

La formation mathématique des ingénieurs militaires en Espagne au XIX^e siècle

Mathematical Training of Spanish Military Engineers in the 19th Century

Maria Ángeles Velamazán
Université de Saragosse (Espagne)
mavelama@unizar.es

Elena Ausejo
Université de Saragosse (Espagne)
ichs@unizar.es

Cet article vise à montrer comment l'École polytechnique et l'École d'application de l'artillerie et du génie de Metz ont influencé l'Académie d'ingénieurs militaires de Madrid en tant que modèles inspirant des plans d'études et manuels mathématiques tout au long du XIX^e siècle. Concernant les manuels, les premières traductions espagnoles des œuvres de Monge et de Lacroix ont marqué une tendance qui a entraîné d'autres traductions, appropriations et œuvres originales sur la base d'une sélection rigoureuse de différentes sources françaises. Quant aux plans d'études, l'intérêt d'élever le niveau mathématique des ingénieurs militaires apparaît clairement en 1816 et se développe entre 1839 et 1870, lorsque l'estime des ingénieurs militaires espagnols envers les écoles françaises susmentionnées en tant que modèles à suivre est documentée.

This article studies how French military engineering academies, particularly the École Polytechnique and the École d'Application de l'Artillerie et du Génie in Metz, served as influential models for the Spanish Army Engineering Academy's course syllabi and textbooks on mathematical sciences. The authors show how the

academy developed its own textbooks largely from Spanish translations of works by Monge and Lacroix, which led to further translations, appropriations and various original works based on other highly selected French sources. In terms of the design of course syllabi, the academy's 1816 syllabus reflects a clear interest in increasing mathematical expertise of Spanish military engineers, which was further developed between 1839 and 1870 when there is evidence that the above-mentioned French academies were held in particularly high regard.

Ce travail est partiellement financé par le Groupe de Recherche d'histoire intellectuelle et institutionnelle (H26_17R) de l'université de Saragosse (Espagne).

1 Introduction

Depuis 1720, l'Académie royale militaire de mathématiques de Barcelone a assuré la formation des ingénieurs militaires en Espagne [Capel, Sánchez *et al.* 1988]. En 1803, elle a été remplacée par une nouvelle Académie spécifiquement établie pour les ingénieurs militaires à Alcalá de Henares, tout près de Madrid. Les caractéristiques générales de son organisation étaient les suivantes :

Le personnel, dépendant du ministère de la Guerre, était constitué d'un directeur (brigadier ou colonel du corps), d'un directeur d'études (colonel), d'un secrétaire (lieutenant-colonel ou commandant du corps), de personnel enseignant, habituellement commandants ou capitaines, d'assistants enseignants, généralement de capitaines ou lieutenants, d'un médecin, d'un aumônier, d'huissiers et de personnel auxiliaire.

L'âge minimum d'accès variait entre 14 et 16 ans et l'admission était généralement restreinte aux élèves du milieu militaire et de la noblesse jusqu'en 1839. Cependant, tous les candidats devaient passer un examen d'admission comportant des contenus mathématiques. La durée des études variait entre trois et six ans. Pendant la durée des cours, on effectuait des examens tous les deux ou cinq mois, plus un examen final (dans certaines périodes, un examen à la fin de toutes les années d'études). Le dossier académique déterminait l'ordre d'accès au corps du génie militaire, généralement avec le grade de lieutenant.

Les plans d'études à l'Académie pendant le XIX^e siècle ont été les suivants : *Plan d'études de 1803*; après la Guerre d'indépendance

espagnole (1808-1814) *Plan d'études de 1816*; après le Triennat libéral (1820- 1823) une combinaison des deux plans précédents ; à la mort de Ferdinand VII (1833) *Plan d'études de 1839*; pendant le Sexennat Démocratique (1868- 1874) *Plan d'études de 1870*; et après la Restauration bourbonienne (1874) trois plans d'études, décrétés en 1875, 1882 et 1893.

Cet article analyse, en trois étapes, la formation mathématique des ingénieurs militaires en Espagne, à Madrid, dans une perspective transnationale, qui montre l'ascendant des institutions françaises comme modèle inspirant la configuration des plans d'études et la production de manuels, surtout pendant les deux premiers tiers du XIX^e siècle. Au cours d'une première étape d'instabilité politique (1803-1833), la modernisation de la formation des ingénieurs introduit de nouvelles disciplines mathématiques. Pendant la deuxième étape (1833-1870), un seul plan d'études est conçu, appliqué et développé pendant trente ans en vue d'assimiler la formation des ingénieurs militaires en Espagne à celle des ingénieurs militaires français. Dans la troisième étape (1870-1899) la continuité de la tendance francophone est évidente dans les manuels recommandés pour préparer l'examen d'admission et dans les disciplines mathématiques appliquées.

2 Première étape (1803-1833)

L'Académie d'ingénieurs a été établie sous le nom d'*École théorique pour l'instruction des sous-lieutenants* à Alcalà de Henares. L'accès était réservé aux officiers militaires et cadets qui, après avoir passé l'examen d'admission, recevaient le grade de sous-lieutenant du corps du génie et poursuivaient leurs études pendant trois ans. L'importance donnée aux mathématiques dans l'enseignement des futurs ingénieurs est reflétée dans l'article 14 de l'Instruction préliminaire pour l'Académie du corps royal du génie du 18 août 1803¹ :

Les Professeurs feront comprendre à leurs élèves combien il faut à tout ingénieur de s'assurer dans les principes des Mathématiques afin d'atteindre les objectifs que l'on se doit d'espérer par cette utile institution. [notre traduction]

¹ « Los Profesores harán entender a sus alumnos cuán preciso es a todo ingeniero asegurarse en los principios de la Matemática para conseguir los fines que deben esperarse de este útil establecimiento» [EHCIE 1911, II, 27–31].

Le premier semestre d'études était consacré à revoir et consolider les connaissances de base nécessaires au futur ingénieur d'après les traités de Simson – très probablement la traduction espagnole de son édition des *Éléments* [Simson 1774], [Navarro-Loidi 2011, 323–327]. Ensuite on étudiait l'algèbre et le calcul infinitésimal – celui-ci d'après le *Cours* de Pedro Padilla [Padilla 1753-1756], qui traitait de l'algèbre dans son troisième volume et du calcul infinitésimal dans le cinquième traité de son quatrième volume. La trigonométrie sphérique était abordée en troisième année d'études. On remarquera en particulier la présence de la géométrie descriptive – avec le dessin d'imitation et les projets de travaux civils et militaires [EHCIE 1911, II, 26] – dans la classe de dessin de deux heures par semaine pendant chacune des trois années. L'enseignement de la géométrie descriptive montre une évidente influence polytechnicienne tout à fait précoce, car la traduction espagnole de la géométrie descriptive de Monge venait de paraître [Monge 1803]. Cet ouvrage avait été traduit en espagnol pour la formation des ingénieurs des ponts et chaussées ; les œuvres de Simson et Padilla ont été publiées à l'usage de deux éphémères écoles militaires espagnoles – l'École militaire de Ávila (1774-1780) et l'Académie de Gardes de Corps (Madrid, 1750-1761)². L'Académie a établi une commission chargée de rédiger en espagnol les manuels nécessaires pour l'enseignement. Ces travaux ont été interrompus par la fermeture de l'Académie le 24 mai 1808, au début de la Guerre d'indépendance espagnole. Ce n'est qu'après trois tentatives infructueuses que l'Académie a été rétablie à Cadix – le seul territoire espagnol qui n'a jamais été occupé par l'armée napoléonienne. Les examens d'admission ont eu lieu à la fin de 1811 et l'enseignement a été repris au début de 1812. Le besoin urgent de former des officiers capables de rejoindre la guerre immédiatement après l'obtention de leur diplôme détermina la création d'un plan d'études abrégé du point de vue mathématique – arithmétique, algèbre, géométrie spéculative et géométrie pratique – soutenu par des manuels écrits par des auteurs civils espagnols [Verdejo 1794-1802], [García 1801], [Bails 1795-1799]³. À cause de ce besoin urgent d'officiers, un décret du 17 août 1811 des Cortes de Cadix supprima les

² En fait, les efforts pour produire des manuels de mathématiques en espagnol à l'usage des institutions d'enseignement supérieur remontent à la seconde moitié du dix-huitième siècle [Ausejo & Medrano Sánchez 2015, 156–166].

³ Sur les influences étrangères dans l'œuvre de Bails voir [Ausejo & Medrano Sánchez 2015, 160–166].

restrictions de classe pour l'admission à l'Académie, ce qui ouvrit les portes de la carrière militaire aux jeunes de la bourgeoisie libérale jusqu'à la fin de la guerre. À peine trois mois après son retour en Espagne le 22 mars 1814, le roi Ferdinand VII abrogea ce décret afin de renverser les changements que la guerre avait opérés dans l'armée en termes de formation et d'origine de ses officiers : ceux qui avaient débuté leur carrière avant l'invasion française et étaient vite montés en grade selon leur mérite de guerre, étaient partisans d'un libéralisme non radicalisé. Les prisonniers déportés en France étaient imprégnés des nouveaux courants idéologiques et étaient proches des positions libérales radicales ; enfin, les guerilleros, des civils qui avaient atteint des positions élevées par leurs actions pendant la guerre, étaient généralement opposés à l'absolutisme [Casado Burbano 1982, 90]. Dans ce contexte, les ingénieurs militaires faisaient partie des milieux libéraux sous la direction de l'Ingénieur général Joaquín Blake (1815–1820), qui nomma Luis María Balanzat (1775–1843) directeur d'études de l'Académie d'ingénieurs – rétablie à Alcalá de Henares en 1814.

Le nouveau plan d'études, en quatre ans, facilita une progression plus graduelle des connaissances scientifiques : la première année était intégralement consacrée aux mathématiques (arithmétique, algèbre élémentaire, géométrie, triangles sphériques et trigonométrie rectiligne avec leurs applications, géométrie analytique et analyse géométrique, algèbre transcendante), la seconde année à la physique⁴.

En l'absence d'information sur les manuels recommandés, le Règlement spécifiait les contenus des matières mathématiques, en particulier : la géométrie analytique et l'analyse géométrique qui comprenaient la résolution algébrique des problèmes géométriques, la construction géométrique de formules algébriques, les courbes de second degré (y compris les coniques) et l'analyse en trois dimensions avec trigonométrie sphérique.

En algèbre transcendante, on démontrait et appliquait le binôme de Newton à la formation des puissances et l'extraction de racines ; on expliquait la théorie générale des équations et tout ce qui menait à la résolution de celles de troisième et quatrième degré ; et on complétait ces études avec les fonctions symétriques, les fractions continues et les séries.

⁴ *Reglamento adicional a la Ordenanza del Real cuerpo de Ingenieros para el establecimiento militar de Alcalá de Henares* du 30 novembre 1816 [Martín de Balmaseda 1819, 218–239].

Quant au calcul infinitésimal, on expliquait les règles de différentiation et d'intégration des fonctions d'une ou plusieurs variables ainsi que leurs applications analytiques et géométriques. En outre, le règlement spécifiait que cette matière devait être abordée « par la méthode des limites généralement adoptée par les plus notables auteurs modernes, sans se passer complètement de la méthode infinitésimale ou des infiniment petits employée avec succès dans les sciences physico-mathématiques » [Martín de Balmaseda 1819, 222]. Cette référence méthodologique montre comment les ingénieurs militaires espagnols tenaient compte des nouvelles tendances en analyse au nord des Pyrénées.

Également remarquable est la reconnaissance que la géométrie descriptive a atteint dans le cours de dessin en tant que discipline qui apprenait à représenter les objets tridimensionnels sur une surface plane et à déduire les propriétés des corps à partir de leur description exacte, alors que le domaine du dessin d'imitation restait réduit à copier la nature sur place avec ses accidents. Ainsi donc, deux professeurs ont été préposés au cours de dessin, l'un pour le dessin d'imitation et l'autre pour la géométrie descriptive. Ceci permettait l'étude de la géométrie descriptive en relation avec la géométrie analytique en première année ; avec la mécanique – appliquée à la description de machines – en deuxième année ; et appliquée à la fortification, la géographie, la cartographie, la coupe de pierres, l'architecture et la construction de ponts et chaussées pendant les deux dernières années [Martín de Balmaseda 1819, 224–225].

Le professeur de géométrie descriptive était le colonel Mariano Zorraquín (1785–1823), ingénieur militaire, un prisonnier de guerre déporté en France qui, à son retour en Espagne en 1814, fut affecté à l'Académie d'ingénieurs, où il conçut ce plan d'études avec le directeur d'études Balanzat.

D'après Zorraquín, la longue enfance de la géométrie avait touché à sa fin avec l'application de l'algèbre [Zorraquín 1819, 2], la puissance de la géométrie analytique était nécessaire en géométrie supérieure. Pourtant, il reconnaissait aussi le rôle de la géométrie descriptive dans la formation des ingénieurs, non seulement grâce aux applications développées par Monge et ses collègues polytechniciens, mais aussi en tant que méthode de développement de la représentation visuelle sans formation préalable en mathématiques. Il proposait donc la présentation combinée des géométries analytique et descriptive, car elles étaient connectées : l'analytique s'occupait de l'écriture symbolique et de l'expression algébrique de la géométrie, la descriptive de la traduction et de la représentation graphique. Leur enseignement devait montrer

clairement la correspondance réciproque entre les opérations analytiques et les opérations spatiales, comme Monge le souhaitait [Zorraquín 1819, X-XIII, 88-89], [Monge 1803, 11]. Ceci a été le but principal de sa *Geometría Analítica-Descriptiva* [Zorraquín 1819], qui est devenue le manuel officiel à l'Académie après une évaluation interne sur l'originalité du livre, la qualité et la modernité de ses sources, et l'intégration pratique des méthodes descriptives dans la géométrie analytique [Zorraquín 1819, XV-XIX]. En fait, Zorraquín a reconnu avoir pris le contenu essentiel des œuvres de Monge, Lacroix, Biot, Puissant, Hachette, Garnier et Boucharlat [Zorraquín 1819, IX], bien que seulement Monge, Lacroix et Hachette aient été plus précisément mentionnés dans le livre [Zorraquín 1819, X, XII, 145, 347, 382, 420, 440, 463], avec Lagrange et Laplace [Zorraquín 1819, 139, 142, 156, 158]. Il a également fait référence à des articles publiés dans la *Correspondance sur l'École polytechnique*, à savoir [Bourdon 1811], [Petit 1812] et [Poisson 1807] [Zorraquín 1819, 420, 423, 445].

Zorraquín rejetait la perspective géométrique pour la représentation, puisque les grandeurs n'étaient pas préservées [Zorraquín 1819, 84-85]. Alternativement, la géométrie descriptive fournissait les règles pour la représentation bidimensionnelle des objets spatiaux – dont les propriétés pouvaient être déduites de cette représentation exacte – et montrait la signification des expressions analytiques. En ce sens, les géométries descriptive et analytique étaient une science unique : tout système et tout mouvement de points, de lignes et de surfaces dans l'espace pouvaient être exprimés par des opérations analytiques, dont les résultats représentaient les objets générés. Réciproquement, toute opération analytique de trois variables exprimait une combinaison dans l'espace. Par conséquent, le livre de Zorraquín visait à développer les capacités d'écrire l'expression analytique de toute combinaison ou mouvement dans l'espace et à représenter facilement les systèmes exprimés par des expressions analytiques [Zorraquín 1819, 87-89], [Monge 1803, 50].

Le livre commence avec la géométrie analytique. Sa première partie, intitulée *Analyse déterminée*, traite des constructions et problèmes à l'aide des équations du premier et du second degré en un seul chapitre. Le signe des quantités en géométrie analytique se trouve à la fin de cette partie, où Zorraquín cite la *Géométrie de position* de Carnot, afin d'introduire ses idées sur les systèmes corrélatifs pour une meilleure compréhension et représentation de la signification géométrique des racines des équations [Zorraquín 1819, 26-27, 46-48], [Carnot 1803, 20-21, 46-47, 53-54],

[Velamazán 1993, 592–594]. La deuxième partie du livre, intitulée *Analyse indéterminée*, est consacrée à la géométrie cartésienne en quatre chapitres. La géométrie descriptive se trouve à la fin du premier chapitre – sur les équations du premier degré en deux variables – afin de traiter les points et les lignes droites dans l'espace. Elle est utilisée pour travailler avec des lignes droites dans l'espace à l'aide des équations des lignes droites résultantes dans les plans de projection⁵, mais une analyse descriptive est aussi souvent appliquée directement à la discussion des solutions analytiques dans les plans de projection afin de résoudre le problème dans l'espace [Zorraquín 1819, 95–96]. Tous les chapitres, sauf le cinquième, comportent quelques problèmes – neuf dans le premier chapitre et dans le deuxième, quatre dans le troisième et dix dans le quatrième. Cependant, on ne trouve pas d'exemples pratiques d'application de la géométrie descriptive, car Zorraquín avait l'intention de publier dans un volume séparé la collection de constructions détaillées et d'exemples de problèmes qu'il utilisait dans l'enseignement [Zorraquín 1819, XIII]. Ce volume n'a jamais été publié, puisque Zorraquín a été élu député pendant le Triennat libéral (1820-1823) et il est décédé le 27 avril 1823. Il combattait alors l'armée française mobilisée par le roi Bourbon de France, Louis XVIII, pour rétablir le roi Ferdinand VII d'Espagne au pouvoir qui en avait été chassé pendant le Triennat libéral. Malgré cela, l'influence de Zorraquín lui a survécu, car il a été remplacé par le capitaine José García Otero (1794-1856) – son assistant à l'Académie et l'auteur des figures des livres publiés ou non de Zorraquín [Zorraquín 1819, IX, XIII] – jusqu'à la fermeture par le roi de toutes les écoles militaires en 1823.

Toujours sous l'influence française, en 1820, l'Académie adopta les méthodes des tableaux noirs et des répétitions pratiquées à l'École polytechnique [EHCIE 1911, II, 101–105]. D'une part, avant le cours, on écrivait sur le tableau noir de la salle de classe, de manière ordonnée, les équations, les formules, les calculs et les figures nécessaires pour expliquer aux élèves les divers dispositifs, machines et constructions. De l'autre, on interrogeait régulièrement les étudiants pour récapituler, consolider l'apprentissage, et évaluer leur rendement académique.

Une singularité du *Plan d'études de 1816* était l'établissement des *études sublimes* visant à augmenter le niveau scientifique des

⁵ Pour un exemple détaillé de la façon dont Zorraquín a combiné les géométries analytique et descriptive, y compris l'analyse de la façon dont les résultats de Monge ont été utilisés, voir [Velamazán 1993, 596–602], [Zorraquín 1819, 96–103], [Monge 1803, 20].

ingénieurs, à mettre à jour leurs connaissances et à favoriser la recherche⁶ :

[...] j'ai décidé que ceux qui ont excellé parmi les autres et manifesté une grande aptitude et un désir déterminé de se consacrer aux sciences, restent à l'Académie après avoir terminé le cours pour se consacrer entièrement et exclusivement à l'étude approfondie des parties de la profession selon leur goût et leur disposition naturelle. [...] Ces jeunes, que l'État et le Corps doivent regarder comme le germe d'une société capable de faire concurrence aux instituts les plus célèbres d'autres nations, seront orientés vers les principes de l'étude des œuvres qui contiennent l'exposition la plus sublime de la science à laquelle ils se consacrent, et à cette fin ils recevront tous les livres et les ressources dont ils auront besoin. Périodiquement, ils devront présenter, sur des sujets de leur choix, des mémoires qui seront lus en public afin qu'ils s'habituent sans s'en apercevoir à l'écriture et à mettre en lumière le fruit de leurs recherches profondes. [Martín de Balmaseda 1819, 218, notre traduction]

La mise en œuvre de ces études en deux ans est confirmée dans le dossier de Fernando García San Pedro (1796-1854), un étudiant de l'Académie entre 1815 et 1819 qui, grâce à ses excellentes notes,

⁶ *Reglamento adicional a la Ordenanza del Real cuerpo de Ingenieros para el establecimiento militar de Alcalá de Henares* du 30 novembre 1816, articles 28 et 29 [Martín de Balmaseda 1819, 218] : « [...] he resuelto que aquellos que hayan sobresalido entre los demás, y manifestado mucha aptitud y un deseo decidido de consagrarse a las ciencias, permanezcan en la Academia después de terminado el curso para dedicarse entera y exclusivamente al estudio profundo de aquellas partes de la profesión a que les lleve su gusto y natural disposición. [...] A estos jóvenes, en quienes el Estado y el cuerpo deben ver el germen de una sociedad que pueda competir con los más célebres institutos de otras naciones, se les dirigirá a los principios en el estudio de las obras que contengan la exposición más sublime de la ciencia a que se dediquen, a cuyo fin se les facilitarán todos los libros y recursos que necesiten. A épocas determinadas deberán presentar, sobre asuntos dejados a su elección, memorias que se leerán en público para que insensiblemente vayan acostumbrándose a escribir y a sacar a luz el fruto de sus profundas investigaciones.»

resta au centre de 1820 à 1821 pour étudier la partie « sublime » des sciences exactes et militaires – il publia un mémoire sur la géométrie analytique pour l'enseignement qui introduit la géométrie cinématique en Espagne [García San Pedro 1821]⁷. En 1821 il fut nommé assistant enseignant.

La brillante carrière de García San Pedro fut interrompue en avril 1823 par l'invasion française des *Cent Mille Fils de Saint Louis* afin de restaurer l'absolutisme en Espagne⁸. Le 27 septembre Ferdinand VII ordonna la fermeture de tous les centres d'enseignement militaire et, cinq jours plus tard, il décida de dissoudre l'armée espagnole, dont il se méfiait [Busquets 1967, 20]. García San Pedro, rangé du côté constitutionnaliste jusqu'à la capitulation, puis définitivement congédié, fut réadmis le 24 août 1824 à condition de subir un procès de « purification » politique qui dura deux ans.

Le 1er juin 1825 un nouveau Collège royal militaire général fut ouvert à l'Alcazar de Ségovie, près de Madrid, en tant qu'unique institution pour la formation de l'infanterie, l'artillerie, la cavalerie et les ingénieurs militaires. García San Pedro y fut engagé comme professeur ; l'influence des traductions de livres français en mathématiques y a été toujours présente : l'on suivit Monge pour la géométrie descriptive [Monge 1803], Zorraquín pour la géométrie analytique [Zorraquín 1819]⁹, Francœur pour la mécanique [Francœur 1803] et Lacroix pour l'arithmétique, l'algèbre, la géométrie spéculative, la trigonométrie et le calcul différentiel et intégral [Lacroix 1807-1808]¹⁰.

L'Académie d'ingénieurs réussit à se séparer du Collège par ordre royal du 20 août 1826. Elle s'installa à Madrid avec un plan d'études de quatre années – les deux premières à l'Académie, les deux dernières au régiment. Les étudiants qui avaient commencé leurs études à Alcalá pendant le Triennat libéral et avaient été réhabilités par un procès de « purification » politique furent réadmis. García San Pedro publia son premier manuel pour l'Académie [García San Pedro 1828], un traité de calcul

⁷ Sur ce mémoire voir [Velamazán 1993, 603–605]. Sur la géométrie cinématique voir [Bkouche 1990].

⁸ Après le Triennat libéral (1820-1823).

⁹ Le livre de Zorraquín fut également officiellement recommandé à l'École d'architecture et aux facultés des sciences dans les années 1850 et 1860.

¹⁰ *Reglamento para el Real Colegio General Militar que por ahora se establece en el Real Alcázar de Segovia*, Madrid : Imprenta Real, 1824, 69.

infinitésimal d'inspiration lagrangienne contenant des réflexions intéressantes au sujet des fondements¹¹. Mais la reprise de l'inspiration polytechnicienne de l'Académie demandait des changements plus profonds, qui n'ont été possibles qu'à la mort de Ferdinand VII en 1833, quand l'Académie s'installa définitivement à Guadalajara près de Madrid.

3 Deuxième étape (1833-1870)

En 1833, García San Pedro rédigea une proposition de réforme du fonctionnement de l'Académie qui fut évaluée par deux officiers du Corps – Bartolomé Amat (1786-1850) et Celestino del Piélago (1792-1880). Cette proposition, ainsi que les rapports d'évaluation, furent les documents de base du projet de règlement qu'un conseil de professeurs de l'Académie – García San Pedro, Celestino del Piélago et Francisco Martín del Hierro – rédigea en 1835 par ordre du nouvel ingénieur général, Luis María Balanzat. Le 1er juillet 1835 Balanzat mit en place ce projet de règlement à titre provisoire. En outre, les décrets royaux des 21 et 27 septembre 1836 remplacèrent les preuves de noblesse par celles de propriété de sang¹² et de légitimité pour intégrer l'Armée. En 1838, García San Pedro fut chargé de visiter les principaux centres de formation militaire en France et en Belgique. Sur la base de ses observations, il rédigea un *Mémoire* [García San Pedro 1839], où, après la description du fonctionnement et l'enseignement à l'École polytechnique, l'École d'application de Metz, l'École d'application du Corps royal de l'État-major [1818] et l'École militaire de Bruxelles [1834], il présentait un examen comparatif et proposait des améliorations à introduire dans l'Académie espagnole.

Dans ce document, García San Pedro expliquait en détail les plans d'études de l'École polytechnique et de l'École d'application de Metz, qu'on a résumés dans les tableaux 1 et 2 ci-dessous.

Table 1 : École polytechnique : Examen d'admission et plan d'études

¹¹ Pour une étude de cette œuvre voir [Velamazán & Ausejo 1993, 328–366], [Velamazán 2000]. Le livre de García San Pedro [García San Pedro 1828] fut également officiellement recommandé à l'École d'architecture et aux facultés des sciences dans les années 1850 et 1860.

¹² Informations fournies pour montrer qu'on était un « vieux chrétien » [Fernández Bastarache 1978, 106].

École polytechnique	
Examen d'admission	<ul style="list-style-type: none"> • Arithmétique, avec la théorie des proportions, des logarithmes et du système métrique • Géométrie élémentaire, avec les principales propriétés des triangles sphériques • Algèbre, avec la composition générale et l'analyse des équations d'un degré quelconque, la théorie de l'élimination des inconnues et celle des exposants fractionnaires et des exponentielles • Trigonométrie rectiligne • Statique, avec la théorie de l'équilibre du levier, la poulie, le plan incliné, le filetage, le coin et le tour, et la détermination du centre de gravité de certains corps géométriques • Théorie des droites représentées par les équations du premier et second degré à deux inconnues • Méthodes de construction à la règle et au compas appliquées à la résolution de problèmes de géométrie élémentaire et descriptive • Dessin naturel • Traduction du latin et exercices de composition écrite en français
Plan d'études	
Plan d'études (2 années)	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse algébrique ou calcul différentiel et intégral • Mécanique rationnelle • Géométrie descriptive • Applications de la géométrie descriptive à la perspective linéaire, aux ombres, à la coupe des bois et au lever de plans • Application de l'analyse algébrique à la géométrie en trois dimensions • Application de la mécanique rationnelle à la théorie des machines • Astronomie et géodésie

	<ul style="list-style-type: none"> • Calcul des probabilités et arithmétique sociale • Physique • Chimie • Architecture • Rhétorique • Allemand • Topographie • Dessin de paysage
--	---

Après ces études, les futurs officiers poursuivaient leur formation pendant deux années à l'École d'application de Metz, où les étudiants suivaient des cours spécifiques dont le niveau d'exigence variait selon leur orientation vers le génie ou l'artillerie.

Table 2 : Plan d'études de l'École d'application de Metz

Plan d'études de l'École d'application de Metz (2 années)	
Cours de physique appliquée aux arts militaires	Géologie, métallurgie du fer, fabrication des projectiles, armes, bouches à feu, poudre à canon, mortiers et bitumes.
Cours d'artillerie <i>Les élèves ingénieurs n'étaient pas obligés de faire les travaux d'application de ce cours</i>	Description, emploi et service de l'artillerie, projectiles, effets de la poudre à canon, balistique, mouvements des projectiles, construction des ajustements, tir, rouage, description de matériaux, outillage (construction, utilisation et stockage).
Cours de fortification permanente, attaque et défense	Fortification existante ; principes de fortification en terrain horizontal et varié ; mines ; attaque et défense. <i>Travaux d'application pour les élèves ingénieurs : projet complet de fortification appliquée à un terrain et projet d'amélioration d'une fortification existante déterminée.</i>
Cours d'art militaire, stratégie et fortification de campagne	Leçons et travaux de projets de fortification et passagère.
Cours de mécanique appliquée aux machines	Leçons et exercices d'application concernant le calcul et la composition de certaines machines
Cours de topographie théorique et pratique	Leçons et exercices où les élèves levaient des plans de bâtiments et terrains.

Cours de géodésie	Seulement des leçons.
Cours d'architecture militaire	Leçons sur constructions civiles et hydrauliques. <i>Travaux d'application : projets de bâtiments.</i>
Allemand et équitation	

D'après García San Pedro, le projet de nouveau règlement mis en pratique en 1835 ramenait la formation des ingénieurs en Espagne au niveau français. Cependant, il proposa cinq recommandations pour améliorer le fonctionnement de l'Académie espagnole afin de la rendre conforme au modèle des établissements français précités :

1. Exigence de rigueur dans l'examen d'admission à l'Académie, afin que le déficit de formation de base ne retarde pas l'enseignement programmé.
2. Cantonnement des élèves, en tant que moyen le plus approprié d'éducation et de pratique militaire.
3. Travaux d'application des théories expliquées dans tous les cours.
4. Évaluation quotidienne de ces travaux, afin de montrer aux étudiants, pour leur encouragement constant, que leurs notes auraient une influence à la fin du cursus et, par conséquent, sur leur avenir.
5. Préparation anticipée de la programmation de l'année académique suivante, y compris le détail des leçons, exercices et travaux, afin d'organiser l'enseignement et de relier toutes les disciplines.

L'ingénieur général Balanzat remit ce *Mémoire* [García San Pedro 1839] au ministre de la Guerre, avec une communication¹³ où il insistait toujours sur l'approbation du projet de règlement de l'Académie, qui eut lieu le 1er octobre 1839.

Ce plan d'études, qui intégrait certainement les recommandations de García San Pedro, améliorait et modernisait de manière substantielle et efficace la formation scientifique et technique des ingénieurs militaires espagnols à différents égards.

Tout d'abord, on élimina les barrières sociales pour accéder à l'Académie tout en élevant le niveau de connaissances requises à l'examen d'admission : au contenu mathématique – qu'il fallait

¹³ *Oficio del Ingeniero General Luis María Balanzat al Secretario del Despacho de la Guerra*, Madrid, 18 mars 1839, Archivo General Militar, Sección 1ª, Legajo G- 925 (Documentación de Fernando García San Pedro).

dépasser avec mention assez bien –, on ajouta des contenus en sciences humaines et en langue moderne ou latin.

Quant au plan d'études¹⁴, on augmenta le nombre de disciplines à enseigner quotidiennement, en donnant plus de place aux matières scientifiques et techniques (physique, chimie, géologie, perspective aérienne, machines) et aux nouveaux sujets (i.e., la nouvelle physique comprenait la lumière, l'électricité et le magnétisme). Le contenu des cours d'exercices pratiques était détaillé pour chacune des quatre années académiques.

En ce qui concerne les mathématiques, la géométrie descriptive devint indépendante du dessin. Aussi, on introduisit comme nouvelles matières la théorie des ombres, la coupe des pierres et la coupe des bois – très probablement d'après le cours polytechnicien ci-dessus (Tableau 1) sur les applications de la géométrie descriptive à la perspective linéaire, aux ombres, à la coupe des bois et au lever de plans. Un atelier d'ébénisterie pour la construction de modèles et gabarits fut installé. García San Pedro introduisit la géométrie différentielle en Espagne avec ses *Principes de géométrie analytique élémentaire* [García San Pedro 1840a], un manuel basé sur l'*Application de l'analyse à la géométrie* de Monge [Monge 1809]¹⁵ ; il remplaça aussi la mécanique élémentaire de Francœur [Francœur 1803] par son *Traité complet sur la mécanique* [García San Pedro 1840b].

Une *Commission d'enquêtes militaires à l'étranger* fut instituée pour se tenir au courant des progrès en matière de fortification et défense. García San Pedro, en tant que président de cette commission, voyagea en France, Belgique, Prusse, Autriche, Bavière, Allemagne, Sardaigne, Rome et Naples pendant les années 1844-1845 et écrivit des rapports sur les fortifications et la défense [García San Pedro 1846, 1848]. Pour ce qui est des écoles militaires, les rapports du lieutenant-colonel Celestino del Piélago [Piélago 1847] et du commandant Francisco José de Albear y Lara (1816-1887) [Albear 1848] soulignaient la difficulté d'atteindre le niveau de l'École polytechnique, de l'École d'application de Metz et de l'École militaire de Bruxelles, où le bagage scientifique et technique des élèves admis surpassait considérablement celui des élèves espagnols. Les difficultés de ces derniers avec le calcul infinitésimal obligea l'Académie à remplacer, après le départ à la retraite de García San Pedro, son cours de géométrie différentielle

¹⁴ *Reglamento para la Academia Especial del Arma de Ingenieros*, Madrid : Imprenta Nacional, 1839, 39–52.

¹⁵ Pour une étude de [García San Pedro 1840a] voir [Velamazán 1993, 603–608].

[García San Pedro 1840a] par une version abrégée de la géométrie analytique de Zorraquín [Díaz 1852] ; ceci permettait d'enseigner la géométrie analytique avant le cours du calcul infinitésimal, où l'on a intégré, parmi les applications, la géométrie différentielle de García San Pedro [Velamazán 1993, 609–611].

Concernant les mathématiques, le capitaine Ángel Rodríguez Arroquía (1820-1902), ingénieur militaire et professeur à l'Académie (1843-1854), fut mandaté en 1846 pour analyser l'enseignement du dessin topographique en France, en Belgique et en Allemagne. Il devint professeur de dessin à l'Académie en 1848 et publia le premier manuel en espagnol de *plans cotés*. Cet ouvrage en trois parties comportait une centaine de pages et était conçu comme un complément à la géométrie descriptive pour traiter des surfaces irrégulières dans la pratique de la topographie et la fortification. L'introduction présentait une discussion précise et équilibrée des avantages pratiques à se passer de la représentation graphique de la projection verticale en utilisant un seul plan de projection (l'horizontal) avec la valeur numérique de la ligne de projection horizontale [Rodríguez Arroquía 1850, 5–8]. Le contenu était principalement présenté avec des exemples ou expliqué à travers des problèmes. Une nouvelle édition de ce manuel fut publiée par l'Académie [Rodríguez Arroquía 1865] et utilisée jusqu'à la fin du siècle.

Dans la seconde moitié du XIX^e siècle, la production mathématique des ingénieurs militaires espagnols se trouve de préférence dans le domaine des disciplines appliquées, telles que la topographie et la géodésie (Andrés Cayuela, Rafael Clavijo, Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero).

4 Fin de siècle (1870-1899)

Le *Reglamento para la Academia Especial del Cuerpo de Ingenieros* du 8 août 1870 établit l'accréditation des études secondaires comme condition d'admission à l'Académie, reliant ainsi la formation des ingénieurs militaires à l'enseignement civil. En termes de formation mathématique, le nouveau règlement montre une tendance pratique et appliquée à la fois dans l'examen d'entrée (géométrie descriptive avec ses applications aux ombres et perspective, topographie, mécanique rationnelle) et dans le plan d'études.

La Restauration bourbonnienne en Espagne (1874) rétablit en 1875 le *Plan d'études de 1839*, ainsi que les récompenses et les primes

accordées au travail académique des enseignants¹⁶, un système qui encourageait la rédaction de manuels par sa reconnaissance comme activité méritoire.

Pour l'examen d'admission, les ingénieurs militaires recommandaient des œuvres également utilisées dans l'enseignement secondaire, principalement des traductions d'auteurs français. Le *Curso completo elemental de Matemáticas puras* de Lacroix [Lacroix 1807-1808] et les *Elementos de geometría* de Legendre [Legendre 1807], utilisés depuis 1824, n'ont pas dépassé les années 1860. L'auteur clé pendant les années 1860 et 1870 fut Cirodde, avec 37 réimpressions de ses *Lecciones de Aritmética* [Cirodde 1857a], 28 réimpressions de ses *Lecciones de Álgebra* [Cirodde 1857b]¹⁷, 22 réimpressions de ses *Lecciones de Geometría con unas nociones de la descriptiva* [Cirodde 1857c] et 20 réimpressions de ses *Elementos de Geometría rectilínea y esférica* [Cirodde 1860]. On utilisait aussi les *Elementos de Aritmética* [Bourdon 1843] et les *Éléments d'algèbre* [Gómez Santa María 1848, vol. 2] de Bourdon¹⁸. Dans le dernier quart du XIX^e siècle on utilisait le *Tratado de Geometría elemental* de Rouché et Comberousse [Rouché & Comberousse 1878-1879].

Parmi les manuels recommandés pour les matières du plan d'études, on constate la tendance francophone – sans traduction en espagnol – dans la statique graphique [Lévy 1874], les ombres et la perspective [Leroy 1877], la topographie [Bertrand 1875], la géodésie [Francoeur 1879] et la coupe des pierres [Adhémar 1874], ainsi que dans la géométrie analytique [Sonnet & Frontera 1865] – dans ce cas en traduction espagnole. Cependant, les auteurs des manuels recommandés pour la géométrie descriptive étaient deux ingénieurs militaires espagnols [Pedraza y Cabrera 1879, Pedraza y Cabrera & Ortega Sala 1880], dont le manuel en commun fut réédité jusqu'en 1912. Les deux auteurs atteignirent le rang de lieutenant-colonel pour leur travail en commun, Ortega l'emploi de lieutenant-colonel pour sa *Geometría* [Ortega Sala 1885], qui fut un livre très utilisé dans l'enseignement – 22 éditions jusqu'en 1951,

¹⁶ Organización. Academias. Trasladando el Real decreto del mismo día que da nueva organización a las Academias militares (Real orden circular de 1 de mayo), *Colección legislativa del Ejército, año 1875*, 497–501.

¹⁷ Une deuxième traduction par Lope Gisbert a connu sept éditions.

¹⁸ Les deux œuvres ont été traduites par Agustín Gómez Santa María dans le cadre de son *Tratado completo de Matemáticas* [Gómez Santa María 1848], aussi par Lope Gisbert en 1849 et 1856.

sûrement le résultat des efforts que l'auteur a consacrés à sa mise à jour¹⁹.

Finalement, le *Plan d'études de 1893* [Garcia-Aparicio 1897, 113–115] intégra de nouveaux sujets techniques et appliqués : thermodynamique, moteurs, machine à vapeur (locomotive), électricité et magnétisme, téléphonie. En mathématiques, on remarque l'introduction du calcul des probabilités, une discipline ignorée à l'Académie même si son enseignement à l'École polytechnique était connu (Tableau 1).

5 Conclusion

L'importance accordée aux mathématiques dans la formation des ingénieurs militaires espagnols pendant le XIX^e siècle ressort clairement de la fondation à Madrid d'une nouvelle Académie du Corps royal du génie en 1803. La présence de la géométrie descriptive dans le premier plan d'études met en exergue une influence polytechnicienne précoce partagée avec les ingénieurs des ponts et chaussées.

Après la Guerre d'indépendance espagnole (1808-1814), l'intérêt à renforcer le niveau mathématique des ingénieurs militaires et la mise à jour de leurs connaissances s'est consolidé de la main de Zorraquín dans le *Plan d'études de 1816*, toujours sous l'influence polytechnicienne – spécialement en géométrie analytique et descriptive. En fait, on peut constater l'influence de la géométrie descriptive de Monge dans la formation des ingénieurs militaires espagnols jusqu'en 1850, ainsi que l'ascendant de Zorraquín en géométrie analytique jusqu'aux années 1860 ; le traité de mécanique de Francœur a été utilisé jusqu'à la publication de celui de García San Pedro en 1840.

À la mort du roi Ferdinand VII en 1833, c'est García San Pedro qui reprend l'inspiration polytechnicienne, dans les manuels qu'il a publiés aussi bien que dans le plan d'études qu'il a réussi à établir en 1839, après avoir observé de première main ce qui se faisait à l'École polytechnique et à l'École d'application de Metz. Bien que le contact avec les écoles militaires étrangères ait continué pendant les années 1840, les rapports montrent comment la *Commission des enquêtes militaires à l'étranger* a surtout travaillé au profit des applications pratiques en matière de fortification et de défense. Tout de même, vers la fin des années 1840, Albear et Piélagó

¹⁹ Dans la 9^e édition (1901) on trouve la géométrie projective dans une troisième annexe sur diverses théories de la géométrie supérieure [Velamazán 1993, 615].

soulignaient la difficulté d'atteindre le niveau de l'École polytechnique, de l'École d'application de Metz et de l'École militaire de Bruxelles, où le bagage scientifique et technique des élèves admis surpassait considérablement celui des élèves espagnols.

D'autre part, en 1855, le cadre institutionnel de la formation des ingénieurs civils en Espagne était déjà consolidé par le biais de cinq écoles d'application – ponts et chaussées, mines, eaux et forêts, industrie et agriculture. En outre, la réforme de l'enseignement de l'École polytechnique mise en place par Urbain le Verrier avait réduit les enseignements théoriques au profit des applications pratiques. Dans ce contexte, la production mathématique des ingénieurs militaires espagnols pendant la seconde moitié du XIX^e siècle se trouve de préférence dans le domaine des disciplines appliquées, telles que la topographie et la géodésie.

Dès 1870 on peut constater une tendance pratique et appliquée dans les examens d'entrée et dans les plans d'études, toujours sous l'influence francophone. Les manuels recommandés pour préparer les examens d'admission sont principalement des traductions d'auteurs français. Dans les plans d'études, on se sert de traités français dans plusieurs matières d'application, telles que la statique graphique, les ombres et la perspective, la topographie, la géodésie et la coupe des pierres, ainsi que la géométrie analytique.

Bibliographie

ADHEMAR, Joseph [1874], *Traité de la coupe des pierres*, Paris : A. Colin, 7^e éd.

ALBEAR, Francisco José de [1848], *Apuntes sobre el estado del Ejército belga en 1844*, Madrid : Imprenta Nacional.

AUSEJO, Elena & MEDRANO SÁNCHEZ, Francisco Javier [2015], Jorge Juan y la consolidación del cálculo infinitesimal en España (1750-1814), dans *Jorge Juan Santacilia en la España de la Ilustración*, édité par A. Alberola, R. Die & C. Mas, Alicante : Publicaciones Universidad de Alicante/Casa de Velázquez, 155–178.

BAILS, Benito [1795-1799], *Principios de Matemáticas de la Real Academia de S. Fernando*, Madrid : Viuda de D. Joaquín Ibarra, 3^e éd., 3 vols.

- BERTRAND, Émile [1875], *Traité de topographie et de reconnaissances militaires*, Paris : J. Bertrand, 2^e éd.
- BKOUCHE, Rudolf [1990], *De la Géométrie et des transformations*, Lille : IREM.
- BOURDON, Pierre-Louis-Marie [1811], Des conditions qui expriment qu'une surface du second degré est de révolution, *Correspondance sur l'École polytechnique*, II(3), 187-203 ; 250-252.
- BOURDON, Pierre-Louis-Marie [1843], *Elementos de Aritmética; traducidos de la 19 ed. francesa por Calisto Fernandez Formentany*, Madrid : Imprenta Vda. e Hijos de Calleja.
- BUSQUETS, Julio [1967], *El Militar de carrera en España*, Barcelona : Ariel.
- CAPEL, Horacio, SÁNCHEZ, Joan Eugeni *et al.* [1988], *De Palas a Minerva: la formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Barcelona : Serbal ; CSI.
- CARNOT, Lazare Nicolas Marguerite [1803], *Géométrie de position*, Paris : Chez Duprat, de l'imprimerie de Crapelet.
- CASADO BURBANO, Pablo [1982], *Las Fuerzas Armadas en el inicio del constitucionalismo español*, Madrid : Editoriales de Derecho Reunidas.
- CIRODDE, Paul-Louis [1857a], *Lecciones de Aritmética*, Madrid : Bailly-Baillière, trad. esp. par F. Zoleo.
- CIRODDE, Paul-Louis [1857b], *Lecciones de Álgebra*, Madrid : Bailly-Baillière, trad. esp. par B. Peregrin.
- CIRODDE, Paul-Louis [1857c], *Lecciones de Geometría con algunas nociones de la descriptiva*, Madrid : Bailly-Baillière, trad. esp. par M. M. Barbery.
- CIRODDE, Paul-Louis [1860], *Elementos de Geometría rectilínea y esférica*, Madrid : Bailly-Baillière, trad. esp. par M. M. Barbery.

- DÍAZ DE PRADO, Manuel [1852], *Lecciones de Trigonometría Esférica y Geometría Analítica*, Madrid: Imprenta del Memorial de Ingenieros.
- EHCIE [1911], *Estudio Histórico del Cuerpo de Ingenieros del Ejército*, Madrid: Establecimiento Tipográfico Sucesores de Rivadeneyra, 2 vols., réed. 1987.
- FERNÁNDEZ BASTARRECHE, Fernando [1978], *El Ejército español en el siglo XIX*, Madrid: Siglo XXI de España Editores.
- FRANCŒUR, Louis-Benjamin [1803], *Tratado de mecánica elemental, para los discípulos de la Escuela Politécnica de Paris, ordenado según los métodos de R. Prony. Traducido al castellano para el uso de los estudios de la Inspección General de Caminos*, Madrid: Imprenta Real.
- FRANCŒUR, Louis-Benjamin [1879], *Géodésie, ou Traité de la figure de la terre et de ses parties*, Paris: Gauthier-Villars, 6^e éd.
- GARCÍA, Juan Justo [1801], *Elementos de Aritmética, Álgebra y Geometría*, Salamanca: Joachin Ibarra, 3^e éd., 2 vols.
- GARCÍA APARICIO, Benjamín [1897], *Las Escuelas militares europeas con los antecedentes históricos, Planes de Estudios y métodos de instrucción correspondientes a los principales establecimientos de esta clase*, Buenos Aires; Paris: Librería Jacobsen; Garnier Hermanos.
- GARCÍA SAN PEDRO, Fernando [1821], *Geometría Analítica. Memoria que presentó a la Academia Nacional de Ingenieros su alumno Don Fernando García San Pedro, en su último curso de estudios año de 1819, e impresa de orden del Excelentísimo Sr. Ingeniero General Marqués de las Amarillas*, Madrid: Imprenta Ibarra.
- GARCÍA SAN PEDRO, Fernando [1828], *Teoría algebraica elemental de las cantidades que varían por incrementos positivos o negativos de sus variables componentes; o sea Cálculo Diferencial e Integral*, Madrid: Imprenta que fue de García.
- GARCÍA SAN PEDRO, Fernando [1839], *Memoria presentada al Excmo. Sr. Ingeniero General, por el Teniente Coronel*

D. Fernando García San Pedro, sobre la organización que tienen en Francia y la Belgica las Escuelas militares donde reciben su instrucción los Ingenieros del Egercito, Manuscrit signé à Madrid, le 28 février 1839 : Archivo General Militar de Segovia, Sección 1a, Legajo G-925, 57.

GARCÍA SAN PEDRO, Fernando [1840a], *Principios de Geometría Analítica elemental destinados a la enseñanza de la Academia Especial del Cuerpo de Ingeniería del Ejército*, Madrid : Imprenta Nacional.

GARCÍA SAN PEDRO, Fernando [1840b], *Tratado completo de Mecánica destinado a la enseñanza en la Academia especial de Ingenieros del Ejército*, Madrid : Imprenta Real.

GARCÍA SAN PEDRO, Fernando [1846], *Memoria redactada por el Brigadier Teniente Coronel del Cuerpo de Ingenieros D. Fernando García San Pedro sobre los trabajos ejecutados por la Comisión de Yndagaciones en el Etranjero por los años de 1844 á 1845*, Madrid : copie lithographiée.

GARCÍA SAN PEDRO, Fernando [1848], *Descripción de las fortificaciones de París, en consecuencia de la visita hecha a aquellas obras por una Comisión de Ingenieros españoles en 1845*, Madrid : Imprenta Nacional.

GÓMEZ SANTA MARÍA, Agustín [1848], *Tratado completo de matemáticas traducido por Agustín Gómez Santa María ; t. I. Aritmética de Bourdon segun la 21a edición francesa ; t. II. Algebra de Bourdon segun la 9a edición francesa*, Imprenta de José María Alonso.

LACROIX, Sylvestre-François [1807-1808], *Curso completo elemental de Matemáticas puras*, Madrid : Imprenta Real, trad. esp. par J. Rebollo Morales.

LEGENDRE, Adrien-Marie [1807], *Elementos de geometría*, Madrid : Imprenta de Repullés, trad. esp. par A. Gilmán.

LEROY, Charles-François-Antoine [1877], *Traité de stéréotomie : comprenant les applications de la géométrie descriptive à la théorie des ombres, la perspective linéaire, la gnomonique, la coupe des pierres et la charpente, avec*

un atlas composé de 74 planches in-folio, Paris : Gauthier-Villars, 7e éd.

LEVY, Maurice [1874], *La Statique graphique et ses applications aux constructions*, Paris : Gauthier-Villars, 4 vols.

MARTÍN DE BALMASEDA, Fermín [1819], *Apéndice a los tomos I, II, III y IV de la obra Decretos del Rey D. Fernando VII o sease Colección de reales resoluciones respectivas a los años de 1814, 1815, 1816 y 1817*, Madrid : Imprenta Real.

MONGE, Gaspard [1803], *Geometría descriptiva. Lecciones dadas en las Escuelas Normales en el año tercero de la República, por Gaspar Monge, del Instituto Nacional. Traducidas al castellano para el uso de los estudios de la Inspección General de Caminos*, Madrid : Imprenta Real.

MONGE, Gaspard [1809], *Application de l'analyse à la géométrie, à l'usage de l'École Impériale polytechnique*, Paris : Mad. Ve Bernard, 4^e éd.

NAVARRO LOIDI, Juan [2011], Las matemáticas en la Escuela Militar de Ávila, *La Gaceta de la RSME*, 14(2), 309–332.

ORTEGA SALA, Miguel [1885], *Geometría*, Guadalajara : Imprenta Provincial.

PADILLA, Pedro [1753-1756], *Curso militar de matemáticas, sobre partes de esta ciencia, para uso de la Real Academia establecida en el Cuartel de Guardias de Corps*, Madrid : Antonio Marín.

PEDRAZA Y CABRERA, Pedro [1879], *Lecciones de geometría descriptiva. Superficies en general*, Madrid : Imprenta del Memorial de Ingenieros.

PEDRAZA Y CABRERA, Pedro & ORTEGA SALA, Miguel [1880], *Lecciones de geometría descriptiva. Rectas y planos*, Madrid : Imprenta del Memorial de Ingenieros, 2 vols.

PETIT, Alexis-Thérèse [1812], De la discussion des surfaces du second degré, au moyen de l'équation qui a pour racines les carrés des demi-diamètres principaux de ces surfaces, *Correspondance sur l'École polytechnique*, II(4), 324–328.

- PIÉLAGO, Celestino del [1847], *Relación del viaje a Francia, el Rin, Bélgica e Inglaterra realizado en 1844 y 1845*, Madrid : Imprenta Nacional.
- POISSON, Siméon Denis [1807], Sur les surfaces du second degré, *Correspondance sur l'École polytechnique*, 1(7), 237-242.
- RODRÍGUEZ ARROQUÍA, Ángel [1850], *Complemento a la geometría descriptiva: empleo de un solo plano de proyección valiéndose del sistema de acotaciones para servir de aplicación de los principios generales de la ciencia a las superficies irregulares, y como preliminar a la topografía y a la desenfilada de las obras de fortificación*, Madrid : Boix Mayor y Cia.
- RODRÍGUEZ ARROQUÍA, Ángel [1865], *Complemento a la geometría descriptiva: empleo de un solo plano de proyección valiéndose del sistema de acotaciones para servir de aplicación de los principios generales de la ciencia a las superficies irregulares, y como preliminar a la topografía y a la desenfilada de las obras de fortificación*, Madrid : Imprenta del Memorial de Ingenieros.
- ROUCHÉ, Eugène & COMBEROUSSE, Charles de [1878-1879], *Tratado de Geometría elemental*, Madrid : Imprenta, Estereotipia y Galvanoplastia de Aribau, 2 vols., trad. esp. par A. Portuondo y Barceló, J. Portuondo y Barceló.
- SIMSON, Robert [1774], *Los seis primeros libros, y el undecimo, y duodecimo de los Elementos de Euclides. Traducidos de nuevo sobre la versión latina de Federico Comandino conforme a la fiel, y correctísima edición de ella publicada modernamente por Roberto Simson, Profesor de Matemática en la Universidad de Glasgow*, Madrid : Ibarra.
- SONNET, Hippolyte & FRONTERA, Geronimo [1865], *Elementos de geometría analítica por H. Sonnet G. Frontera; traducidos al castellano de la última edición francesa por D. Manuel María Barbery*, Madrid : Bailly-Bailliére.
- VELAMAZÁN, Maria Ángeles [1993], Nuevos datos sobre los estudios de geometría superior en España en el siglo XIX : la aportación militar, *LLULL, Revista de la Sociedad*

Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, 16(31), 587–620.

VELAMAZAN, Maria Ángeles [2000], Le sillage de Lagrange : García San Pedro et la méthode des accroissements idéaux, *Sciences et Techniques en Perspective (STP)*, 4(2), 235–243.

VELAMAZÁN, Maria Ángeles & AUSEJO, Elena [1993], De Lagrange a Cauchy : el cálculo diferencial en las Academias militares en España en el siglo XIX, *Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 16, 327–370.

VERDEJO, Francisco [1794-1802], *Compendio de Matemáticas puras y mixtas para instrucción de la juventud*, Madrid : Viuda de Ibarra, 2 vols.

ZORRAQUIN, Mariano [1819], *Geometría Analítica-Descriptiva*, Alcalá : Imprenta Manuel Amigo.