui permettait d'affirmer qu'un canon causerait d'autant plus de dommages qu'il serait près de sa cible. Or, si le mouvement violent était décéléré et le mouvement naturel, accéléré, un mouvement mixte combinant les deux mouvements ne pouvait exister<sup>190</sup>. Par conséquent, la trajectoire représentée par Tartaglia, bien que géométriquement tripartite (composée d'une droite oblique, d'un arc de cercle et d'une droite verticale) n'était composée dans sa substance que de seulement deux mouvements. Un universitaire comme Girolamo Cardano s'insurgeait contre une position si hétérodoxe<sup>191</sup>. En s'opposant à l'existence du mouvement mixte, la réflexion de Tartaglia allait par conséquent à l'encontre de la doctrine enseignée à l'université. L'originalité de Tartaglia fut donc de ne pas rester prisonnier d'un dogme mais d'emprunter et d'interpréter librement la philosophie naturelle d'Aristote.

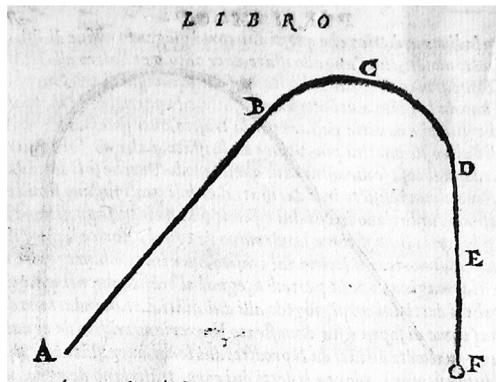


FIG. 41 – Trajectoire d'un tir d'artillerie selon Tartaglia, *Nova Scientia*, Venise, 1537. Le mouvement violent est représenté de A à D et le mouvement naturel de D à F. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

190 Voir proposition V du livre I, Tartaglia, Niccolò, *Nova scientia*, *op. cit.*

191 Voir l'échange épistolaire entre Tartaglia et Cardano, Tartaglia, Niccolò, *Quesiti*, *op. cit.*, fol. 117v-118v.

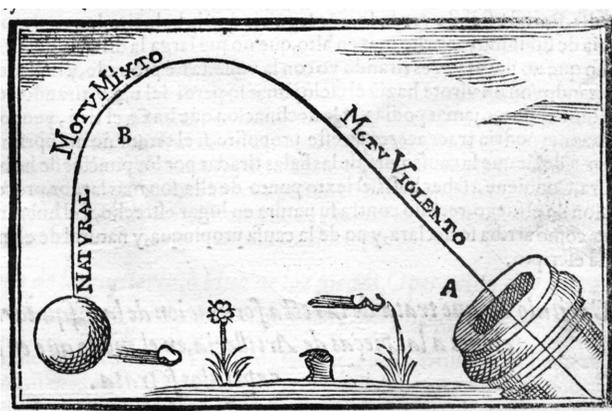


FIG. 42 – Trajectoire tripartite d'un tir d'artillerie selon Collado, *Plática manual de artillería*, Milan, 1592. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

Les représentations de trajectoires tripartites figurent dans bon nombre de traités d'artillerie. On les retrouve notamment dans les ouvrages très diffusés de Luis Collado, Diego de Álava et Diego Ufano<sup>192</sup>. Généralement associées au nom de Tartaglia, elles traduisent en réalité, ou bien une incompréhension de son argumentaire, ou bien une volonté de le réadapter aux formes plus communément enseignées à l'université. En fait, seul le manuscrit de Diego de Prado respectait, sur ce point, la proposition faite dans la *Nova Scientia*<sup>193</sup>. Il faut toutefois remarquer que le retour de la notion de mouvement mixte, confuse à propos de la variation de vitesse, diminuait les possibilités de tirer des conclusions intéressantes à partir de l'étude analytique d'une trajectoire. En d'autres termes, le fait que Collado et Ufano revinrent à la notion de mouvement mixte laisse supposer que ces aspects de la science de l'artillerie consistaient moins à tirer des conclusions applicables sur le terrain qu'à s'appropriier intellectuellement leur objet en le faisant pénétrer dans le cadre de la philosophie naturelle aristotélicienne.

Le traitement analytique des trajectoires par Tartaglia consistait avant tout en une étude des proportions des parties droites et courbe du

192 Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, *op. cit.*, fol. 40r. Alava y Viamont, Diego de, *El perfecto capitán*, *op. cit.*, fol. 236v. Ufano, Diego, *Tratado de la artillería y uso della*, *op. cit.* p. 156-157.

193 Prado, Diego de « La obra manual y pláctica de artillería », *op. cit.*, fol. 178 et 204-205.

mouvement d'un boulet, ainsi que de leur évolution selon les différents angles d'inclinaison du canon, communément appelés angles de hausse. Ainsi par exemple, Tartaglia affirmait, démonstrations géométriques à l'appui, que la partie droite du mouvement violent d'un tir à  $45^\circ$  équivalait à environ quatre fois la partie droite d'un tir effectué le long de l'horizon<sup>194</sup>. Une telle proposition visait un but tout à fait pratique, comme Tartaglia le montra dans les *Quesiti et Inventioni Diverse*<sup>195</sup>. Il y développa une brève étude de cas dans laquelle ses calculs visaient à prendre la meilleure décision quant au placement d'une batterie de canons pour battre un fort en hauteur. Ce problème de mathématiques appliquées à l'artillerie connut une grande postérité : on le retrouve dans le manuscrit d'Hernando del Castillo avec des valeurs et un schéma légèrement modifiés<sup>196</sup>, ou encore sans schémas chez García de Palacio<sup>197</sup> et Diego Ufano<sup>198</sup>, tandis que Gabriel Busca et Cristóbal Lechuga affirmèrent l'impossibilité de choisir une position à partir de ce genre de calculs<sup>199</sup>.

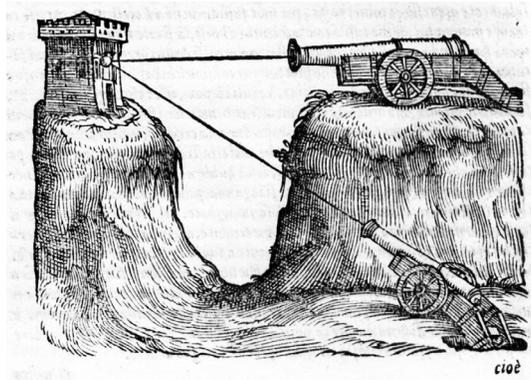


FIG. 43 – Problème du tir d'artillerie sur un mont selon Tartaglia, *Quesiti et inventioni diverse*, Venise, 1546. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

194 Voir la proposition 9 du livre 1, Tartaglia, Niccolò, *Nova scientia*, *op. cit.*

195 Tartaglia, Niccolò, *Quesiti*, *op. cit.*, fol. 7v.

196 Castillo, Hernando del, « Libro muy curioso y utilísimo de artillería », *op. cit.*, fol. 40.

197 García de Palacio, Diego, *Dialogos Militares*, *op. cit.*, fol. 126v-127r.

198 Ufano, Diego, *Tratado de la artillería y uso della*, *op. cit.*, p. 349-350.

199 Lechuga, Cristóbal, *Discurso del Capitán Cristoval Lechuga en que trata de la artillería*, *op. cit.*, p. 183.

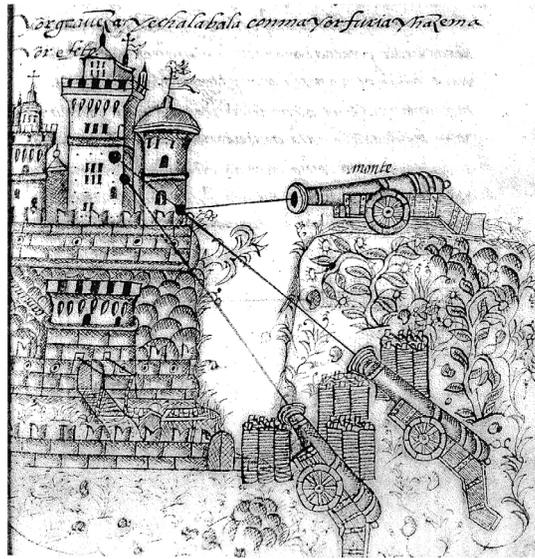


FIG. 44 – Même problème de tir d'artillerie sur un mont revu par Castillo, « Libro muy curioso », Lombardie, c. 1560. Image et document appartenant aux collections de la Bibliothèque Nationale d'Espagne.

Rares furent néanmoins les auteurs à vouloir approfondir cet aspect de la science de l'artillerie. Le manuscrit de Diego de Prado fait en ce sens figure d'exception puisque l'auteur y développa une méthode relativement complexe de construction géométrique des trajectoires permettant d'obtenir les proportions droite et circulaire des tirs sans recours au calcul numérique mais simplement à l'échelle du dessin. Il s'agissait d'une solution générique à la question du placement des canons et de la portée des tirs permettant, comme le remarquait l'auteur, de résoudre ce problème récurrent du tir sur une cible en hauteur<sup>200</sup>. Par ailleurs, ce procédé de construction n'est pas sans rappeler les schémas du manuscrit de l'italien Giusto Aquilone<sup>201</sup>. Or, ce dernier fréquenta vraisemblablement les artilleurs de l'île d'Ibiza dans les années 1560<sup>202</sup>. Il faut par conséquent considérer ou

200 Prado, Diego de, « La obra manual y pláctica de artillería », *op. cit.*, p. 203.

201 Aquilone, Giusto, « Trattato di Artiglieria », *op. cit.*

202 Voir la mention de l'expérience de tir réalisée en 1565, *ibid.* fol. 14.

bien l'hypothèse d'un contact direct entre Aquilone et Prado à cette époque, ou celle d'une circulation de ce modèle géométrique à travers un ou plusieurs intermédiaires dont la trace a été perdue. Quoiqu'il en soit, de telles similitudes entre manuscrits mettent en évidence les échanges intellectuels entre artilleurs italiens et espagnols en marge de la circulation des livres imprimés.

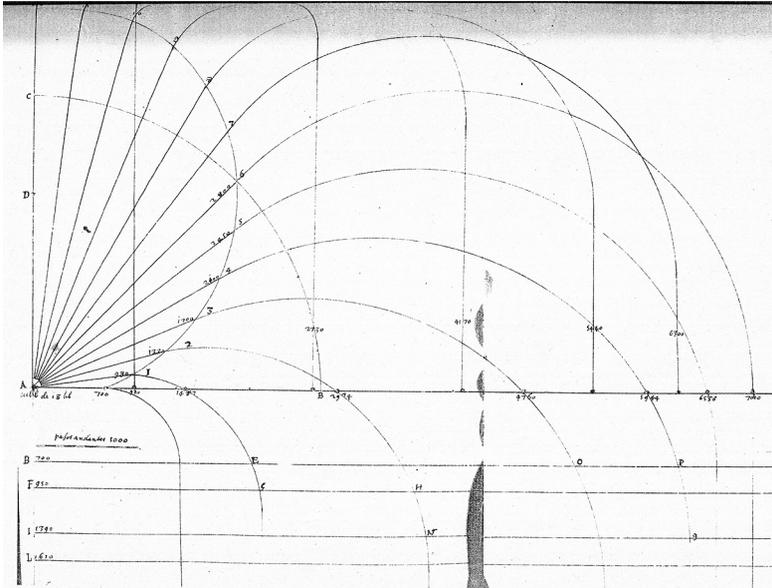


FIG. 45 – Variation géométrique des trajectoires de tir d'artillerie selon Prado, « La obra manual », Malaga, 1591. Image et document appartenant aux collections de la Bibliothèque Nationale d'Espagne.

La proposition d'étude analytique des trajectoires de boulets de canon alimenta par ailleurs un certain nombre de réflexions sur l'allure générale des trajectoires au-delà de toute application pratique. Tartaglia lui-même avait lancé le débat puisque, dès la *Nova Scientia* de 1537, il précisait que ses constructions géométriques n'étaient que des approximations, les tirs étant en réalité toujours légèrement curvilignes :

Aucun trajet ou mouvement violent d'un corps grave effectué en dehors de la perpendiculaire à l'horizon ne peut jamais avoir une seule partie parfaitement

droite à cause de la gravité qui se retrouve dans un tel corps : laquelle, de manière continue le stimule et le tire vers le centre du monde<sup>203</sup>.

Neuf ans plus tard, il en faisait la démonstration par récurrence dans les *Quesiti*<sup>204</sup>. Une telle conception d'un mouvement combinant un déplacement horizontal violent et un déplacement vertical de chute libre était tout à fait innovante par rapport à la doctrine aristotélicienne classique qui ne voyait que des enchaînements successifs de différents types de mouvements et non des compositions. Néanmoins, pour ses calculs, Tartaglia avait besoin de raisonner à partir de droites et de cercles, non de paraboles, et c'est la raison pour laquelle il proposa une approximation des trajectoires aux figures géométriques les plus basiques.

Ces réflexions sur l'allure d'un tir d'artillerie inspirèrent par la suite certains auteurs de traités. Ainsi, Diego de Álava y Viamont accepta la conclusion de Tartaglia sur le fait qu'aucune partie droite du mouvement violent n'était véritablement droite, et s'attacha en outre à démontrer qu'il n'y avait pas non plus d'arc de cercle, mais plutôt une succession d'une infinité d'arcs de cercle dont le diamètre allait décroissant<sup>205</sup>. Pour le démontrer, il affirmait l'existence d'une composition entre un mouvement violent décéléré le long de l'horizontal et un mouvement naturel accéléré vers le bas, selon une logique semblable à celle de Tartaglia. Le cosmographe Andrés García de Céspedes opérait quant à lui un mélange entre ces différentes théories, représentant des trajectoires composées d'une partie droite et d'une partie parabolique dont il avait puisé l'inspiration dans l'observation de la courbure des jets d'eau des fontaines<sup>206</sup>. En d'autres termes, le travail de réflexion de certains auteurs sur les trajectoires de tirs, parce qu'il s'ancrait dans des aspects très pratiques, les conduisit à sortir des grandes lignes de la doctrine aristotélicienne, préfigurant, en ce sens, les bouleversements paradigmatiques du XVII<sup>e</sup> siècle. Ces réflexions étaient toutefois le fait des individus les plus instruits du corpus : Álava et García de Céspedes avaient tous

203 « *Niun transito over moto violente d'un corpo egualmente grave che sia fuora della perpendicolare del orizzonte mai puo haver alcuna parte che sia perfettamente retta per causa della gravita che se ritrova in quel tal corpo : laquale continuamente lo va stimolando, et tirando verso il centro del mondo* », Supposition II du livre II, Tartaglia, Niccolò, *Nova scientia*, op. cit.

204 Tartaglia, Niccolò, *Quesiti*, op. cit., fol. 12r.

205 Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán*, op. cit., fol. 238.

206 García de Céspedes, Andrés, *Libro de instrumentos nuevos de geometría*, op. cit., fol. 52.

deux fréquenté l'université de Salamanque, l'un des principaux centres d'études en philosophie naturelle de la péninsule ibérique, marquée notamment par la figure de Domingo de Soto et par ses travaux sur la chute des corps<sup>207</sup>.

Certains capitaines d'artillerie pouvaient également tenir des positions philosophiques audacieuses dans leurs traités. En particulier, en 1584, l'ingénieur lombard Gabriel Busca prétendait qu'un tir d'artillerie effectué depuis une colline terminait sa course par une parabole ou une hyperbole, malheureusement sans plus développer son argument<sup>208</sup>. Il affirmait également que la vitesse de chute des corps ne dépendait pas de leur masse :

Si l'on laisse tomber d'une même hauteur deux boulets de fer, l'un d'une livre et l'autre de cinquante livres, tous deux vont à terre avec une même vitesse et au même moment, comme l'expérience le démontre clairement<sup>209</sup>.

Repris et traduits en castillan par le capitaine Lechuga dans son traité de 1611, ces passages connurent par conséquent une certaine diffusion parmi les hommes férus d'artillerie. Or, une telle déclaration allait à l'encontre de l'enseignement d'Aristote, qui prétendait que les corps les plus lourds tombaient plus vite que les plus légers. Il est tout à fait probable que l'inspiration de Busca lui vint des textes de Giovan Battista Benedetti, disciple de Tartaglia, qui fut mathématicien à la cour du duc de Savoie à l'époque où Busca y servait en tant que lieutenant d'artillerie. Dans des ouvrages publiés en 1553 et 1585, Benedetti affirmait cette égalité de vitesse de la chute de corps de même matière, indépendamment de leurs poids<sup>210</sup>. Ces travaux inspirèrent d'ailleurs Galilée qui, dans les *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a due scienze* de 1638, généralisa cette loi à l'ensemble des corps graves, quelque soit leur matière<sup>211</sup>. D'ailleurs, le dialogue mis en scène par Galilée à

207 Martínez Ruiz, Enrique, *Felipe II, la ciencia y la técnica*, op. cit., p. 127.

208 Busca, Gabriel, *Istruzione de' bombardieri*, op. cit., p. 50.

209 « *Lasciando cadere da eguale altezza due palle di ferro, una di una libra et l'altra di cinquanta, ambedue ne vanno a terra con egual velocità, et nell'istesso momento, come la sperienza chiaramente ne mostra* », *ibid.* p. 43.

210 Drabkin, I. E., « Two Versions of G. B. Benedetti's Demonstratio Proportionum Motuum Localium », *Isis*, vol. 54, n° 2, 1963, p. 259-262.

211 Koyré, Alexandre « Le De Motu Graviorum de Galilée. De l'expérience imaginaire et de son abus. », *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, vol. 13, n° 3, 1960, p. 197-245.

ce sujet portait sur des expériences de chute de boulets de canon et de balles de mousquet. Ce dernier exemple témoigne des intersections directes qui purent exister entre l'émergence d'une science de l'artillerie proposant une étude à vocation applicative du mouvement des boulets de canon et le changement paradigmatique amorcé par les publications de Galilée au XVII<sup>e</sup> siècle.

Toutefois, précisément dans ces passages de description des trajectoires de tir, la vocation applicative était bien souvent douteuse. Malgré les efforts de Tartaglia et quelques autres, la caractérisation des trajectoires de tir sous forme de trajectoire tripartite, de parabole ou d'hyperbole ne permettait pas à la plupart des auteurs de tirer des conclusions applicables à la balistique externe. Ces passages, généralement brefs, visaient sans doute avant tout à appréhender et s'approprier le phénomène de transit aérien du boulet à l'aide de termes savants et philosophiques. Les conclusions réellement applicables à la balistique externe étaient en revanche à chercher du côté de la méthode du « tir par la raison ».

#### LE TIR PAR LA RAISON

Le tir par la raison est une technique décrite par les traités d'artillerie sous différentes formes. Le docteur Julián Ferrofino la formulait de cette manière dans son manuscrit :

Que l'artilleur [...] sache également la puissance, c'est-à-dire la distance que la pièce peut tirer sur le plan de l'horizon ainsi qu'à chaque point ou degré d'élévation, et la distance qu'il y a entre la pièce et le lieu qu'il souhaite atteindre<sup>212</sup>.

Il s'agissait d'une technique particulièrement utile pour toucher des cibles lointaines, puisqu'elle proposait d'utiliser les pièces d'artillerie autrement qu'en pointant directement sur la cible, *de punto en blanco*, « de but en blanc ». L'expression de « tir par la raison » se rencontre sous la plume de Tartaglia<sup>213</sup>. Même si la plupart des auteurs l'évoquaient

212 « *Que el artillero [...] sepa así mesmo la potencia o sea el tanto que puede rempujar la dicha pieza así en el plano de la orizonte como puesta en qualquier punto o grado de su elevación, y las distancias que ay de la pieza hasta el lugar donde pretende alcanzar* », Ferrofino, Julián, « Descripción y tratado muy breve lo más provechoso de artillería », *op. cit.*, fol. 51.

213 Tartaglia, Niccolò, *Nova scientia*, *op. cit.*, septième page de la dédicace au duc d'Urbino.

plutôt sous les termes de *tiro de volada* (« tir à la volée ») ou *tiro señalado* (« tir ciblé »), l'expression de Tartaglia reflète bien mieux l'ambition de la technique. Elle trouvait son origine dans le constat que la portée d'une pièce d'artillerie augmente à mesure que l'on pointe sa bouche vers le haut. Pour maîtriser un tir lointain, il fallait donc contrôler deux paramètres essentiels : l'angle de hausse de la pièce et la distance à la cible. Il était également nécessaire d'avoir une connaissance du rapport entre l'angle et la distance, afin de pointer la pièce à l'angle adéquat pour atteindre la cible.

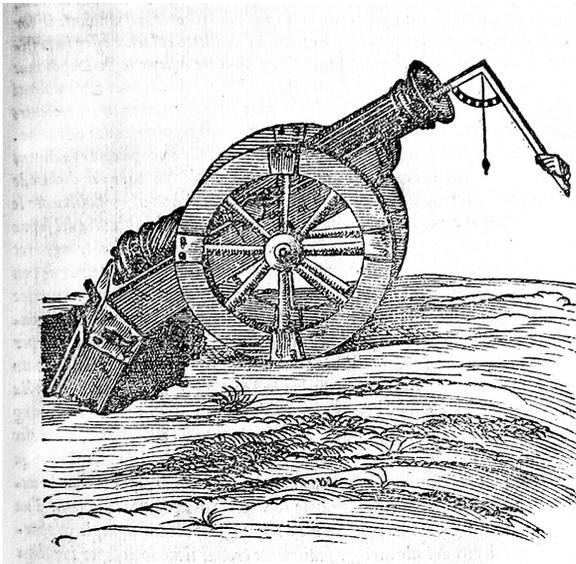


FIG. 46 – Équerre de Tartaglia permettant de mesurer l'angle de hausse d'une pièce d'artillerie, publiée dans la *Nova Scientia*, Venise, 1537.

Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

L'instrument fondamental pour mesurer l'angle de hausse d'une pièce d'artillerie était une équerre munie d'un cadran gradué et d'un fil à plomb. La branche la plus longue de l'équerre se plaquait à la paroi interne de l'âme du canon et le fil à plomb indiquait sur le cadran gradué l'angle que faisait la pièce avec l'horizon. D'autres

techniques de mesure avaient dû être en usage avant que Tartaglia ne décrivît cet instrument en 1537. Un document technique rédigé en castillan dans les années 1530 évoque ainsi des mesures d'élévation en « doigts » – *dedos de caza*. Des quadrants de bombardiers étaient par ailleurs décrits dans les *Ludi rerum mathematicarum* de Leon Battista Alberti au milieu du xv<sup>e</sup> siècle, leur emploi remontant probablement à l'époque des guerres hussites, vers 1420-1430<sup>214</sup>. Néanmoins, le succès des ouvrages de Tartaglia contribua à diffuser son usage, l'équerre d'artilleur devenant, dans la plupart des traités, une invention du mathématicien brescien. Le fait que Luis Collado cherchât à déconstruire ce mythe de l'invention de l'équerre dans sa stratégie de subversion de l'autorité de Tartaglia met clairement en évidence cette réalité<sup>215</sup>. Dans ces multiples reprises, le cadran de l'équerre était parfois modifié : divisé en douze graduations chez Tartaglia, vingt chez Diego de Álava<sup>216</sup>, quatre-vingt-dix degrés chez Diego de Prado<sup>217</sup>, le cadran dépassait parfois l'angle droit afin de mesurer les angles des pièces pointées vers le bas<sup>218</sup> mais le principe de fonctionnement était absolument identique.

Les traités développaient aussi parfois des solutions mathématiques pour mesurer les distances. La plupart n'étaient pas innovantes mais provenaient de la géométrie appliquée et de l'*agrimensura*. Ainsi, au troisième livre de la *Nova Scientia*, Tartaglia citait quelques auteurs dont les ouvrages l'avaient inspiré, tels que Johannes Stöffler et Oronce Fine<sup>219</sup>. À l'aide d'instruments comme l'astrolabe et le carré géométrique, il était possible de mesurer la hauteur d'un mur, sa largeur et, surtout, la distance à laquelle il se trouvait du canon, sans trop s'en approcher afin de rester à l'abri des tirs ennemis. Ces techniques furent reprises et développées dans plusieurs autres ouvrages, comme ceux de Diego García de Palacio<sup>220</sup>, Diego de Álava y Viamont<sup>221</sup> ou encore Andrés

214 Valleriani, Matteo, *Metallurgy, Ballistics, and Epistemic Instruments*, *op. cit.*, p. 9.

215 Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, *op. cit.*, fol. 8r et 38-39.

216 Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán*, *op. cit.*, fol. 227r.

217 Prado, Diego de, « La obra manual y plática de artillería », *op. cit.*, fol. 194.

218 Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, *op. cit.*, fol. 40v.

219 Stöffler, Johannes, *Elucidatio fabricae ususque astrolabii*, Oppenheim, Jacob Kobel, 1512. Fine, Oronce, *Protomathesis*, Paris, 1532.

220 García de Palacio, Diego, *Dialogos Militares*, *op. cit.*, fol. 135r-144r.

221 Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán*, *op. cit.*, Livre IV entièrement consacré à cette question.

García de Céspedes<sup>222</sup>. Lechuga et Ufano, auteurs plus tardifs, ne traitèrent pas de l'art de mesurer les distances, même s'ils le considéraient manifestement comme nécessaire à l'artilleur<sup>223</sup>. Sans doute jugeaient-ils que le sujet avait déjà été suffisamment exploré par les nombreux auteurs de géométrie et de mathématiques appliquées. Il faut par ailleurs remarquer que ces méthodes de mesure des distances étaient aussi utiles à d'autres opérations décrites dans les traités d'artillerie, telles que le passage de l'artillerie par les rivières ou la réalisation de mines pour saper les murailles<sup>224</sup>.

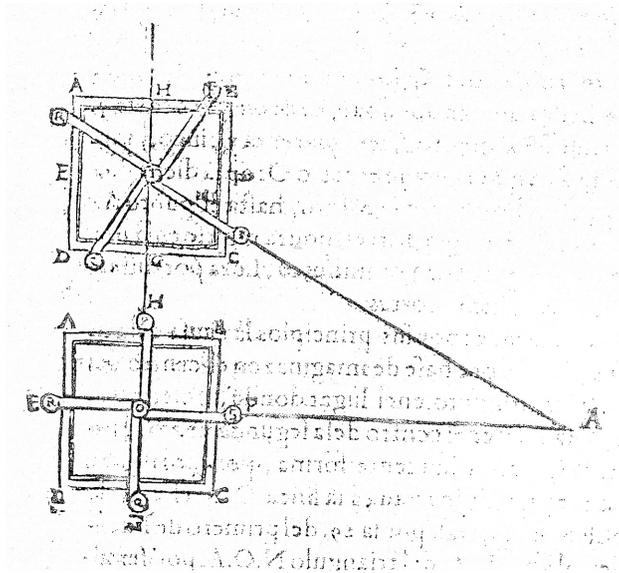


FIG. 47 – Usage de carrés géométriques pour mesurer une distance selon García de Palacio, *Dialogos militares*, Mexico, 1583. Ce schéma est une reprise quasiment à l'identique d'un schéma de Tartaglia présent dans les éditions de 1550 et 1558 de la *Nova Scientia*. Image et document appartenant aux collections de la Bibliothèque Nationale d'Espagne.

222 Toute une première partie y est consacrée, avec un but toutefois plus large que l'application à l'artillerie, García de Céspedes, Andrés, *Libro de instrumentos nuevos de Geometría*, *op. cit.*

223 Lechuga, Cristóbal, *Discurso del Capitán Cristoval Lechuga en que trata de la artillería*, *op. cit.*, p. 161. Ufano, Diego, *Tratado de la artillería y uso della*, *op. cit.* p. 411.

224 Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, *op. cit.*, fol. 68-69.

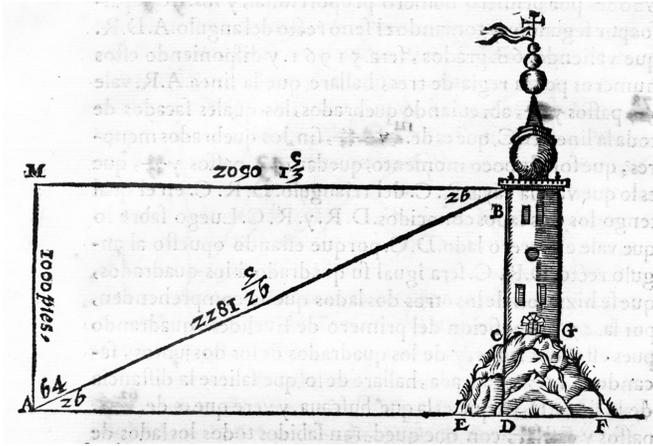


FIG. 48 – Technique géométrique pour mesurer une distance selon Álava y Viamont, *El perfeto capitán*, Madrid, 1590. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

La possibilité de mesurer les distances et les angles de hausse de pièces d'artillerie ne suffisait néanmoins pas à réaliser un tir juste. Encore fallait-il savoir à quel angle régler la pièce pour atteindre la distance requise. Cette relation entre l'angle de hausse et la portée, Niccolò Tartaglia s'enorgueillissait dans sa dédicace au duc d'Urbino d'en avoir acquis la connaissance systématique :

Et encore, Illustrissime Seigneur, par le calcul j'ai trouvé la proportion selon laquelle les tirs de chaque pièce d'artillerie croissent ou décroissent selon qu'on élève ou abaisse la pièce sur le plan de l'horizon. Et de la même manière, Libéral Seigneur, j'ai trouvé la manière de connaître la variété des tirs de toute pièce, grande comme petite, par la connaissance d'un seul tir (à condition que la charge de poudre demeure égale). De plus, Seigneur Très Prudent, j'ai fait des recherches sur la proportion et l'ordre des tirs de mortier et, semblablement, j'ai trouvé le moyen de connaître la variation des dits tirs à partir d'un seul<sup>225</sup>.

225 « Anchor Signor Illustrissimo, calculando trovai la proportion dil crescer e calar che fa ogni pezzo de artegliaria (nelli suoi tiri) alzandolo over arbassandolo sopra il pian del orizzonte et símilmente (Signor Liberalissimo) trovai il modo di ratiocinar et trovar la varietà de detti tiri in cadauno pezzo si grande come piccolo mediante la notitia dun tiro solo (domente che sempre sia igualmente cargato). Da poi (Signor Prudentissimo), invistigai, la proportione et l'ordini di tiri del mortaro, et símilmente trovai il modo di saper invistigare sotto brevita la varietà de detti tiri pur mezzo dun tiro solo », Tartaglia, Niccolò, *Nova scientia*, op. cit., Sixième page de la dédicace au duc d'Urbino (sans numéro).

Tartaglia prétendait donc avoir découvert une loi permettant, à partir d'un tir, de connaître la portée d'une pièce à tous les angles de hausse. Malheureusement, les logiques de patronage ont préservé cette loi secrète puisque Tartaglia décida de la réserver pour le creux de l'oreille de son potentiel patron. L'unique point qu'il publia à ce sujet fut la démonstration que l'angle de portée maximale était de  $45^\circ$ , célèbre argument qui fut une fois de plus repris par la plupart des auteurs à sa suite.

Le défi de trouver une telle loi générale des portées fut néanmoins relevé par une multitude d'individus à travers l'Europe, au nombre desquels figurèrent Thomas Harriot et Galilée<sup>226</sup>. Parmi les auteurs castillans, Diego de Álava fut sans doute celui qui montra le plus d'engouement pour cette question. Sa stratégie de subversion de l'autorité de Tartaglia passa d'ailleurs en grande partie par la résolution de ce problème. Il prétendait en effet connaître la loi secrète du mathématicien brescian, affirmant qu'il s'agissait d'une variation linéaire, c'est-à-dire que la portée variait autant entre les premier et deuxième points de l'équerre qu'entre les cinquième et sixième<sup>227</sup>. Il est fort peu probable qu'il s'agît bel et bien de la loi secrète de Tartaglia car ce dernier était conscient, comme il l'affirma dans ses *Quesiti*, que la portée ne variait presque pas entre le cinquième et le sixième point<sup>228</sup>. La présentation de cette pseudo-loi de Tartaglia par Álava relevait sans doute plutôt de l'artifice rhétorique, permettant de mieux mettre en évidence le raffinement de sa propre loi, exposée en apothéose dans la dernière partie de l'ouvrage avec un intitulé sans ambiguïté : « Sixième livre où l'on réproue la doctrine de Tartaglia et où l'on enseigne la véritable doctrine avec les démonstrations sur lesquelles elle se fonde<sup>229</sup> ». Plutôt qu'une relation de proportionnalité linéaire entre angle et tir, Álava proposait une proportionnalité entre le sinus de l'angle et la portée. De la sorte, sa loi rendait compte du fait que la portée augmentait bien plus dans les premiers angles d'élévation que dans ceux proches de  $45^\circ$ .

La capitaine d'artillerie d'Anvers Diego Ufano proposa lui aussi une loi des portées. Elle prenait la forme d'une suite arithmétique par laquelle il était possible de calculer degré après degré la portée d'une pièce d'artillerie à partir de la connaissance de la portée le long de

226 Brioiat, Pascal, « Les mathématiques et la guerre au XVI<sup>e</sup> siècle », *op. cit.*, p. 396-434.

227 Voir le Livre V de Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán*, *op. cit.*, p. 224 et suiv.

228 Tartaglia, Niccolò, *Quesiti*, *op. cit.*, fol. 6v.

229 « Libro sexto en que se reprueva la dotrina de Nicolo Tartalla, y se enseña la verdadera con las demostraciones en que se funda », Alava y Viamont, Diego de, *El perfeto capitán*, *op. cit.*, p. 245.

l'horizon<sup>230</sup>. Comme dans le cas d'Álava, l'auteur tâchait ici de refléter cette tendance des tirs à augmenter bien plus pour les faibles élévations que pour les angles proches de la portée maximale (à 45°). Ufano ne prenait même pas la peine de démontrer ni de justifier sa loi, qu'il fournissait comme une sorte de recette. La nature de la « réduction en art » de l'artillerie apparaît ici très empirique. Il s'agissait de systématiser à partir d'observations singulières. Álava et Ufano ne déduisaient pas leurs lois à partir d'une théorie mathématisée du mouvement mais tâchaient plutôt de fournir une modélisation mathématique de l'évolution des portées en fonction des angles de hausse, obtenue à partir des données empiriques de tests de tir, alors en circulation dans les milieux artilleurs.

En effet, plutôt que de déterminer une loi générale, de nombreux auteurs de traités d'artillerie recouraient à des tables de portées indiquant, pour chaque type de pièces, la portée aux différents points de l'équerre. Niant toute possibilité de recourir à une règle générale des portées, Luis Collado fournit ainsi dans son traité les résultats d'expériences de tirs qu'il avait lui-même effectués avec un fauconneau tirant trois livres de balle<sup>231</sup>. De telles données, dont l'origine expérimentale n'était que rarement précisée, se rencontraient dans presque tous les traités, preuve que leur usage était courant. D'ailleurs, Diego de Álava présentait lui aussi de telles tables de portées, la différence étant que la plupart de ses valeurs étaient obtenues par le calcul et non par l'expérience.

Il faut par ailleurs remarquer l'importante circulation de telles données sur les portées des pièces d'artillerie. Les tables de portées n'étaient en effet pas systématiquement issues d'expériences menées par l'auteur lui-même. Dans son manuscrit de 1591, le lieutenant d'artillerie Diego de Prado inséra ainsi une table des portées qu'il disait avoir recopiée d'expériences de tir réalisées par le duc de Clèves à une époque antérieure<sup>232</sup>. Le contexte précis de cette expérience demeure obscur mais la table connut quant à elle une grande diffusion. On retrouve en effet exactement les mêmes données dans le court traité manuscrit du docteur Julián Ferrofino datant de 1599<sup>233</sup>. L'échange de cette table eut probablement lieu à la fonderie de Malaga en 1590, lorsque Prado et

230 Ufano, Diego, *Tratado de la artillería y uso della*, *op. cit.*, p. 345-346.

231 Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, *op. cit.*, fol. 39v.

232 Prado, Diego de, « La obra manual y plática de artillería », *op. cit.*, fol. 195-198.

233 Ferrofino, Julián, « Descrizión y tratado muy breve lo mas probechoso de Artillería », *op. cit.*, fol. 6v et suiv.

Ferrofino s'y retrouvèrent tous deux durant quelques mois aux côtés du capitaine général de l'artillerie Juan de Acuña Vela<sup>234</sup>. Par ailleurs, ces mêmes données figuraient dans l'ouvrage d'Andrés Muñoz el Bueno, imprimé en 1627<sup>235</sup>. Or, Muñoz el Bueno fut l'élève de Julián Ferrofino à l'école d'artilleurs de Séville entre 1591 et 1593<sup>236</sup>. Il est par conséquent presque certain que la table lui fut transmise à cette occasion avant d'être publiée dans un imprimé plusieurs décennies plus tard.

Il est également intéressant de noter le manque de recherche de précision dans ces données. Même si sa table fournissait des chiffres précis au pas près, Diego de Prado spécifiait que les expériences de tir qu'il indiquait avaient été réalisées avec une formule de poudre ancienne, moins forte que la poudre en usage à son époque<sup>237</sup>. Les données qu'il présentait devaient donc être augmentées dans une proportion que l'auteur ne se risquait pas à donner. Par conséquent, ces tables de portées étaient sans doute proposées à titre indicatif afin que le lecteur pût disposer des ordres de grandeur des portées de chaque pièce. La méthode et le format lui étaient montrés, libre à lui de constituer ses propres tables. Les données chiffrées se mélangeaient d'ailleurs parfois avec des aspects spéculatifs brouillant les interprétations quant à la nature de ce type de savoirs. Ainsi, une fameuse gravure du traité de Diego de Ufano représentait de multiples trajectoires à différents angles de hausse, visant à affirmer la symétrie des portées en-dessous et au-dessus de 45°. L'affirmation était en elle-même pure spéculation théorique puisqu'il existait un consensus général parmi les auteurs sur le fait que les canons et coulevrines ne pouvaient tirer au dessus de 45° et que la plage entre 45° et 90° était réservée aux mortiers. Quand bien même Ufano fût-il parvenu, par quelque technique, à faire tirer une pièce à toutes les élévations depuis 0° jusqu'à 90°, il y aurait eu peu de chances qu'il vît sa proposition de symétrie des tirs se réaliser dans les faits, à cause de facteurs tels que la résistance de l'air ou le vent. Pourtant, il fit figurer sur la gravure des portées précises au pas près, conférant à sa proposition une sorte de légitimité empirique.

234 AGS GYM leg. 284/265 (09/05/1590).

235 Muñoz el Bueno, Andrés, *Instrucción y Regimiento para que los marineros sepan usar de la artillería*, *op. cit.*, fol. 123v.

236 Voir p. 313 et 324-325.

237 Prado, Diego de, « La obra manual y pláctica de artillería », *op. cit.*, p. 199.

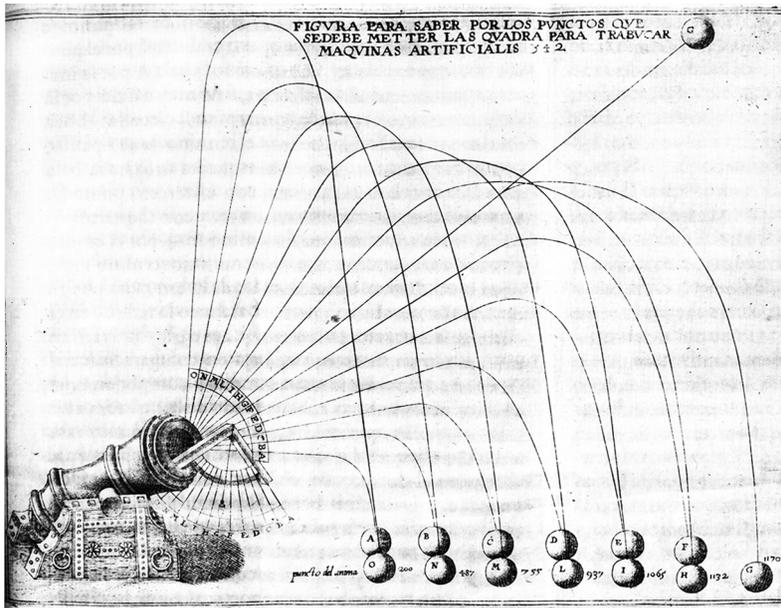


FIG. 49 – Symétrie des portées en-dessous et au-dessus de  $45^\circ$  selon Ufano, *Tratado de artillería*, Bruxelles, 1612. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

Ce dernier exemple reflète la nature hybride et ambivalente de la balistique externe à la Renaissance. Oscillant entre son but applicatif et son désir de systématisation, elle empruntait librement à diverses traditions savantes, recourait aux données empiriques de première ou de seconde main et, sans réellement construire un nouveau cadre théorique d'étude du mouvement, elle mettait en évidence le gain potentiel de l'application de la mesure, de la géométrie et des proportions à certains objets particuliers de la philosophie naturelle. La méthode du tir par la raison était caractéristique de ce champ de savoirs en construction. Il s'agissait, à propos d'un problème particulier relatif à l'artillerie, de fournir des instruments, des techniques et, si possible, des règles afin de maîtriser l'aléa et le chaos d'une activité dangereuse et complexe, dont la balistique externe n'était qu'une petite partie. En réalité, cette démarche de résolution de problèmes par le recours aux instruments, à la mesure et aux calculs était appliquée à

pratiquement tous les éléments impliqués dans l'usage de l'artillerie et de la poudre noire.

#### ANATOMIE DES PIÈCES D'ARTILLERIE ET PUISSANCE DE LA POUVRE

La balistique interne, parce qu'elle mettait en jeu un nombre conséquent d'éléments dont la production n'était pas standardisée, se prêtait tout à fait à ce type de démarches de résolution de problèmes. Il est possible de distinguer deux grands ensembles d'éléments de balistique interne discutés dans les traités : d'une part, tout ce qui avait trait à la forme et aux proportions des pièces et, d'autre part, tout ce qui touchait à la composition et au volume de poudre noire.

La plupart des auteurs de traités consacrèrent une part conséquente de leur ouvrage à la classification des pièces d'artillerie. L'analyse du parc d'artillerie de la Monarchie hispanique, au début de ce livre, a bien mis en évidence l'hétérogénéité du matériel de guerre utilisé par les artilleurs. Même la nomenclature pouvait varier selon les individus. Ainsi, une pièce allongée tirant des boulets de 10 livres pouvait très bien être identifiée comme un sacre ou comme une demi-couleuvrine<sup>238</sup>. Les chapitres des traités d'artillerie consacrés aux différents types de pièces constituaient donc d'abord des sortes de guide permettant d'identifier le matériel. Les pièces étaient classifiées par grandes familles, selon qu'elles étaient allongées (couleuvrines), plus compactes (canons) ou très ramassées (pierriers et mortiers)<sup>239</sup>. Il faut noter que ce vocabulaire technique commun se diffusa lors des guerres d'Italie (1494-1559)<sup>240</sup>. C'est précisément ce vocabulaire qui était employé dans les inventaires d'artillerie de la seconde moitié du XVI<sup>e</sup> siècle. Les chapitres des traités concernant la classification des pièces proposaient donc bien, en ce sens, une « réduction en art » à partir de ce qui était couramment pratiqué au sein du métier<sup>241</sup>.

Certains traités présentaient également des techniques afin de mesurer les proportions d'une pièce d'artillerie. À l'aide d'un grand

238 Voir p. 42-43.

239 Ces grandes catégories sont communes à la plupart des traités déjà cités. Voir par exemple Collado, Luis *Plática manual de artillería*, *op. cit.* fol. 7-35. Ufano, Diego, *Tratado de la artillería y uso della*, *op. cit.* p. 15-57.

240 Crouy-Chanel, Emmanuel de, « Le canon jusqu'au milieu du XVI<sup>e</sup> siècle », *op. cit.*, p. 255-256.

241 Dubourg Glatigny, Pascal, Vérin, Hélène (éd.), *Réduire en art*, *op. cit.*

compas et d'une feuille de papier, il s'agissait, selon l'expression de Luis Collado, de saisir « l'anatomie » des pièces d'artillerie<sup>242</sup>. Les mesures étaient toujours exprimées en proportion du diamètre de la bouche à feu afin de contourner le problème de la grande diversité des unités de mesure :

Certains mesurent en pieds, d'autres en empan, en cannes, en aunes, en bras ou encore en onces, sans se rendre compte que tous ces types de mesures sont très différents dans chaque royaume du monde. Il convient de savoir que le pied romain est distinct de celui de Venise, lui-même étant différent de celui de Naples et de Sicile tandis que le bras de Milan n'est semblable à aucun de ceux-ci excepté celui de Rome, et que tous les pieds sont différents en Allemagne, en France et aussi en Espagne<sup>243</sup>.

Au-delà de la longueur et du calibre qui déterminaient le nom et l'usage d'une pièce, les traités abordaient souvent l'anatomie du canon dans ses moindres détails : le positionnement des anses et des tourillons ou encore l'épaisseur de métal en divers endroits de la culasse et de l'âme étaient discutés. Ce dernier paramètre était particulièrement important dans l'usage de l'artillerie puisqu'une paroi un peu trop fine risquait d'exploser si elle était exposée à une charge de poudre excessive. En outre, certaines pièces possédaient des défauts de fabrication au niveau du parallélisme entre l'âme et les parois externes, ce qui posait à la fois des problèmes de visée et de risque d'explosion en raison d'une épaisseur irrégulière de métal. Les prises de mesure devaient donc tenir compte de telles imperfections, certains auteurs, comme Tartaglia, proposant même un instrument pour quantifier les défauts de parallélisme<sup>244</sup>.

242 Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, *op. cit.*, fol. 14v.

243 « Porque las miden a pies y otros a palmos, otros a canas y otros a alnas y otros a braços y a onças, no dando en la cuenta que todos estos generos de medidas en cada Reyno de el mundo se ballaran ser varias y diferenciadas. Conviene a saber que el pie romano es diferente de aquel de Venecia y el de Venecia diferente de aquel de Napoles y de Sicilia, y que el braço de Milan con ninguno de los pies dichos, excepto aquel de Roma se conforma, y los unos y los otros pies dichos son diferentes de aquellos de Alemania, Francia y tambien de España », *ibid.* fol. 19v.

244 Tartaglia, Niccolò, *Quesiti et Inventioni Diverse*, *op. cit.* fol. 26v.

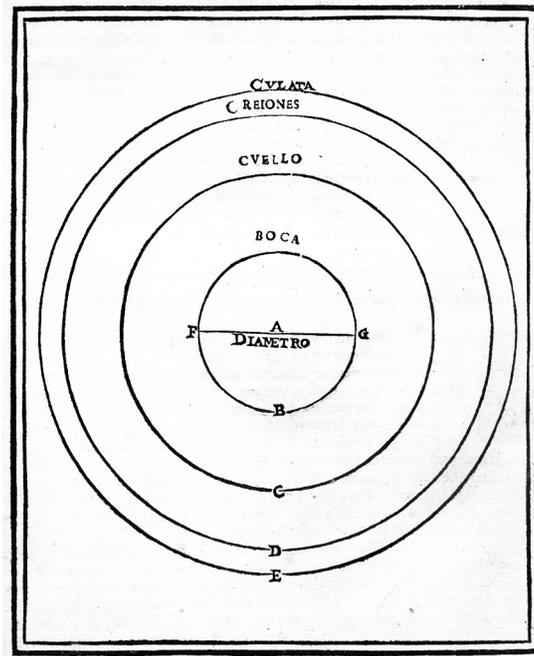


FIG. 50 – Canon en vue de face, par Collado, *Plática manual de artillería*, Milan, 1592. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

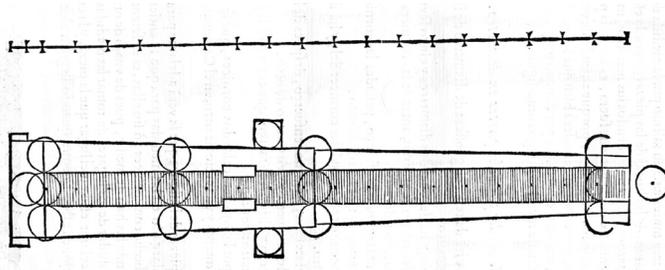


FIG. 51 – Canon en coupe avec proportions exprimées en fonction du calibre, par Lechuga, *Discurso...*, Milan, 1611. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.



FIG. 52 – Technique pour mesurer le parallélisme de l'âme d'un canon selon Tartaglia, *Quesiti et inventioni diverse*, Venise, 1546. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

Non seulement tous les traités insistaient-ils sur cette analyse détaillée des pièces d'artillerie mais ils allaient aussi, pour la plupart, au-delà de ces informations morphologiques. C'était bien souvent à l'occasion de ces développements sur les grandes familles de pièces qu'étaient intégrées les listes et tables de portées évoquées précédemment. Les schémas de l'anatomie des pièces étaient parfois accompagnés de plans de leurs affûts comprenant des détails sur le dimensionnement des roues et des pièces de bois nécessaires au transport de ces armes lourdes. D'autres données étaient fournies au lecteur, telles que le poids des pièces, le nombre de chevaux ou de bœufs nécessaires pour les tracter, le nombre maximal de tirs par jour, ou bien encore le dosage de poudre le plus adéquat. Il faut également mentionner la présence de quelques lois mathématiques, comme la règle de calcul de Luis Collado permettant d'estimer le poids d'une pièce à partir de la connaissance de son calibre<sup>245</sup>.

En outre, des auteurs ayant une longue expérience de terrain tels que Collado, Ufano et Lechuga, n'hésitaient pas à consacrer des développements entiers à la fabrication des pièces d'artillerie<sup>246</sup>. Ces vétérans qui avaient circulé dans plusieurs États de la Monarchie hispanique avaient manifestement acquis de solides connaissances en métallurgie. Fort de leur statut d'experts reconnus, ils endossaient même le rôle de conseiller du roi, prêchant pour une harmonisation des normes de fabrication de l'artillerie :

245 Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, *op. cit.*, fol. 23v.

246 Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, *op. cit.*, fol. 8-11. Lechuga, Cristóbal, *Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga en que trata de la artillería*, *op. cit.*, p. 38-61. Ufano, Diego, *Tratado de la artillería y uso della*, *op. cit.* p. 65-68.

Si les Princes qui commandent la fabrication de l'artillerie se rendaient compte du préjudice [...] qui en résulte, ils accorderaient plus d'attention à ce qui se fait dans leurs fonderies et interdiraient la réalisation d'une si grande diversité de pièces, avec tant de bouches différentes, comme cela est aujourd'hui le cas<sup>247</sup>.

Dans son traité, le capitaine Lechuga tenait exactement le même discours, invitant même le roi à réduire son parc d'artillerie à six calibres<sup>248</sup>. Comme ces deux auteurs le mettaient en évidence, la grande diversité de pièces alors en usage au sein de l'appareil militaire de la Monarchie hispanique généraient de multiples difficultés quant à la gestion des stocks de matériel, en particulier de boulets. De plus, l'hétérogénéité des formes et des proportions rendait l'usage de l'artillerie complexe et sujet à des erreurs de manipulation, ce qui justifiait d'ailleurs qu'une si grande part du volume des traités d'artillerie fût dédiée à l'analyse qualitative et quantitative du matériel.

Bien que visionnaire, ce projet d'une standardisation des pièces d'artillerie se confrontait à de nombreux problèmes. D'abord, il faut rappeler que la Monarchie hispanique réunissait une pluralité d'États ayant diverses unités de mesure et habitudes de fabrication ce qui promettait de compliquer tout projet d'harmonisation des calibres. De plus, pour disposer d'un parc d'artillerie entièrement harmonisé, il aurait fallu refondre toute l'artillerie alors en usage dans l'empire, soit des milliers de pièces. Maintenir le parc ainsi harmonisé soulevait encore d'autres problèmes. L'obsolescence des caractéristiques d'un modèle générerait un surcoût important puisqu'il fallait soudain remplacer toutes les pièces du modèle, tandis que dans le système non-standardisé de la Monarchie hispanique, le coût de fabrication de l'artillerie s'amortissait sur une plus longue période de temps, les vieilles pièces, parfois âgées d'un demi-siècle, côtoyant les plus récentes<sup>249</sup>. En outre, les pièces circulaient sur de grandes distances :

247 « Si los Príncipes que mandan fundir Artillería diesen en la cuenta del daño [...] les resuelta, usarían acerca desto en sus fundiciones de mayor diligencia, y prohibirían el hazerse tanta diversidad de piezas, y de tan diferentes bocas como se hallan », Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, op. cit., fol. 8v.

248 Préface au lecteur de Lechuga, Cristóbal, *Discurso del Capitán Cristoval Lechuga en que trata de la artillería*, op. cit.

249 Voir les canons vieux d'un demi-siècle embarqués par la grande armada de 1588, Martin, Colin, Parker, Geoffrey, *The Spanish Armada*, op. cit., p. 41.

il est pertinent ici de rappeler l'exemple de la forteresse de Ponta Delgada aux Açores, qui réunissait en 1583 des pièces en provenance de Lisbonne, d'Allemagne, de Flandre, du Mexique et de Malaga<sup>250</sup>. On ne peut que douter de l'efficacité, dans la durée, de la réforme d'harmonisation des calibres tentée au début du XVII<sup>e</sup> siècle aux Pays-Bas par le comte de Bucquoy<sup>251</sup>. Les grandes productions par lot de la fonderie de Malaga tendaient à être dispersées et mélangées à des lots postérieurs, fabriqués selon des normes soit plus récentes, soit différentes parce qu'émanant d'un autre centre de production<sup>252</sup>. L'harmonisation des calibres aurait nécessité d'être menée à bien à l'échelle de l'empire, dans un délai relativement réduit et avec un gel total des importations d'artillerie étrangère. Un tel projet dépassait certainement les capacités techniques et financières de la Monarchie hispanique à cette époque. Des travaux récents sur le système de Gribeauval montrent combien standardiser l'artillerie d'un État représenta un formidable défi dans un contexte technique et industriel pourtant plus avancé (la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle) et à une échelle bien plus modeste (la France)<sup>253</sup>.

Bien qu'elle mobilisât souvent un volume moindre de pages, la poudre noire fut un autre élément important sur lequel dissertèrent les divers auteurs de traités d'artillerie. Ainsi, dans les *Quesiti*, Tartaglia fournit un grand nombre de recettes de poudre qu'il avait, disait-il, trouvées dans de vieux livres<sup>254</sup>. Manifestement, de vieilles recettes de fabrication de poudre noire devaient être en circulation sous forme manuscrite. Dans cette même perspective, le *livre de cannerie* publié à Paris, en 1561, intégrait un « petit traicté contenant plusieurs artifices de feu [...] recueilly d'un vieil livre escrit à la main et nouvellement mis en lumière<sup>255</sup> », dont les formules reprenaient celles d'une traduction française du *Feuerwerkbuch*, texte allemand de la première moitié

250 AGS GYM leg. 149/336 (18/09/1583).

251 Ufano, Diego, *Tratado de la artillería y uso della*, op. cit. p. 65-68.

252 Voir les remarques de López Martín, Francisco Javier, *Esculturas para la guerra*, op. cit., p. 363-364. Exemples de production par lot puis de dispersion : AGS GYM leg. 365/128 (21/01/1589), AGS GYM leg. 149/109 (Santander, 16/09/1583), AGI CT leg. 5108, sans num. (Cadix, 05/05/1586).

253 Berkowitch, Héloïse, Dumez, Hervé, « Le système Gribeauval ou la question de la standardisation au XVIII<sup>e</sup> siècle », *Annales des Mines*, n° 125, 2016, p. 41-50.

254 Tartaglia, Niccolò, *Quesiti et Inventioni Diverse*, op. cit., fol. 41.

255 *Livre de cannerie et artifice de feu contenant le devoir et charge d'un maistre canonnier*, Paris, Vincent Sertenas, 1561.

du xv<sup>e</sup> siècle<sup>256</sup>. Cependant, à la fin du xvi<sup>e</sup> siècle, la plupart des auteurs ayant une expérience militaire n'évoquaient que très peu de formules en usage. Les plus courantes sont identifiées par les expressions « quatre, as et as », « cinq, as et as » et « six, as et as<sup>257</sup> ». La première, qui contient la plus faible proportion de salpêtre est parfois jugée ancienne, tandis que la dernière est régulièrement identifiée comme de la poudre d'arquebuse<sup>258</sup>. Ainsi, il semble à première vue que les artilleurs du xvi<sup>e</sup> siècle étaient loin d'utiliser la pléthore de recettes présentée par Tartaglia.

Néanmoins, comme dans le cas des pièces d'artillerie, les vétérans appelaient à une standardisation des poudres, ce qui plaide tout de même en faveur de l'usage courant d'une certaine diversité de recettes<sup>259</sup>. Le capitaine Cristóbal Lechuga évoque ainsi une assemblée réunie pour discuter de ce sujet dans les Pays-Bas espagnols :

Lors d'une assemblée qui se fit dans la ville de Bruxelles le 9 mai 1568, le général de l'artillerie réunit les hommes les plus expérimentés en artillerie et poudres dans le but de traiter des proportions qu'il fallait lui donner. Après de nombreux essais, il fut conclu que la poudre qui serait préparée dans le futur aurait les proportions suivantes : 75 livres de salpêtre bien raffiné, 15 livres et 10 onces de charbon et 9 livres et 6 onces de soufre<sup>260</sup>.

Le fait que Lechuga fût encore ses propres recommandations de recettes en 1611 indique que cette standardisation décidée à Bruxelles 40 ans plus tôt ne devint pas une norme. Mais cette anecdote révèle la recherche de la part du commandement militaire de la Monarchie hispanique d'une

256 « Le Livre du secret de l'art de l'artillerie et canonnerie », *op. cit.* Voir Crouy-Chanel, Emmanuel de, Contamine, Philippe, *Canons médiévaux*, *op. cit.*, p. 29.

257 C'est à dire 4, 5 ou 6 doses de salpêtre pour une dose de charbon et une dose de soufre. Ces expressions sont récurrentes dans les traités, signe de leur usage très courant à l'époque.

258 Sur la première, voir Prado, Diego de, « La obra manual y plática de artillería », *op. cit.*, fol. 199. Le capitaine Lechuga va même jusqu'à préconiser l'emploi de la seconde pour tous les types de pièces : Lechuga, Cristóbal, *Discurso del Capitán Cristoval Lechuga*, *op. cit.*, p. 146.

259 Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, *op. cit.*, fol. 12v.

260 « En un junta que se hizo en la Villa de Brusselas a 9 de Mayo 1568, en qué se halló el general de la Artillería, y todos los praticos de ella, y de pólvora, para tratar de la bondad que avía de tener; después de muchas pruebas, quedo resuelto que la pólvora que se labrase en lo porvenir fuese de salitre bien refinado, de fino azufre, y de carbón, de la composición siguiente : 75 libras de salitre, 15 libras y 10 onças de carbón y 9 libras y 6 onças de açufre », Lechuga, Cristóbal, *Discurso del Capitán Cristoval Lechuga* *op. cit.*, p. 147.

formule de poudre optimale. Il est important de préciser que cette recette contenait le même dosage de 75 % de salpêtre que la poudre d'arquebuse « six, as et as » que Lechuga recommandait de généraliser à toutes les pièces. Ces dosages étaient par ailleurs extrêmement proches des compositions de poudre de guerre des grands États du milieu du XIX<sup>e</sup> siècle<sup>261</sup>. En ce sens, la détermination d'une formule de poudre optimale fut, semble-t-il, relativement plus aisée que la mise en application d'une norme de fabrication.

L'enjeu de la standardisation des poudres croise aussi le problème du chargement : avec quelle quantité de poudre fallait-il charger chaque type de pièces d'artillerie ? Ce dosage de poudre dépendait bien entendu de l'explosivité de cette dernière et par conséquent de sa composition, d'où l'importance de son harmonisation. Dans les *Quesiti*, Tartaglia mentionnait ces problèmes de chargement de la pièce. Il s'agissait de mettre suffisamment de poudre pour que sa combustion dure jusqu'à ce que le boulet sorte de l'âme du canon, sans toutefois avoir à en gâcher<sup>262</sup>. Les proportions données par Tartaglia – à savoir quatre cinquième du poids du boulet pour une coulevrine et deux tiers du poids pour un canon – furent plus ou moins suivies par les auteurs postérieurs. Cependant, le principal ajout des auteurs de la seconde moitié du XVI<sup>e</sup> siècle concerna les instruments de chargement. Plutôt que d'avoir à peser la poudre au milieu des combats, les traités proposaient de dimensionner des cuillères afin de charger directement le volume de poudre adéquat. L'idée était de d'offrir à l'artilleur le dessin d'un patron de la cuillère, dont les dimensions étaient exprimées en fonction du calibre, comme pour la morphologie des pièces d'artillerie vue précédemment. Différents schémas étaient présentés en fonction des types de pièces. Il ne restait ensuite plus qu'à découper dans une taule cette forme proportionnée à la pièce et à la clouer autour d'un long bâton de bois faisant office de manche. Il en existait de différentes sortes, permettant à leur utilisateur de charger en une, deux ou trois fois son canon.

---

261 75/12,5/12,5 pour la France, la Prusse et les États-Unis d'Amérique, 75/15/10 pour l'Angleterre, J. Pelouze et E. Fremy, *Traité de chimie générale : comprenant les applications de cette science à l'analyse chimique, à l'industrie, à l'agriculture et à l'histoire naturelle*, Librairie de Victor Masson, 1854, p. 335.

262 Tartaglia, Niccolò, *Quesiti et Inventioni Diverse*, *op. cit.*, fol. 19r et 21r.

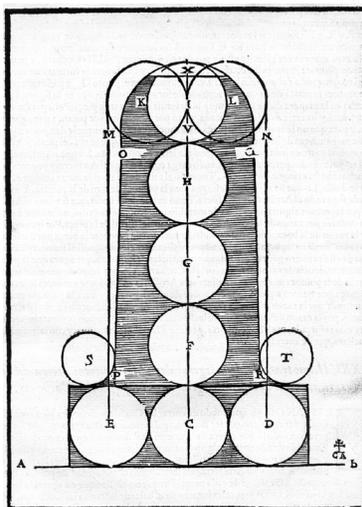


FIG. 53 – Technique géométrique de fabrication d'une cuillère permettant de charger le volume de poudre adéquat d'une couleuvrine, exprimé en fonction du calibre, selon Collado, *Plática manual de artillería*, Milan, 1592. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

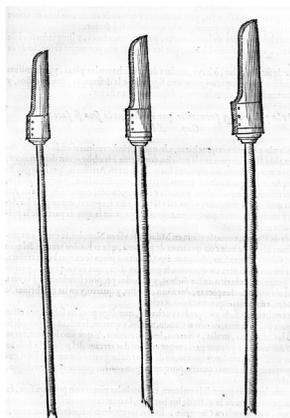


FIG. 54 – Différentes cuillères de chargement de poudre par Lechuga, *Discurso...*, Milan, 1611. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

## DIAMÈTRES ET POIDS DES BOULETS DE CANON

Les paragraphes suivants proposent d'explorer la thématique des diamètres et poids des boulets de canon afin de mieux saisir la nature et la genèse de ces savoirs de balistique interne. La diversité de proportions des pièces d'artillerie engendrait une prolifération de tailles de boulets de canon. Choisir un boulet parfaitement adapté à la pièce pouvait par conséquent s'avérer délicat. Il était nécessaire d'utiliser un boulet dont le diamètre fût légèrement plus petit que celui de la bouche à feu, laissant un espace vide, appelé le « vent », permettant d'éviter les frottements et le blocage du boulet dans sa course le long de l'âme. En revanche, un vent excessif laissait s'échapper une grande quantité de gaz de combustion, ce qui avait pour résultat de faire perdre de la puissance au tir. Trouver un boulet du diamètre approprié à la pièce était donc une action essentielle du métier d'artilleur. Néanmoins, les calibres et tailles des boulets étaient toujours exprimés en unités de masse, c'est-à-dire presque toujours en livres, sans doute jugée plus fiables et relativement plus homogènes que la plupart des autres unités de mesure de l'époque<sup>263</sup>. Les sources de l'époque évoquent ainsi toujours un boulet « de 12 livres », un canon « tirant 40 livres de balle » etc. Il était donc constamment nécessaire de faire des allers-retours entre le poids et le diamètre des boulets.

À ce sujet, la grande majorité des traités décrivaient un instrument très simple servant à faire ce lien entre diamètres et poids. Il s'agissait du *calibo* ou *colibre*, instrument que l'artilleur était toujours tenu de porter sur lui. Il prenait la forme d'une réglette sur laquelle étaient gravés les diamètres des boulets de différents poids. Les traités présentent en général une réglette par matériaux même si les informations pouvaient être concentrées, à l'aide de graduations différentes, sur le même instrument. Ce type de réglettes fut très répandu à l'époque, comme en témoignent encore aujourd'hui les collections de certains musées<sup>264</sup> ainsi que les fouilles archéologiques des épaves de navires de guerre<sup>265</sup>.

263 Même s'il existait des livres à 12 onces et à 16 onces. Voir la définition de *libra* dans Mancho Duque, María Jesús (dir.), *DICTER. Diccionario de la ciencia y de la técnica del Renacimiento*, Ediciones Universidad de Salamanca. <<http://dicter.usal.es/>> Consulté le 03/09/2019.

264 Bennett, Jim A., Johnston, Stephen, *The Geometry of War, 1500-1750 : Catalogue of the Exhibition*, Oxford, Museum of the History of Science, 1996.

265 Hildred, Alexzandra, *The Archeology of the Mary Rose Vol. 3*. Martin, Colin, Parker, Geoffrey, *The Spanish Armada*, p. 206.

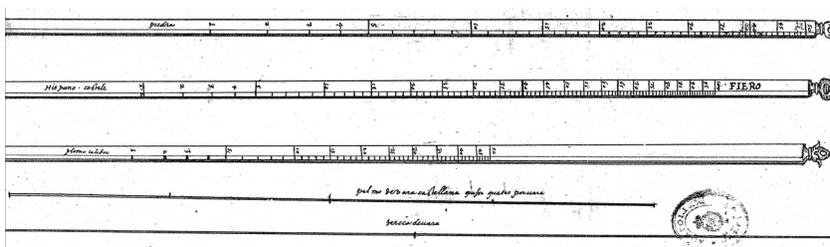


FIG. 55 – Réglettes des calibres de pierre, fer et plomb selon Prado, « La obra manual », Malaga, 1591. Image et document appartenant aux collections de la Bibliothèque Nationale d'Espagne.

La diffusion de l'usage de ces réglettes de calibres avait cependant été accompagné d'inconvénients, comme l'affirmait Luis Collado dans son *Plática Manual* :

Il y a, chez les artilleurs, une grande confusion de *colibres* et réglettes et il en existe une telle variété qu'à peine ai-je vu, durant ma longue carrière, deux *colibres* indiquant la même mesure de poids des boulets. Et le plus drôle, c'est que jusqu'à aujourd'hui, je n'ai pas rencontré un artilleur qui ne prétende pas que son *colibre* est le plus juste et le plus fiable du monde, bien qu'il n'y ait dans sa conception d'autre raisonnement ni mesure que ceux qu'un maître en arts mécaniques, pour gagner quatre *reales*, a sorti de sa tête<sup>266</sup>.

Un tel passage est intéressant à double titre : d'abord parce qu'il met en évidence l'existence d'un véritable marché de ces instruments à destination des artilleurs, ensuite parce qu'il permet de pointer le réel problème de ce *colibre*, à savoir la justesse de ses informations. Or, en parallèle de la mention de cet instrument, une majorité des traités du corpus proposaient des règles de vérification des calibres, qui pouvaient également remplacer temporairement l'instrument en cas de perte.

Il n'y a rien d'étonnant à ce que Tartaglia, en tant qu'inventeur d'une solution générique d'équation du troisième degré, se proposât de résoudre

266 « Grande confusión de colibres, ó reglas se vee entre Artilleros, y tanta variedad se halla que apenas he visto en todo el tiempo que ha que trato en este exercicio, un colibre, que en señalar el peso de las balas fuesse conforme con el otro. Y lo que reyr es que hasta hoy he hallado un Artillero que no diga que su colibre es el más justo y cierto de el mundo, y por ventura en él no se halla otra razón ni otra medida, sino la que un mecánico maestro, por ganar quatro reales, puso de su cabeza », Collado, Luis, *Plática manual de artillería*, op. cit., fol. 69r.

par le calcul ce problème de la relation cubique entre le diamètre d'une sphère et son poids<sup>267</sup>. Toutefois, sans doute conscient des difficultés que ce genre de calculs pouvait poser à certains de ses lecteurs, il fit également représenter dans son livre des segments symbolisant, à l'échelle, les diamètres de boulets en fer de divers poids. Ceux qui ne maîtrisaient pas bien le calcul arithmétique pouvaient ainsi directement vérifier la justesse de leur règle de calibre en comparant, à l'aide d'un compas, les diamètres de Tartaglia et ceux de leur instrument.

Une autre méthode de résolution de ce problème du rapport cubique entre poids et diamètre revenait dans plusieurs traités. On ne la retrouve curieusement que dans des manuscrits, ceux de Diego de Prado<sup>268</sup>, de Julián Ferrofino<sup>269</sup> et de Cristóbal de Rojas<sup>270</sup> ce qui témoigne de l'importante circulation de ce type de savoirs en dehors des circuits des livres imprimés. Cette méthode permettait, à partir du diamètre d'un boulet dont on connaissait le poids, de déterminer le diamètre de n'importe quel autre boulet. Si, par exemple, un artilleur était en possession d'un boulet d'une livre et cherchait à connaître le diamètre d'un boulet de deux livres, alors il pouvait tracer un rectangle dont l'un des côtés (AB) équivalait au diamètre d'une livre et l'autre (BC) au double de ce diamètre, puisqu'il s'agissait de doubler le poids. En traçant les côtés du rectangle et ses diagonales, il obtenait le quatrième sommet, D, et le centre du rectangle, J. Il fallait alors tracer la droite passant par D et coupant les axes verticaux et horizontaux en des points équidistants du centre J. La distance entre le point d'intersection horizontal de cette droite, appelé N sur le schéma, et le côté du rectangle ABCD était le diamètre d'un boulet de deux livres. Par souci de clarté, l'exemple choisi ici est le plus simple, généralement donné en introduction à la méthode : il s'agissait de passer du simple au double. Les manuscrits d'artillerie cherchèrent néanmoins à rendre leur méthode la plus opérationnelle possible. Il était par conséquent envisageable, en faisant varier l'échelle entre le petit côté et le grand côté du rectangle, de trouver le diamètre d'un boulet de cinq livres à partir d'un boulet de deux livres, ou encore celui de neuf livres à partir d'un de seize livres.

267 Tartaglia, Niccolò, *Quesiti*, *op. cit.*, fol. 37r et suiv.

268 Prado, Diego de, « La obra manual y pláctica de artillería », *op. cit.*, fol. 99-104.

269 Ferrofino, Julián, « Descripción y tratado muy breve lo mas probechoso de Artillería », *op. cit.*, fol. 129-131.

270 Rojas, Cristóbal de, « Sumario de la milicia antigua y moderna », *op. cit.*, fol. 93-95.

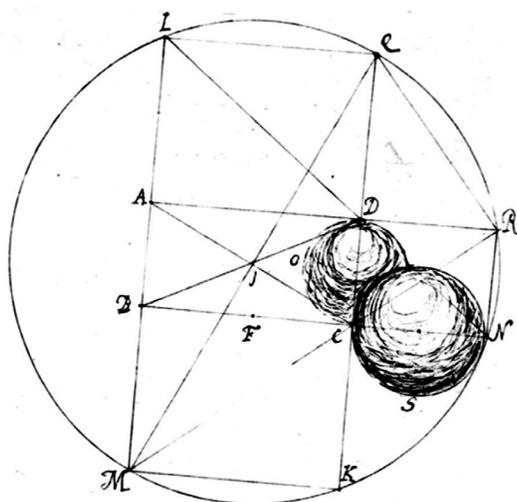


FIG. 56 – Méthode géométrique de duplication du cube par Ferrofino, « Descrizión y tratado muy breve », Madrid, 1599. Image et document appartenant aux collections de la Bibliothèque Nationale d'Espagne.

Ce type de constructions géométriques n'était nullement une nouveauté. Il s'agissait de l'une des manières de résoudre le vieux problème de la duplication du cube posé depuis l'Antiquité grecque. On trouvait exactement la même construction géométrique chez Héron d'Alexandrie (I<sup>er</sup> siècle), dans son *Introduction à la mécanique* et dans ses *Constructions de machines de projection*, repris par Eutocius au V<sup>e</sup> siècle<sup>271</sup>. Cette méthode était également présente dans la *Géométrie* d'Albrecht Dürer imprimée à Nuremberg en 1525<sup>272</sup>. Dans cette œuvre, l'auteur, avant tout célèbre pour ses peintures et gravures, rassemblait une multitude de questions de géométrie pratique accumulées au fil de ses pérégrinations. On pourrait penser que l'innovation des auteurs de traités d'artillerie fut d'appliquer cette solution à la problématique du poids des boulets de canon, mais ce n'est pas le cas. En effet, lorsque Dürer évoquait cette technique graphique de duplication du cube en

271 Eutocius, *Commentaires de la Sphère et du Cylindre d'Archimède*, traduit par Charles Mugler, Paris, Les Belles Lettres, 1972, p. 47.

272 Dürer, Albrecht, *Géométrie* (« *Underweysung der Messung* »), traduit de l'allemand par Jeanne Peiffer, Paris, Éditions du Seuil, 1995.

1525, il faisait déjà explicitement le lien avec une application aux boulets de canons<sup>273</sup>. Cette méthode était donc semble-t-il déjà employée par les artilleurs et fondeurs de Haute Allemagne dès les premières années du xvi<sup>e</sup> siècle. Ce dernier cas révèle toute la complexité de construction de cette science de l'artillerie. Elle s'édifia non seulement à partir de diverses traditions savantes remontant parfois jusqu'à l'Antiquité, mais elle s'établit également par des allers-retours entre ce monde de l'écrit et le milieu des praticiens de l'artillerie.

Le recours à l'écrit favorisa sans aucun doute le phénomène de circulation transnationale de ce type de savoirs techniques. Ce phénomène a déjà été clairement mis en évidence dans le cas des échanges entre les péninsules italienne et ibérique. Ces échanges n'étonnent pas réellement compte tenu de la proximité politique et linguistique entre ces deux territoires. L'hybridation avec des savoirs publiés en allemand à Nuremberg pourrait par contre soulever plus d'interrogations. Il faut toutefois rappeler l'importante circulation des artilleurs et fondeurs allemands au sein des États de la Monarchie hispanique<sup>274</sup>. Bien souvent les groupes d'artilleurs se caractérisaient par une grande mixité culturelle et linguistique favorisant ces échanges transnationaux. Ainsi, une autre technique de duplication du cube de la *Géométrie* de Dürer<sup>275</sup> se retrouve chez Gabriel Busca<sup>276</sup> reprise par Cristóbal Lechuga<sup>277</sup>. Il s'agissait, à partir de la connaissance de deux diamètres de boulets différents, de construire une succession de diamètres dont le poids était un multiple de ces deux premiers boulets. Même si cette technique était moins systématique que la précédente puisqu'elle ne permettait que de calculer des multiples, elle était un signe supplémentaire des nombreux échanges de procédés mathématiques au sein des différents milieux d'artilleurs.

---

273 *Ibid.*, p. 334.

274 Voir p. 255-276.

275 Dürer, Albrecht, *Géométrie*, *op. cit.*, p. 330.

276 Busca, Gabriel, *Instruizione de' bombardieri*, *op. cit.*, p. 24.

277 Lechuga, Cristóbal, *Discurso del Capitán Cristoval Lechuga en que trata de la artillería*, *op. cit.*, p. 152.

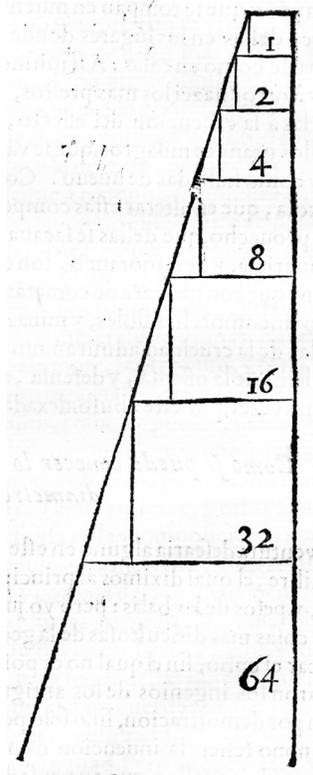


FIG. 57 – Méthode géométrique de duplication du cube par Lechuga, *Discurso...*, Milan, 1611. Document appartenant aux collections de la bibliothèque de l'Académie d'artillerie de Ségovie.

## CONCLUSION

À l'issue de ces développements, il apparaît clairement que, dans le courant du XVI<sup>e</sup> siècle, il se constitua un espace commun de discussion sur les règles permettant de maîtriser l'artillerie. Au sein de cette littérature, les mêmes problèmes récurrents étaient traités tandis que les solutions apportées par les différents auteurs révélaient des reprises, des

traductions, des approfondissements ou des critiques, signes du dynamisme de circulation de ces savoirs sur l'artillerie. Certaines autorités émergèrent au milieu de ces échanges, différentes logiques de légitimation s'esquissèrent, avec toutefois un but commun de formalisation et de systématisation des règles, des techniques et des instruments permettant d'user des pièces d'artillerie et de la poudre noire. En ce sens, tout un champ de savoirs sur l'artillerie était alors en construction, empruntant librement à divers univers et diverses traditions savantes tels que la philosophie naturelle d'Aristote, les mathématiques d'Euclide et de ses commentateurs, la tradition de la géométrie pratique et de l'abaque, ou encore l'expérience empirique.

Encore aujourd'hui le premier grand ouvrage sur l'artillerie, la « Nouvelle Science » de Tartaglia, est suspecté de manquer de lien avec le monde des artilleurs. Le statut de l'auteur, qui était mathématicien et se vantait de n'avoir jamais tiré au canon, mais aussi le contenu de l'œuvre mélangeant mathématiques appliquées et philosophie naturelle, paraissent en effet bien loin du champ de bataille. Pourtant, Tartaglia connut incontestablement une grande diffusion parmi les experts hispanophones de l'artillerie qui tentèrent bien souvent de construire leur autorité et leur légitimité au détriment des siennes. Ainsi, bien qu'ayant émergé hors des milieux militaires, cette nouvelle science de l'artillerie fut en quelque sorte absorbée par des ingénieurs militaires, des capitaines d'artillerie et des maîtres artilleurs intéressés par le projet épistémologique de Tartaglia. Or, ces individus étaient pour la plupart directement impliqués dans les pratiques d'enseignement et d'examen des artilleurs alors en émergence au sein des États de la Monarchie hispanique et avaient bien souvent une longue expérience du champ de bataille. Il semble par conséquent indispensable de soulever pour finir la question du lien entre la construction de cette science de l'artillerie et l'institutionnalisation des systèmes de formation des artilleurs qui eut lieu précisément à la même période.