

DU DESSIN D'INGÉNIEUR A LA GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

L'enseignement de Chastillon à l'École royale du génie de Mézières

In Extenso, juin 1990, pp. 103-135

En 1847, Théodore Olivier publie dans l'un de ses ouvrages de géométrie descriptive plusieurs mémoires inédits extraits de la collection des manuscrits de la bibliothèque de l'École d'application de l'artillerie et du génie de Metz et provenant du fonds de l'ancienne École du génie de Mézières. Deux sont consacrés au tracé des ombres : le premier, sans date et sans nom d'auteur, est intitulé *Traité des ombres dans le dessin géométral*¹. "On a lieu de croire, indique Olivier dans une note liminaire, qu'il a été écrit à l'École de Mézières pour l'instruction des jeunes officiers du Génie vers l'an 1775 à 1780. Les dessins qui accompagnent ce petit traité sont évidemment de la même main que deux dessins qui existent encore dans les collections de l'École d'application de Metz et qui portent le millésime 1774." Le second, intitulé simplement *Des ombres*, est de Gaspard Monge, "qui l'a écrit, précise Olivier, en 1785 à l'École du génie de Mézières pour l'instruction des jeunes officiers."²

J'ai découvert, en préparant une édition critique de la *Géométrie descriptive* de Monge³, de nouveaux documents qui permettent de dater de manière plus précise la rédaction de ces deux mémoires et d'identifier l'auteur du premier. Il existe au Service historique de l'Armée de Terre, à Vincennes, plusieurs copies manuscrites du *Traité des*

¹ T. Olivier, *Applications de Géométrie descriptive aux ombres, à la perspective, à la gnomonique et aux engrenages*, Paris, 1847, mémoire n°1, pp. 5-26.

² *Ibid.*, mémoire n°2, pp. 26-35.

³ Cette réédition, introduite et commentée par B. Belhoste, R. Laurent, J. Sakarovitch et R. Taton, paraîtra prochainement dans le second volume de l'édition critique des séances de l'École normale de l'an III.

ombres dans le dessin géométral et du petit traité *Des ombres* de Gaspard Monge. L'une des copies du *Traité*, conservée à la bibliothèque du ministère de la Guerre, a été rédigée en 1767 par l'officier du génie Charles-Louis de Prille, lors de son passage à l'École de Mézières¹. Une autre, conservée aux archives de l'Inspection du génie, est accompagnée d'une collection de figures, dont plusieurs sont signées². J'ai pu ainsi identifier deux signatures : la première de Louis-Marie-Antoine d'Estouf-Milet de Mureau (1751-1825), admis à Mézières en 1769, la seconde de Louis-Bertrand de Barthouil de la Mothe (1746-1785), admis à Mézières en 1763.

Le *Traité* ayant été rédigé pour l'enseignement des élèves à Mézières, Milet et Barthouil ont certainement dessiné les figures à l'époque de leur passage à l'École, c'est à dire en 1769 ou 1770 pour le premier et en 1763 ou 1764 pour le second. On obtient ainsi comme *terminus ad quem* de la rédaction de ce mémoire l'année 1764, onze ans avant la date conjecturée par Olivier. Cependant, les copies retrouvées à Vincennes ne donnent ni la date exacte de rédaction, ni le nom de l'auteur.

C'est presque fortuitement, en consultant l'*Exercice complet sur le tracé, le relief, la construction, l'attaque et la défense des fortifications* de l'ingénieur du Vignau, publié en 1830, que j'ai trouvé la solution complète de l'énigme. L'éditeur de l'ouvrage, le capitaine P.-A. Hanus, indique dans sa préface que Nicolas-François-Antoine de Chastillon (1699-1765), fondateur et directeur de l'École royale du génie à Mézières jusqu'à sa mort a fait plusieurs instructions sur les sciences appliquées à l'art de l'ingénieur entre 1760 et 1763, notamment sur le dessin géométral, la détermination des ombres et le lavis, le défilement, etc.³

Hanus ajoute dans une note, à propos de l'instruction sur le dessin géométral, la détermination des ombres et le lavis les précisions suivantes : "Nous avons entre les mains le manuscrit de cet ouvrage, signé par M. de Chastillon et portant la date de 1763 ; il contient une exposition de la méthode des projections, des solutions simples pour la détermination des ombres et un traité clair et précis du lavis; mais il a beaucoup

¹ S.H.A.T, Bibliothèque du ministère de la Guerre, ms 1750 (44).

² S.H.A.T., Vincennes, archives de l'Inspection du génie, art. 21, section 13, sciences mathématiques et physiques, topographie et géodésie, §2, carton 1. On trouvera d'autres copies du *Traité* dans art. 18, section 3, mémoires et cours divers de l'École d'artillerie et du génie de Metz, cartons 2, 3 et 5.

³ Voir A.-N.-B. du Vignau, *Exercice complet sur le tracé, le relief, la construction, l'attaque et la défense des fortifications*, Paris, 1830, préface de P.-A. Hanus, pp. VIII-X.

perdu de son importance depuis la publication des ouvrages du célèbre Monge et de MM. Hachette et Vallée."¹ Cette description, en tout point conforme au contenu du texte publié par Olivier, permet d'identifier à Chastillon l'auteur du *Traité des ombres dans le dessin géométral*, d'autant que la date du manuscrit indiquée par Hanus s'accorde avec celle que donne l'examen des copies conservées à Vincennes.

Le *Traité* de Chastillon était passé jusqu'à présent inaperçu, malgré sa publication par Olivier. L'identification de l'auteur et la datation de sa rédaction en révèlent maintenant l'importance historique. Rédigé un an avant l'arrivée de Monge à Mézières, il montre ce qu'était alors l'enseignement du dessin à l'École du génie. Mieux, il fournit, comme on verra, le "chaînon manquant" dans la préhistoire de la géométrie descriptive, entre les grands traités de coupe des pierres et les premiers textes de Monge, en particulier le petit mémoire sur les ombres publié par Olivier.

Ce mémoire, daté bien à tort de 1785 par Olivier, n'est en effet postérieur au *Traité* de Chastillon que de quelques années. René Taton avait déjà remarqué que la date proposée par Olivier était à l'évidence inexacte, Monge ayant quitté définitivement Mézières en 1784, et il faisait remonter sa rédaction aux années avant 1775². L'une des copies conservées à Vincennes - la reproduction, certifiée conforme, d'une rédaction faite par un élève de l'École de Mézières, Joseph-Gabriel Monnier - permet de reculer encore cette date-butoir jusqu'en 1768³. Cinq ans tout au plus séparent, par conséquent, les deux traités sur les ombres, celui de Monge et celui de Chastillon.

On verra que cette proximité n'est pas seulement temporelle et qu'il existe entre les deux mémoires une véritable filiation. Mais, auparavant, il convient de présenter Chastillon et son enseignement à l'École du génie de Mézières.

Chastillon et l'École royale du génie de Mézières

Nicolas-François-Antoine de Chastillon naquit à Oger, en Champagne, le 17 janvier 1699⁴. Fils d'un trésorier de France, il appartenait à une ancienne lignée

¹ *Ibid.*, p.IX, note 1.

² R. Taton, *L'Oeuvre scientifique de Monge*, Paris, 1951, p. 77.

³ S.H.A.T., Vincennes, archives de l'inspection du génie, art. 21, section 13, sciences mathématiques et physiques, topographie et géodésie, §2, carton 1.

⁴ Les renseignements sur Chastillon et sa famille sont tirés des ouvrages d'Anne Blanchard, *Les Ingénieurs du Roy de Louis XIV à Louis XVI, étude du corps des Fortifications*, Montpellier, 1979, en

d'ingénieurs. Son trisaïeul, Nicolas de Chastillon et ses grands-oncles de la branche aînée, Jean et Pierre de Chastillon servaient déjà le roi comme ingénieurs. Son oncle paternel, Pierre de Chastillon, ingénieur du roi sous Louis XIV, fut tué en 1684 au siège de Luxembourg. Chastillon, fort de ses antécédents familiaux, obtint son brevet d'ingénieur ordinaire à vingt-quatre ans, en 1723. Après quelques campagnes en Allemagne et aux Pays-Bas, il fut nommé en 1743 ingénieur en chef à Mézières.

C'est en 1748 que Chastillon proposa l'établissement d'une école du génie à Mézières. Les jeunes gens qui se destinaient à la carrière du génie se contentaient alors de préparer au sortir du collège un examen théorique qui roulait exclusivement sur les mathématiques. Ils s'initiaient à leur futur métier après leur admission dans le corps auprès d'un ingénieur déjà en place, le plus souvent un parent. Le secrétaire d'état à la Guerre, le comte d'Argenson, très critique à l'égard de ce mode d'instruction, auquel il attribuait les déconvenues de la guerre de siège entre 1744 et 1748, envisageait d'exiger dorénavant de tous ses futurs ingénieurs une période de stage probatoire dans une direction de leur choix, après leur examen théorique et avant leur admission dans le corps.

Le projet de Chastillon répondait aux préoccupations du ministre. L'école qu'il se proposait d'établir devait former en effet les volontaires qui viendraient suivre leur stage à la direction de Mézières. D'Argenson, conseillé par l'ingénieur des Ponts et chaussées Noël de Regemorte qu'il avait placé à la tête du bureau des Fortifications et soucieux d'imiter l'exemple contemporain de Trudaine, qui mettait progressivement en place une école pour les ingénieurs des ponts et chaussées, encouragea Chastillon dans son entreprise. Au bout de deux ans, il décida que tous les futurs ingénieurs du Génie passeraient par l'École de Mézières avant d'obtenir leur brevet. Un double examen, l'un à l'admission à l'École, l'autre à la sortie, devait garantir un haut niveau de recrutement pour le corps¹.

L'examineur du génie, l'académicien Camus, et Chastillon, qui commandait l'École, avaient la haute main sur l'enseignement. Le règlement de 1754, rédigé par

particulier pp.196-197, et *Dictionnaire des Ingénieurs militaires, 1691-1791*, Montpellier, 1981, pp.154-155.

¹ R. Taton, "L'École royale du Génie de Mézières" dans : R. Taton (dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIIIe siècle*, Paris, 1965, pp. 559-615.

Chastillon, divisait l'instruction en théorie et en pratique¹. La théorie, qui occupait la moitié du temps, soit trois jours par semaine, était toute entière du ressort de l'examineur. Son enseignement était routinier. Pour l'examen de sortie, il fallait posséder sur le bout du doigt le cours médiocre de Camus, comprenant l'arithmétique, la géométrie, la mécanique et l'hydraulique, que les élèves répétaient sous la direction du professeur de mathématiques de l'école, l'abbé Bossut.

La partie pratique de l'instruction, du ressort de Chastillon, occupait l'autre moitié du temps, soit dans les salles, soit au dehors pendant la belle saison. Dans les salles, les élèves apprenaient le dessin d'ingénieur. Ils commençaient par construire et tracer les systèmes de fortifications de Vauban, dessinaient des plans de places au trait et au lavis et différents ordres d'architecture et terminaient par la coupe des pierres et des bois, traçant des épures et exécutant des modèles. Au dehors, ils apprenaient à niveler et à lever, soit à la toise les bâtiments et les machines, soit à la planchette ou à la boussole les fronts de fortifications et les paysages. Une fois acquises ces différentes pratiques, les élèves s'initiaient aux tracés et projets des ouvrages de fortification, ainsi qu'à l'attaque et à défense des places. Ils appliquaient leurs connaissances dans l'école de siège organisée chaque année.

L'ordre des matières adopté en 1754 pour l'instruction pratique dans les salles, du plan d'ensemble au détail d'exécution, obéissait à la logique de l'architecture : l'élève devait étudier successivement la fortification, la décoration et la construction. La coupe des pierres et des bois, techniques du bâtiment relevant de corps de métiers spécialisés, ne venaient qu'au terme de l'enseignement. Il est clair cependant que Chastillon assignait dès cette époque à cette partie de l'instruction un rôle qui dépassait de beaucoup le simple apprentissage des méthodes de la construction et qu'il considérait le trait comme un moyen privilégié pour apprendre le dessin d'ingénieur. Dans l'article 9 du règlement de 1754, il écrit en effet :

"Indépendamment de l'utilité de la coupe des pierres et des bois pour les différentes constructions que les ouvrages du roi présentent, ces arts ouvrent des connaissances si exactes et si précises sur le dessin des plans et profils et sur la manière d'exprimer le relief qu'il doit représenter, qu'on

¹ N.-F.-A. de Chastillon, *Projet de règlement sur l'ordre et la police de l'instruction que le Roy veut et ordonne être donné aux ingénieurs ordinaires admis, volontaires et vétérans dans l'Ecole du Génie établie à Mézières*, ms, 17 décembre 1754, archives de l'inspection du Génie, art. 18, section 1, §1, carton 1, pièce 9.

peut le regarder comme les *Eléments*. Et il ne restera plus, pour compléter l'instruction sur cette partie, que de faire passer les ingénieurs admis volontaires et vétérans à l'étude de la perspective théorique et pratique, qui, en leur donnant la facilité d'exprimer leurs idées avec le crayon, leur donnera encore les instructions nécessaires pour placer avec discernement les ombres qui doivent faire sortir et paraître les reliefs que les dessins représentent ; et sur lesquelles, d'ailleurs, leur seront données des instructions particulières d'observations (sic) relatives aux desseins les plus ordinaires."

Dans l'Avant-propos de son *Traité des ombres dans le dessin géométral*, Chastillon insiste encore une fois sur le rôle pédagogique de la coupe des pierres et des bois :

"On n'a rien trouvé de plus propre pour leur [= les ingénieurs] procurer cette connaissance parfaite du dessin que de leur faire suivre des cours de coupe des pierres et des bois; et on a pris soin à cet effet de développer la partie de la coupe des bois qui ne l'avait point été jusqu'à présent. Indépendamment des avantages qui résultent de cette étude, relativement aux constructions dont les officiers du génie ont la direction, on conçoit facilement que, quand on fait développer toutes les faces et connaître tous les angles plans ou solides d'une pierre quelconque employée dans une voûte, une trompe, etc., ou d'une pièce de charpente employée dans un comble, un dôme, un escalier, etc., qu' on a bien de la facilité à développer un bastion, une demi-lune, un cavalier de tranchée, une batterie, etc., que, quand on sait bien former la représentation de toutes ces choses pour les faire entendre aux autres, on est en état de les représenter comme si elles étaient déjà exécutées, et d'en combiner les différentes constructions pour les rendre autant parfaites qu'elles peuvent l'être."

Compte tenu de l'importance ainsi reconnue à cette partie de l'instruction, il est vraisemblable qu'elle fut déplacée assez rapidement en début d'études. A la mort de Chastillon, en 1765, c'était chose faite, en tout cas : les élèves de première année consacraient alors six mois à l'étude des mathématiques et de l'hydraulique et, successivement, aux "pratiques élémentaires du dessin et construction des épures de la coupe des pierres et de la charpente, de la perspective, du tracé des ombres, de l'architecture et de la fortification en général"¹. Cet ordre des matières ne devait plus changer dans la suite : on le retrouve non seulement dans la plupart des plans

¹ A.-N.-B. du Vignau, *Observations pour servir à mettre sous les yeux du ministre quelques articles à régler d'une manière définitive et stable concernant les exercices, le service et la police de l'Ecole du Génie établie à Mézières*, ms, 1er mars 1765, archives de l'inspection du Génie, art. 18, section 1, §1, carton 1, pièce 24.

d'instruction ultérieurs de l'École de Mézières, mais encore, sous une forme à peine modifiée, dans les programmes des cours de géométrie descriptive rédigés par Monge¹.

On sait peu de choses sur la manière dont se déroulait l'instruction pratique dans les salles. Un personnel civil avait été progressivement recruté pour diriger, sous le contrôle de Chastillon, les exercices de taille des pierres, de trait de charpente et de dessin architectural, sous le contrôle de Chastillon : deux architectes, Richard et Lelièvre, qui quittèrent bientôt Mézières, le premier probablement dès 1752 et le second en 1763, deux techniciens, Jean-Marie Marion, "maître pour les arts de la coupe des pierres et de la charpente", et Barré, "principal dessinateur et maître pour le dessin de la fortification, de l'architecture, des plans et cartes, tant au trait qu'au lavis et à la plume", qui jouèrent un rôle majeur à l'école jusqu'à la Révolution, et plusieurs dessinateurs, appareilleurs et gâcheurs employés sous leurs ordres, dont le plus connu est évidemment Gaspard Monge, arrivé en 1764².

Jusqu'en 1762, les promotions d'élèves étaient peu nombreuses, entre dix et quinze admis chaque année, si bien que l'École n'en comptait jamais plus de trente simultanément. L'instruction pratique se donnait dans des conditions voisines encore de l'apprentissage. Les élèves s'exerçaient dans les salles, dessinaient, exécutaient les lavis, appareillaient les pierres et coupaient les bois sous le contrôle des instructeurs. Les "ingénieurs admis", c'est à dire les élèves de deuxième année, aidaient au besoin leurs camarades de première année, dits "volontaires". Les explications étaient données au fur et à mesure des difficultés rencontrées.

Cependant, l'instruction pratique se structurait peu à peu, les exercices devenant plus progressifs et standardisés. "Dès le premier établissement de l'École du génie à Mézières, écrit Chastillon dans l'avant-propos de son *Traité*, on s'est attaché à donner

¹ La géométrie descriptive, telle que la concevait Monge, comprenait non seulement les constructions géométriques mais aussi leurs applications : perspective, tracé des ombres, topographie, dessin des machines. Voir le programme du cours de *Stéréotomie* à l'École centrale des Travaux publics, publié dans J. Langins, *La République avait besoin de savants*, Paris, Belin, 1987, Annexe G, pp. 142-146, en particulier pp. 230-235, et celui des leçons de géométrie descriptive à l'École normale de l'an III, dans le tome 1 des *Séances des Ecoles normales recueillies par des sténographes et revues par les professeurs*, Paris, s.d., pp. 49-53.

² Tous ses renseignements sont tirés de R. Taton, *op. cit.*, spécialement pp. 572-573 et 583-584 et de *l'Etat des maîtres de dessin, d'écriture, des traits de la coupe des pierres et de la charpente, des dessinateurs écrivains et maîtres ouvriers employés dans l'institution de l'École du Génie*, ms, 16 avril 1765, Archives de l'inspection du Génie, art. 18, section 1, §1, carton 1, pièce 25.

aux jeunes officiers les principes du dessin et à le faire avec méthode". En 1752, il rassembla, avec l'aide de Richard et de Marion, un cours complet de tous les traits de charpente, auquel il fait allusion dans son *Traité* (art. 9). Probablement dès les années 1750, il réunit également les épures utilisées en coupe des pierres, extraites pour la plupart du *Traité de coupe des pierres* de J.-B. de La Rue.

Mais c'est seulement après 1762 que furent rédigés les premières cours et instructions pour les élèves. Les effectifs du corps du génie ayant été portés de trois-cents à quatre-cents officiers par l'ordonnance royale du 4 décembre 1762, l'École de Mézières dut accueillir des promotions plus nombreuses. Elle comptait dorénavant cinquante élèves, soit près du double de la période précédente. L'organisation de l'enseignement dut répondre à cette situation nouvelle : à la formation initiatique des premières années succéda bientôt, pour un effectif doublé, un mode d'instruction plus scolaire.

En mathématiques, Bossut publia en 1763 son *Traité élémentaire de mécanique statique et de dynamique* pour les élèves du génie et prépara un cours manuscrit d'hydrodynamique¹. Chastillon écrivit la même année le *Traité des ombres dans le dessin géométral*, puis, l'année suivante, un *Traité du relief, commandement et défilement de la fortification à l'usage des élèves du Génie à Mézières* en collaboration avec son neveu, le chevalier de Villelongue². L'augmentation du nombre des élèves et ses répercussions sur le mode d'instruction à l'École suffirent à expliquer la rédaction de ces deux traités. Mais sans doute aussi, Chastillon voulut-il laisser une trace écrite de son enseignement, alors que, malade et sentant venir sa fin, il n'enseignait déjà plus. Et de fait, le 14 février 1765, à peine sa dernière instruction terminée, il était mort.

Le Traité des ombres dans le dessin géométral de Chastillon

Le *Traité des ombres dans le dessin géométral* comprend un avant-propos et trois parties, divisées en 46 articles : la première sur le dessin en général, la seconde sur le

¹ R. Taton, *op. cit.*, p. 584, note 2. Ce cours manuscrit, aujourd'hui perdu, serait la première version de son *Traité élémentaire d'hydrodynamique* publié en 1771.

² Ce *Traité*, encore appelé *Exercices sur les fortifications*, est resté à l'état manuscrit. Voir Bibliothèque de l'inspection du Génie, ms in-f° 116 et Archives de l'inspection du génie, art. 18, section 3, Mémoires et cours divers de l'École d'artillerie et du génie de Metz, cartons n°2, 3 et 4. D'après Hanus, *op.cit.*, p.XI, Chastillon avait commencé à rédiger son cours sur les fortifications dès 1760.

tracé des ombres dans le dessin géométral, objet proprement dit du *Traité*, et la dernière, plus brève, sur le lavis.

Dans son Avant-propos, Chastillon justifie la rédaction du mémoire :

"Dès le premier établissement de l'école du génie à Mézières, on s'est attaché à donner aux jeunes officiers les principes du dessin et à le faire avec méthode. La facilité de l'expression avec le crayon et l'intelligence du dessin donnent celles de la bonne construction des ouvrages des places, du tracé et relief de la fortification et, en général, de tout ce qui y a rapport. Celles des ouvrages relatifs à la guerre de campagne et de siège forment le coup d'oeil pour la reconnaissance des places. C'est le dessin en un mot, entendu et appliqué à tous les objets qui caractérise en partie les ingénieurs."

Et il ajoute que la coupe des pierres et des bois est la meilleure introduction à l'étude du dessin au trait. Cependant, pour rendre un dessin plus lisible, il convient de le laver et de l'ombrer : "l'art du lavis s'acquiert par l'exercice", une instruction est donc inutile; en revanche, le tracé et la teinte des ombres exigent des connaissances théoriques :

"Les dégradations des teintes doivent être tirées des lois de la nature, et l'étendue des ombres portées par les corps, devant être proportionnelles aux distances, doit être traitée avec le secours de la géométrie."

C'est donc par la règle et le compas qu'on détermine le tracé des ombres portées et c'est d'après les lois de la physique qu'on évalue leur intensité.

"La partie de la fixation proportionnelle des ombres n'ayant point été traitée jusqu'à présent relativement au dessin géométral dont les ingénieurs font usage, nous avons cherché des pratiques puisées dans la géométrie commodes et expéditives pour les déterminer, en n'employant néanmoins sur les dessins que le moins de lignes possibles parce qu'elles ne pourraient qu'altérer la propreté qui leur est nécessaire."

Avant d'aborder le vif du sujet, Chastillon consacre une partie entière aux "notions générales sur le dessin". Il distingue le dessin de la figure, de l'ornement et du paysage, qui s'acquiert par le seul exercice, du dessin à la règle et au compas, qui puise ses principes dans la géométrie. Seul ce dernier dessin intéresse l'architecte et l'ingénieur. Il existe par ailleurs, note Chastillon, deux "espèces primitives de dessin": le dessin en perspective et le dessin géométral (art.2). Le premier, explique-t-il en substance, utilise une projection conique centrale (art.3), le second une projection cylindrique (art.4).

Cette dernière affirmation est évidemment inexacte (le dessin géométral utilise toujours une ou plusieurs projections orthogonales), d'où une définition alambiquée des axonométries (utilisant des projections cylindriques), appelées par Chastillon "espèces mixtes de dessin en perspective" (art. 9).

Les représentations en perspective sont quelquefois utilisées par les ingénieurs :

"Quoi qu'on ne soit pas dans l'usage de se servir de ce genre de dessin dans les projets de construction, néanmoins il est très utile qu'un ingénieur en ait connaissance pour se former le coup d'oeil si nécessaire dans la guerre en général, et particulièrement dans la reconnaissance des places qui souvent peuvent être vues de quelques éminences ou clochers. Il ne lui servira pas moins pour le lever des plans et des cartes, où il est obligé de représenter géométriquement les objets qu'il ne voit qu'en perspective car, s'il a acquis l'usage de mettre avec facilité un plan géométral en perspective, réciproquement, il ne lui sera pas difficile de ramener la perspective au géométral."

De même les axonométries "sont employés avec succès pour expliquer les assemblages de charpente et les ponts-levis".

Cependant, le dessin d'ingénieur est, par excellence, en géométral. Dans ce genre de dessin, comme dans les axonométries, les parties de l'objet parallèles au tableau sont représentées en vraie grandeur. Mais un dessin géométral "ne peut représenter qu'une face à la fois". C'est pourquoi, il est d'usage, pour un objet, de réaliser plusieurs dessins sur divers plans de projection (art.4). Le nombre de ces plans est théoriquement illimité et, comme il n'existe pas de règles générales pour déterminer ceux qui conviendraient le mieux à chaque cas, il faut s'en remettre à l'expérience. C'est l'étude de la coupe des pierres et des bois, précise encore une fois Chastillon, qui permet d'acquérir ce savoir-faire. En pratique, l'ingénieur, comme l'architecte, se limite toujours aux plans (horizontaux) aux profils (plans verticaux traversant l'objet) et aux élévations (plans verticaux extérieurs à l'objet) (art. 5-7). La combinaison des plans, profils et élévations fait alors connaître les véritables dimensions de l'objet : il suffit d'appliquer le théorème de Pythagore (art.8).

Chastillon justifie ensuite la nécessité d'ombrer les dessins en géométral. Non seulement les ombres leur donnent de la "grâce" mais elles permettent de voir le relief d'un seul coup d'oeil (art. 10). Ayant admis le parallélisme des rayons solaires (art. 11),

il définit (art. 12) les plans verticaux du soleil (plans verticaux passant par les rayons solaires), tous parallèles, et donne rapidement le principe de construction des ombres au soleil (art. 12-13), qu'il appliquera dans la deuxième partie :

"Si de tous les points d'un objet on imagine des parallèles au rayon du soleil tirées jusqu'à la rencontre d'une surface quelconque, elles y peindront une figure qui sera la projection de l'ombre de l'objet sur cette surface. Sur quoi, on observera que, pour trouver l'ombre d'un corps quelconque, il suffira de projeter les lignes de son contour qui sont rasées par les rayons du soleil.

Mais, pour déterminer cette projection, il faudra premièrement établir la direction ou élévation d'un rayon solaire. Soit, par exemple, SL la direction d'un rayon solaire, l'angle ALS celui de son élévation. Soient aussi les lignes DE, EF, DF, qui doivent se projeter sur un plan quelconque, horizontal, vertical ou incliné, représenté par AL, CL ou MN. Si, par les points D, E, F, on tire parallèlement à SL les lignes Dd, Ee, Ff, jusqu'à la rencontre d'un plan sur lequel on veut projeter les lignes DE, EF, DF, on aura la projection de ces lignes déterminées par leurs correspondantes de, ef, df."

Il remarque, mais sans faire le rapport avec les axonométries mentionnées précédemment, que cette construction revient à effectuer une "projection oblique" de la séparatrice de l'ombre propre du corps sur le plan qui porte l'ombre, projection qui conserve les grandeurs des lignes parallèles à ce plan.

Dans les articles suivants (art. 15-21), qui terminent la première partie, Chastillon compare dessin des architectes et dessin des ingénieurs¹. Il considère ce qu'il appelle les "systèmes de dessin" adoptés par les uns et les autres, c'est à dire les "dispositions et arrangements" des plans, profils et élévations sur la feuille. Les architectes placent les plans de niveau les uns au dessus des autres, de la cave au grenier et arrangent indifféremment tout autour les profils et élévations (art 15) :

"Les architectes observent, lorsque leurs dessins peuvent être contenus dans une même feuille, de placer en bas de la feuille le plan des caves et souterrains, celui du rez-de-chaussée au dessus, puis celui du premier étage,

¹ Par ingénieur, comprenons ingénieur du génie. Le dessin des ingénieurs des ponts et chaussées est plus proche de celui des architectes. Voir, à ce propos, A.Picon, *Architectes et ingénieurz au siècle des Lumières*, Marseille, 1988. Une note rédigée à l'époque de la création de l'Ecole centrale des Travaux publics (Ecole polytechnique), en 1794, précise : "Il ne se trouve dans son dépôt (= de l'Ecole des ponts et chaussées) que très peu de dessins corrects et dont les ombres soient projetées avec toute la rigueur qu'exige le citoyen Monge, les élèves s'étant toujours servi de livres d'architecture connus et ayant été guidés par des maîtres particuliers."

etc., et d'arranger sur les places du papier que ces plans laissent vides, les différents profils et élévations, sans avoir égard à leur position relativement aux plans auxquels ils appartiennent."

Les ingénieurs, en revanche, placent les profils et élévations "parallèlement aux lignes tracées sur le plan sur lesquelles on les suppose relevées" (art. 16-17)¹.

La manière d'ombrer les systèmes de dessin diffère également chez les architectes et chez les ingénieurs. Alors que les premiers n'ombrent que les profils et élévations, qu'ils supposent déjà rabattus sur la feuille de dessin, les ingénieurs considèrent tout le système de dessin éclairé par un même soleil, les profils et élévations étant relevés dans leur position naturelle :

On conçoit aisément que l'arrangement et l'usage des plans, profils et élévations (...) nécessitent une même incidence et direction des rayons du soleil qui éclaire tout le système afin que dans la comparaison des parties d'un profil ou d'une élévation avec celles du plan auxquelles elles répondent, on n'y remarque pas différentes directions et hauteurs du soleil. Cet arrangement place dans l'ombre des élévations et profils entiers qui ne reçoivent de lumière que par réflexion, comme on le verra dans les exemples que nous apporterons.

Une même direction et hauteur du soleil sera également nécessaire quand les profils, plans et élévations se trouvent placés sur des feuilles différentes. Cette manière d'ombrer les dessins, qui est l'imitation de la nature et qui les rend plus faciles à entendre et également gracieux, exige plus d'art et de combinaison que pour le faire par la méthode que suivent les architectes, qui ne supposent aussi qu'un même soleil, mais porté sur un seul et même plan vertical."

De plus, si la direction et l'élévation du soleil sont ordinairement à 45°, aussi bien dans le dessin d'ingénieur que dans le dessin d'architecte (art. 19)², l'usage, pour les plans des places de guerre, est d'adopter une direction et élévation "qui soit conforme à

¹ Ces lignes, dites de de profil (ou d'élévation), sont les traces des profils (ou des élévations) sur le plan; de même, les lignes de plan sont les traces du plan sur les profils et élévations.

² Il faut distinguer cependant la direction du soleil dans le dessin d'architecte et dans le dessin d'ingénieur. Dans l'un, il s'agit de l'angle que chaque plan vertical du soleil fait avec le plan de la feuille de dessin, supposé elle-même en position verticale, alors que, dans l'autre, où plan, profil et élévation sont supposés éclairés d'après leur position réelle dans l'espace, c'est l'angle que fait, sur le plan (horizontal), la projection d'un rayon avec une direction arbitraire, généralement parallèle au bord vertical de la feuille. Dans les deux cas, en revanche, l'élévation du soleil est son inclinaison au dessus de l'horizon (incidence).

la nature". Le plus souvent, on place donc le soleil dans la direction du midi. Mais, comme les plans des places sont orientés par rapport aux frontières et non par rapport aux points cardinaux, la direction du soleil sur la feuille de papier peut, d'une place à l'autre, varier du tout au tout (art. 21).

Chastillon explique admirablement la raison de ces différences dans la conduite du dessin. L'architecte dessine pour le client. Son dessin, qui s'expose, doit séduire : "Quelqu'un qui fait bâtir une maison orne assez souvent son cabinet des dessins qui lui ont été fournis" (art.15). Des plans clairs et bien agencés mettent en évidence la commodité des lieux. Le style est rendu par des élévations harmonieusement réparties et ombrés avec art, sinon avec exactitude. Le dessin d'ingénieur, au contraire, est un instrument de pouvoir. Il doit être "caché au public", mais aussi lisible que possible pour les responsables qui l'examinent. L'arrangement des profils et élévations et la disposition des ombres font sentir plus vivement le relief. Le dessin disparaît derrière l'objet qu'il met en scène (art. 16) :

"Tout ce qui concerne les plans de guerre et qui pourrait donner aux ennemis des éclaircissements doit être secret et caché au public. Destinés à paraître sous les yeux du Roi et des ministres, il convient de les disposer de manière qu'ils puissent commodément être examinés, et l'arrangement le plus convenable pour remplir cet objet est de placer autour des plans les profils et élévations parallèlement aux lignes sur lesquelles on les supposait élevés. Ces dessins ainsi disposés et arrangés sur une table, les plans se trouvent avoir leur situation horizontale naturelle et les parties de la feuille qui représente les profils et élévations sont relevées de la main par celui qui les représente, pour faire sentir plus aisément leur situation verticale. Cette disposition et ces arrangements des profils et élévations autour des plans facilitant l'examen de la relation des mêmes parties sur les plans et les profils, les font entendre avec moins de tension d'esprit. Et, le premier profil ou élévation examiné, on tournera le dessin pour en présenter un autre qui, relevé de la main comme le premier, se trouve également accompagné du plan, et ainsi de tous les autres. Cet usage fait, ces dessins sont repliés dans les portefeuilles des bureaux pour y avoir recours dans le besoin."

Ces différences entre dessin d'architecte et dessin d'ingénieur renvoient à un jeu opposé de valeurs. Le dessin d'architecte est chargé de contradictions : pourquoi tracer des ombres sur les élévations des bâtiments et les plans des jardins, mais non sur les plans des intérieurs, pourquoi laver des maçonneries en noir sur les plans et les laisser en blanc sur les profils, pourquoi, enfin, éclairer conventionnellement les profils et élé-

vations, sans tenir compte de leur position réelle dans l'espace ? Certes, chacun de ces choix, pris isolément, se justifie, mais l'ensemble donne une impression d'arbitraire et d'incohérence. Le dessin d'ingénieur, en revanche, obéit aux seules lois de la nature et de la raison. La disposition réciproque des plans, profils et élévations, la couleur des maçonneries, rouge pour les ouvrages faits et jaune pour les ouvrages proposés, la position du soleil et le tracé des ombres, tout contribue à l'harmonie du système de dessin. La supériorité du dessin d'ingénieur est pour Chastillon manifeste.

Dans la deuxième partie de son *Traité*, Chastillon étudie la construction en géométral des ombres au soleil. Pour cela, il utilise une série d'exemples, allant du plus simple au plus complexe.

Le lemme initial (art. 22) donne, sur l'exemple d'un rayon du soleil, la méthode de changement de plan frontal (élévation ou profil), que Chastillon va utiliser dans la suite. Il étudie successivement les projections sur les plans, profils et élévations de l'ombre portée d'une ligne droite ou courbe sur un plan horizontal (problème 1, art. 23-24), sur un plan vertical, supposé d'abord de front, c'est à dire parallèle à l'élévation, puis quelconque (problème 2, art. 25-28) et, enfin, sur un plan incliné quelconque (problème 3, art. 29-34).

Ces problèmes, formulés de façon abstraite, sont traités sur des exemples concrets : dans le problème 1, Chastillon détermine les ombres sur le sol d'une barrière, d'un tourniquet et d'une lanterne ; dans le problème 2, il détermine l'ombre sur un mur vertical de la potence à laquelle est suspendue la lanterne ; dans le problème 3, il détermine les ombres de souches de cheminée, de lucarnes et de boules d'amortissement sur les pans et les croupes d'un comble.

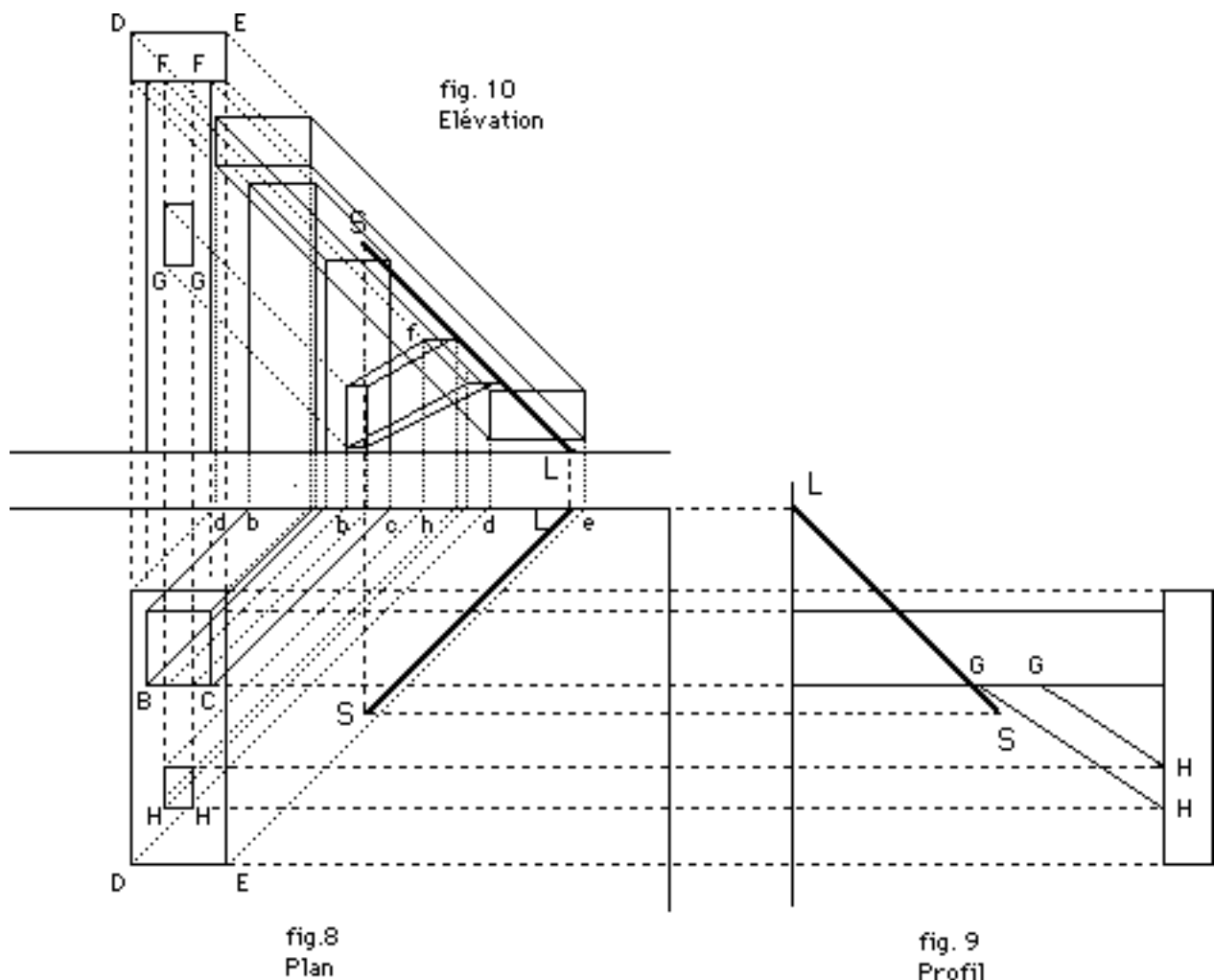
Les méthodes de Chastillon pour dessiner les ombres sont celles mêmes utilisées depuis classiquement en géométrie descriptive. Voici, par exemple, sa construction de l'ombre de la potence sur un mur parallèle à l'élévation. Le dessin qui l'accompagne ici est une reconstitution à partir du texte :

Soit (fig. 10) l'élévation d'un mur qui reçoit l'ombre d'une lanterne suspendue au devant d'une potence qui soutient cette lanterne. Nous allons déterminer sur ce mur l'ombre d'une verticale, d'une horizontale et d'une inclinée.

Ce problème peut se résoudre par le moyen du plan (fig.8) ou du profil (fig.9).

Première solution, en se servant du plan

Par les points B et C (fig.8), qui sont les arêtes du poteau vertical représenté (fig.10) par les verticales BB, CC, on tirera jusqu'à la ligne QR, projection de la face du mur, les parallèles Bb, Cc, à la ligne solaire SL du plan. Par les points B et C, extrémités supérieures des verticales BB, CC (fig.10), on mènera de même des parallèles au rayon solaire SL, sur lesquelles on projettera par le moyen des distances horizontales les points b et c du plan, et par leurs correspondants horizontales b et c (fig. 10) on tirera les verticales bb et cc du poteau sur le mur vertical.



Si on veut avoir l'ombre du bras horizontal de la potence que les rectangles DE représentent (fig. 8 et 10), par les points D et E (fig.10) des arêtes qui

portent ombre et par leurs correspondants au plan on tirera Dd, Ee parallèles à la projection SL du rayon solaire, et les points d et e, où ces parallèles rencontreront la ligne QR, étant ensuite projetés sur les lignes Dd, Ee de la figure 10, y détermineront les points d, d, e, e, entre lesquels sera renfermée la projection, ou l'ombre, des arêtes représentées par les points D et E. Après quoi, il sera facile d'achever la projection totale du bras horizontal, en tirant par les points d et e des parallèles aux arêtes horizontales et verticales des bouts de ce bras.

Enfin, s'il est question de trouver l'ombre du lien incliné qui soutient le bras de la potence, on marquera au plan (fig.8) en lignes ponctuées la projection de la chambrée HH de ce lien sous la face horizontale du bras, et cette chambrée étant représentée (fig.10) en FF, qui définiront en même temps les extrémités des arêtes supérieures du lien, on tirera (fig.8) les lignes Hh, parallèles à SL, et (fig.10) les lignes Ff, parallèles à SL, qui s'entre couperont en f et f avec les verticales hf menées par les correspondantes du plan (fig.8) à l'élévation (fig.10). On marquera pareillement en lignes ponctuées la chambrée GG de l'extrémité inférieure du lien sur la face verticale du poteau montant, puis, des points G et G, on mènera parallèlement à SL les lignes Gg, dont les intersections en g et g avec les verticales gg correspondantes du plan à l'élévation, donneront les extrémités des deux parallèles gf, qui détermineront la longueur de l'ombre cherchée que le lien porte sur le mur (fig.10).

Deuxième solution, en se servant du profil

Pour éviter les répétitions, nous nous contenterons d'appliquer cette solution au lien incliné qui soutient le bras de la potence.

On remarquera, comme on l'a fait dans la solution précédente, la chambrée du lien sur la face verticale du poteau montant (fig. 10), afin d'avoir les points G et G extrémités des arêtes qui portent ombre. Par ces points et, par ceux F et F, extrémités supérieures des mêmes arêtes, on tirera des parallèles à SL. Par les points F, F, G, G (fig.9), on tirera aussi, parallèlement à la projection du rayon solaire, des parallèles Ff, Gg jusqu'à la rencontre du plan vertical sur lequel les ombres doivent se peindre. On prendra, ensuite, les hauteurs des points f et g au dessus de l'horizontale QR, qu'on portera par ordre (fig. 10) sur les parallèles Ff, Gg. Elles y détermineront les points f et f, g et g que l'on cherche.

On aurait fixé par les mêmes méthodes l'ombre d'une courbe quelconque, en cherchant celle de plusieurs de ses points.

Le dernier problème étudié par Chastillon (problème 4) consiste à "projeter l'ombre d'une ligne quelconque sur la surface d'un cône vu en plan et en élévation"

(art. 35). Cette ombre au soleil est obtenue point par point au moyen de plans auxiliaires verticaux. Chastillon mène par chaque point de la ligne la droite parallèle au rayon solaire et considère la conique définie par la trace sur le cône du plan vertical du soleil passant par le point. L'ombre projetée du point donnée sur la ligne est à l'intersection de la droite et de la conique. Chastillon ne donne pas la méthode pour construire la trace d'un plan vertical sur le cône, supposant, écrit-il, "qu'on s'en instruit en stéréotomie". Et l'on sait en effet que la coupe des pierres commençait à Mézières par quelques épures générales, dites de stéréotomie, dont l'une relative à l'intersection d'un cône et d'un plan¹.

Dans la troisième et dernière partie du *Traité*, assez brève et d'un intérêt moindre, Chastillon étudie "la dégradation des ombres et des bruns", en particulier dans la perspective aérienne. Il définit "les clairs", parties éclairées directement, et les "bruns", parties dans l'ombre (art.36-37), les "clairs obscurs" que produit le "reflet", c'est à dire la réflexion de la lumière sur les corps environnants (art. 38-39), et le "fuyant" produit par l'éloignement (art.40). Le fuyant peut s'exprimer par le moyen des clairs et des bruns, selon le "principe général tiré de la nature" que les corps se confondent à mesure qu'ils s'éloignent de l'oeil du spectateur : ainsi "les clairs fuient en bruns et les bruns en clairs". Les teintes des clairs et des bruns se dégradent dans le fuyant selon une juste harmonie, dont le modèle peut être rendu, pour chaque couleur, par une sorte de "diapason des couleurs", selon l'expression de Théodore Olivier, ruban replié sur lequel sont peints en vis-à-vis les valeurs correspondantes (art. 45).

De Chastillon à Monge

Les instructions rédigées par Chastillon sont devenues après sa mort les bases de l'enseignement donnée à Mézières. Mais si elles continuèrent, semble-t-il, à être utilisées jusqu'à la Révolution, de nouvelles instructions vinrent les compléter et parfois les corriger. Antoine-Nicolas-Bernard du Vignau, commandant en second de l'École, proposa en 1768 des *Exercices* sur la fortification complétant ceux de Chastillon et Villeneuve². Gaspard Monge lui-même rédigea, en 1768 au plus tard, ses propres

¹ Voir la collection d'épures de coupe des pierres de Jean-Louis-Antoine Vigoureux, élève à Mézières, exécutées en 1767, bibliothèque de l'inspection du Génie, ms 469. Les sections coniques sont déjà étudiées par Derand et Frézier dans leurs traités de coupe des pierres.

² Plusieurs manuscrits des *Exercices* de du Vignau, publiés en 1830 (voir note 5), sont conservés à la Bibliothèque et aux Archives de l'Inspection du génie.

instructions sur la perspective et sur les ombres¹. L'abbé Bossut prépara également, semble-t-il, une instruction sur la gnomonique². En 1777, d'après un inventaire de la bibliothèque de l'École, il existait ainsi des instructions sur la stéréotomie et la coupe des pierres, sur la charpente, sur la perspective et les ombres et sur la fortification³. Selon Hanus, "c'est au moyen de ces instructions, qu'ils étaient tenus de copier, que les élèves, secondés d'ailleurs par les explications et les conseils donnés dans les salles d'étude, apprenaient la géométrie descriptive, les ombres, la perspective, la coupe des pierres, la charpente, la fortification, etc."⁴.

Gaspard Monge, recruté en 1764 par du Vignau pour être employé comme dessinateur à la gâcherie, s'était fait rapidement remarqué par ses dons exceptionnels. Il réussit en particulier à résoudre graphiquement par des méthodes inspirées de la coupe des pierres l'un des problèmes de fortification les plus délicats, celui du défilement. Dès 1766, Bossut, le professeur de mathématiques, l'employait comme répétiteur officieux de son cours. Lorsque Bossut fut nommé en 1768 examinateur du Génie en remplacement de Camus, c'est Monge qui assura l'enseignement théorique à l'école, y compris la physique après 1770, tout en participant très activement à l'instruction pratique dans les salles⁵.

Comme René Taton l'avait déjà remarqué dans son étude sur Monge⁶, les deux instructions sur la perspective et sur les ombres révèlent que celui-ci avait acquis très tôt la maîtrise des techniques de la géométrie descriptive. Nous pouvons aujourd'hui préciser : dès 1768. Mais ce n'est pas tout. Monge lui-même affirmait l'ancienneté de la géométrie descriptive, reconnaissant qu'il n'avait rien inventé. Les historiens de la géométrie, et tout particulièrement René Taton, ont pu ainsi montrer que la géométrie descriptive est à la confluence de plusieurs courants précurseurs, dont le principal est

¹ G. Monge, *De la perspective et Des ombres*, publiés par Th. Olivier, *Applications de la géométrie descriptive aux ombres, à la perspective, à la gnomonique et aux engrenages*, Paris, 1847, pp. 26-35 et pp. 161-165. Le mémoire *De la perspective*, comme celui *Des ombres*, a été rédigé au plus tard en 1768.

² *De la Gnomonique*, publié dans T. Olivier, *Applications de Géométrie descriptive aux ombres, à la perspective, à la gnomonique et aux engrenages*, Paris, 1847, pp. 209-246. Olivier l'attribue, au moins pour partie, à Bossut.

³ Archives de l'inspection du Génie, art. 18, section 3, §§ HH-PP, *Inventaire général des plans et mémoires déposés dans le cabinet du commandant de l'École du corps royal du Génie concernant la dite École*.

⁴ A.-N.-B. du Vignau, *Exercice complet ...*, Paris, 1830, préface de P.-A. Hanus, pp. X-XI.

⁵ R. Taton, *op. cit.*, pp. 589-592.

⁶ R. Taton, *L'Oeuvre scientifique de Monge*, Paris, 1951, pp. 77-79.

certainement le dessin de taille des pierres¹. Et plus récemment, les recherches de Joël Sakarovitch ont éclairé, sur un plan à la fois théorique et historique, les rapports subtils entre la géométrie descriptive et les anciennes techniques graphiques qu'elle prétend subsumer². La connaissance de l'oeuvre de Chastillon montre qu'en fait la géométrie descriptive est l'héritière en ligne directe d'une tradition de géométrie pratique qui existait à Mézières avant l'arrivée de Monge. Comparer les deux instructions sur les ombres, de Chastillon et de Monge, c'est faire le partage, dans la géométrie descriptive, entre cet héritage de Mézières et l'apport original du mathématicien.

Le texte de Monge sur les ombres, rédigé dans un style assez sec, est beaucoup plus succinct que celui de Chastillon. On n'y trouve aucune considération sur le dessin. Après quelques observations et définitions d'ordre général, les plus importantes étant relatives aux pénombres, absentes du *Traité* de Chastillon, Monge pose le problème des ombres au soleil dans toute sa généralité : "La direction des rayons parallèles de lumière étant donnée, trouver l'ombre d'un corps quelconque, le corps et la surface étant donnés de dimensions et de positions."

Bien que Monge, comme Chastillon, traite le problème en géométral, il n'éprouve pas le besoin de le préciser. Surtout, au lieu de considérer un nombre indéterminé de plans de projection, il utilise seulement deux plans quelconques "qu'il est cependant plus commode, remarque-t-il, de supposer perpendiculaires l'un à l'autre et tels que l'un soit horizontal et l'autre vertical". Comme il est d'usage en coupe des pierres, Monge élève le plan vertical, ou élévation, directement sur sa trace sur le plan horizontal (trace que Chastillon appelait ligne d'élévation et que Monge appellera plus tard ligne de terre), tandis que Chastillon séparait encore plan et élévation, plaçant celle-ci parallèlement à sa trace sur le plan. Là où Chastillon dessinait encore un plan d'architecture, Monge fait déjà une épure.

Monge considère que les projections des corps sont données ainsi que la projection horizontale du rayon de lumière et son incidence. Pour illustrer sa solution, il reprend le dernier problème du *Traité* de Chastillon, en considérant l'ombre portée d'un ellipsoïde sur une surface conique (voir fig.). Sa méthode est identique, en substance, à

¹ *Ibid.*, pp. 52-71.

² Voir J. Sakarovitch, *Théorisation d'une pratique, pratique d'une théorie. Des traités de coupe des pierres à la géométrie descriptive*, Travail personnel de fin d'études, 1989, Ecole d'Architecture de Paris La Villette.

celle de son prédécesseur, bien qu'il choisisse comme plans auxiliaires des plans de bout parallèles au rayon de lumière au lieu de plans verticaux du soleil.

Chastillon allait dans son *Traité* du particulier au général. Adoptant une marche inverse, Monge, après avoir donné sa solution du problème général des ombres, étudie des cas simples, successivement l'ombre portée d'un cube dont les faces sont parallèles aux plans de projection, l'ombre d'un point sur un plan vertical et l'ombre d'un cylindre vertical sur un plan incliné. Là encore, les méthodes qu'il utilise sont les mêmes que celles de Chastillon, mais l'exposition et la notation gagnent considérablement en clarté et précision. Le dernier exemple étudié par Monge, l'ombre au flambeau portée par le rebord d'un puits conique sur sa surface concave, ne correspond à aucun des problèmes traités par Chastillon.

En somme, si le petit *Traité des ombres* de Monge reste, à bien des égards, très proche de celui de Chastillon, le point de vue est radicalement différent. Chez Monge, les constructions sont purement géométriques. Au lieu des exemples concrets tirés de la construction - poterne, mur, combles, maisons - qu'utilise Chastillon, il considère des figures abstraites - point, droite, cône, cube -. Même les puits de retranchement, utilisés dans la fortification, ne font pas exception, puisqu'ils ne sont, en fait, que des cônes tronqués renversés. C'est que Monge traite le problème des ombres non plus en architecte mais en mathématicien. Un peu plus tard, il donnera une théorie analytique des ombres au flambeau, fondée sur la considération des séparatrices développables de l'ombre et de la pénombre¹.

* *

*

Monge, avec sa géométrie descriptive, n'est que le continuateur, il est vrai génial, d'une tradition pédagogique ancienne. Cette tradition remonte sans doute à des temps antérieurs à la fondation de l'École de Mézières, puisque la coupe des pierres et des bois faisait partie depuis longtemps du bagage de l'architecte. Néanmoins, c'est Chastillon, le

¹ G. Monge, "Mémoire sur les propriétés de plusieurs genres de surfaces courbes, particulièrement sur celles des surfaces développables, avec une application à la théorie des ombres et des pénombres", *Mém. div. Sav.*, tome 9, 1780, pp. 382-440. Ce mémoire a été présenté à l'Académie des sciences le 11 janvier 1775.

premier, qui mit le trait à la base de la formation pratique de l'ingénieur. En utilisant pour le dessin des ombres des procédés en usage dans la coupe des pierres, il ouvrait la voie à la généralisation conceptuelle réalisée par Monge.

Il y a encore loin, pourtant, de Chastillon à Monge. Le premier, en 1763, raisonne encore en ingénieur architecte. Monge, lui, raisonne dès 1768 en géomètre. L'évolution apparaît en effet avec évidence dans le petit *Traité des ombres* qu'il rédige pour compléter celui de Chastillon. Si les méthodes sont les mêmes, le résultat est bien différent : ce n'est plus du dessin, c'est, déjà, de la géométrie descriptive.

Bruno BELHOSTE

Annexe

Traité des ombres dans le dessin géométral

Avant-propos

Dès le premier établissement de l'école du Génie à Mézières, on s'est attaché à donner aux jeunes officiers les principes du dessin et à le faire avec méthode. La facilité de l'expression avec le crayon et l'intelligence du dessin donnent celles de la bonne construction des ouvrages des places, du tracé et relief de la fortification et en général de tout ce qui y a rapport. Celles des ouvrages relatifs à la guerre de campagne et de siège forment le coup d'oeil pour la reconnaissance des places. C'est le dessin en un mot, entendu et appliqué à tous les objets qui caractérise en partie les ingénieurs.

On n'a rien trouvé de plus propre pour leur procurer cette connaissance parfaite du dessin que de leur faire suivre des cours de coupe des pierres et des bois; et on a pris soin à cet effet de développer la partie de la coupe des bois qui ne l'avait point été jusqu'à présent. Indépendamment des avantages qui résultent de cette étude, relativement aux constructions dont les officiers du Génie ont la direction, on conçoit facilement que, quand on faitⁱ développer toutes les faces et connaître tous les angles plans ou solides d'une pierre quelconque employée dans une voûte, une trompe, etc., ou

d'une pièce de charpente employée dans un comble, un dôme, un escalier, etc., [qu']ⁱⁱ on a bien de la facilité à développer un bastion, une demi-lune, un cavalier de tranchée, une batterie, etc., que, quand on sait bien former la représentation de toutes ces choses pour les faire entendre aux autres, on est en état de les représenter comme si elles étaient déjà exécutées, et d'en combiner les différentes constructions pour les rendre autant parfaites qu'elles peuvent l'être.

Mais, jusque là, l'étude du dessin a été bornée aux simples traits. L'art du lavis, les dégradations des teintes et des ombres, sont nécessaires pour lui donner l'effet du relief convenable; et, souvent, sans ces secours, le dessin ne pourrait être que difficilement entendu. L'art du lavis s'acquiert par l'exercice. Les dégradations des teintes doivent être tirées des lois de la nature, et l'étendue des ombres portées par les corps, devant être proportionnelles aux distances, doit être traitée avec le secours de la géométrie.

C'est de l'harmonie de ces différentes parties bien entendues que dépend la correction et l'expression du dessin. La partie de la fixation proportionnelle des ombres n'ayant point été traitée jusqu'à présent relativement au dessin géométral dont les ingénieurs font usage, nous avons cherché des pratiques puisées dans la géométrie commodes et expéditives pour les déterminer, en n'employant néanmoins sur les dessins que le moins de lignes possibles parce qu'elles ne pourraient qu'altérer la propreté qui leur est nécessaire. Mais ces pratiques et les principes sur lesquels elles sont fondées, n'ayant pas été mises en ordre jusqu'à présent et n'ayant été enseignées que par intervalles suivant le besoin des différents cas, ne pouvaient rester ni s'arranger dans la tête, ce qui engage à les rassembler et expliquer dans ce petit traité que l'on donne ici en forme de leçons pour l'usage de l'Ecole.

Après avoir établi des notions générales sur les dessins, nous indiquerons la manière de disposer ceux des ingénieurs; nous donnerons ensuite la méthode de déterminer les ombres sur toutes sortes de surfaces, en l'appliquant à des exemples; et nous finirons par détailler les principes suivant lesquels les ombres et les teintes se dégradent et s'affaiblissent, en mettant aussi sous les yeux les exemples nécessaires pour en faciliter l'intelligence.

Notions générales sur le dessin

Ce que c'est que le dessin

1. Le *dessin* est l'art de représenter les objets sur des surfaces quelconques. Ces surfaces sont ordinairement planes. Les peintres se servent de toile et donnent à leur ouvrage le nom de tableau. Nous ne nous servirons que du papier, auquel on donnera le nom général de *dessin*. Celui de la figure, de l'ornement, du paysage, ne s'acquiert que par les leçons d'un bon maître et par un exercice suivi pendant un certain temps. Le dessin de l'architecture civile et militaire, de la fortification, etc. prend ses principes dans les arts et dans la géométrie et s'exécute avec la règle et le compas.

Espèces primitives du dessin

2. On distingue deux espèces principales et primitives de ce genre de dessin, l'un est le dessin en perspective et l'autre est le géométral.

Notions du dessin en perspective

3. Le dessin en perspective représente les objets tels qu'ils paraissent d'un point fixe pris à volonté parmi tous ceux d'où ils peuvent être vus; c'est à dire qu'on suppose que de l'oeil du spectateur partent autant de rayons qu'il y a de points dans l'objet qu'on représente, lesquels, par leurs intersections avec le tableau ou la feuille de papier qu'on suppose placée entre l'oeil et l'objet, y représentent les mêmes points, qui, étant joints par des lignes correspondantes à celles de l'objet, les rendent en perspective. Cette manière de dessiner est l'imitation de la nature, et peut être très utile en plusieurs occasions, surtout lorsqu'on doit rendre compte d'un objet et de la position respective des parties sous un même point de vue. Mais elle a l'inconvénient que les dimensions de l'objet y sont pour l'ordinaire tellement défigurées qu'il est difficile d'en connaître avec exactitude les proportions d'après la seule représentation perspective.

Quoi qu'on ne soit pas dans l'usage de se servir de ce genre de dessin dans les projets de construction, néanmoins il est très utile qu'un ingénieur en ait connaissance pour se former le coup d'oeil si nécessaire dans la guerre en général, et particulièrement dans la reconnaissance des places qui souvent peuvent être vues de quelques éminences ou clochers. Il ne lui servira pas moins pour le lever des plans et des cartes, où il est obligé de représenter géométralement les objets qu'il ne voit qu'en perspective car, s'il a acquis l'usage de mettre avec facilité un plan géométral en perspective, réciproquement, il ne lui sera pas difficile de ramener la perspective au géométral. Il ne sera point fait mention de ce genre de dessin dans ce traité particulièrementⁱⁱⁱ.

Notion du dessin géométral

4. Le dessin géométral diffère principalement du dessin en perspective en ce qu'au lieu de supposer que les rayons qui partent de tous les points de l'objet concourent à un même point qui est l'oeil du spectateur placé à une distance finie, on imagine que tous ces rayons concourent à une distance infinie et sont par conséquent parallèles entre eux de sorte que, pour que le spectateur puisse le voir d'une distance finie comme ils sont représentés par un oeil infiniment éloigné, il est nécessaire que le spectateur change de lieu à chaque instant et se place successivement sur les directions de chaque rayon en particulier. On sent bien que ce dernier genre de dessin n'altère point les dimensions des objets qui se trouvent dans une situation parallèle au plan du papier, mais aussi qu'il ne peut représenter qu'une face à la fois et qu'il ne serait pas possible de prendre une idée complète de tout, si le spectateur était censé considérer toujours la même face. On a donc pris le parti d'imaginer différents plans qui traversent l'objet ou qui lui sont extérieurs, et l'on suppose que sur ces plans se peignent, comme on l'a dit, les parties des objets qui leur sont directement opposées. C'est de cet art que l'étude de la coupe des pierres et des bois donne la plus exacte connaissance et qui ne laisse rien à désirer, si on excepte les ombres et les teintes.

De la projection horizontale, ou du plan et de ses usages (Planche 1, fig. 1)

Mettre ici la planche 1. Légende : Planche 1

5. Sur un plan horizontal mené à travers, au dessous ou au devant de l'objet, on conçoit que de tous les points de l'objet partent des droites verticales, qui forment par leurs extrémités sur ce plan une figure qu'on nomme la projection horizontale de l'objet ou simplement son plan; soit, par exemple, la droite AB, inclinée d'une manière quelconque à l'horizon. Si, sur le plan horizontal DE, on abaisse de tous les points de AB des perpendiculaires NM, OP, BC, la droite AC que ces perpendiculaires formeront

par leur rencontre avec le plan horizontal, sera la projection horizontale ou le plan de AB et par conséquent aussi la représentation sur le plan horizontal proposé. Les perpendiculaires NM, OP, BC, sont les rayons suivant lesquels l'oeil regarde successivement tous les points de AB sur lesquels ils se peignent aux points A, M, P, C. Souvent dans le discours ordinaire, on dit que AC est la grandeur de AB au plan.

De la projection verticale, ou des profils et élévations et de leurs usages (Planche 1, fig. 1)

6. De même, si, sur un plan vertical EF mené par un point de l'objet^{iv}, on tire de tous les points de ce même objet des perpendiculaires au plan vertical, leurs rencontres avec lui y forment une figure qu'on nomme profil lorsque le plan de représentation coupe l'objet, et élévation lorsqu'il lui est extérieur; et cette figure en est la représentation sur le plan vertical. Si, par exemple, de tous les points A, N, O, etc. de l'objet AB on mène au plan vertical FE des perpendiculaires AC, NQ, OR, dont les extrémités forment sur ce plan vertical la droite BC, cette droite BC est le profil ou élévation de AB et sa représentation sur le plan vertical dont il s'agit. C'est un usage assez ordinaire de dire que BC est la grandeur de AB au profil ou à l'élévation.

Du nombre des plans, profils et élévations nécessaire pour la connaissance parfaite de l'objet

7. Les plans de représentation dont nous avons parlé (art. 4) ne sont limités dans la théorie ni quant à l'espèce, ni quant au nombre; mais dans la pratique on n'en emploie que de deux espèces, savoir les plans horizontaux et les plans verticaux ; mais, pour faire connaître l'objet, le nombre des uns et des autres n'est pas toujours le même; souvent, sur le même plan s'élèvent plusieurs profils et élévations.

Choix et dispositions des plans, profils et élévations

On sent assez qu'il y a de l'art dans le choix et la disposition des plans, profils et élévations qu'on veut employer afin de représenter l'objet le plus parfaitement qu'il est possible, avec les figures les moins nombreuses et les moins chargées, mais cet art ne peut être soumis à des règles générales. De bons modèles et la pratique sont les meilleurs maîtres qu'on puisse consulter.

La combinaison des plans, profils et élévations fait connaître les véritables dimensions de l'objet

8. Ces principes établis, il est aisé de concevoir qu'en combinant ensemble les plans, profils et élévations, on connaîtra toutes les dimensions des parties de l'objet au moyen des échelles ^v, car les plans donnent toutes les mesures horizontales, les profils et élévations donnent toutes les mesures verticales, même les mesures inclinées à l'horizon ^{vi}, en sorte que la difficulté se réduit tout au plus, pour les inclinées ^{vii}, à trouver l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont on a les deux côtés, l'un au plan et l'autre au profil. Ainsi, dans l'exemple proposé, il est visible qu'ayant AB au plan et au profil, on a cette ligne elle-même en nature. Il en sera de même dans tous les cas. C'est de cette espèce de dessin qu'on se sert dans les projets des ouvrages proposés à la cour, et pour leur construction.

Espèce mixte de dessin en perspective

9. Nous avons insinué (art. 2) qu'il y a d'autres genres de dessin que celui en perspective et celui géométral, mais ils sont tous divisés ou composés de l'un ou de l'autre de ces deux espèces primitives. Celui d'entre eux dont on fait le plus d'usage s'appelle perspective cavalière dont l'étymologie nous vient du peu de scrupule qu'on se permet dans les règles de cette perspective. Par exemple, on s'en est servi pour représenter (fig. 1) les solives auxquels appartiennent le plan horizontal DE et le vertical FE. On l'a aussi employé avec succès pour expliquer les assemblages de charpente et les ponts-levis ^{viii}. Dans cette espèce de dessin, on peut toujours conserver à une des surfaces planes qui enveloppent un corps et à sa parallèle (lorsqu'elle en a une) leurs figures sans altération ni dans leurs angles ni dans la longueur des lignes qui les forment.

A l'égard des autres surfaces qui enveloppent le corps, les ouvertures des angles seront nécessairement altérées, mais les lignes conserveront leurs vraies longueurs, ce qui rend cette sorte de dessin susceptible de dimension qu'on peut connaître au moyen de l'échelle. Ce dernier genre de dessin est si facile à entendre, d'après ce qu'on en voit (fig. 1) et ce qu'on en a vu dans le supplément à l'art de la charpente, que nous n'entrerons pas à ce sujet dans un plus grand détail.

Nécessité d'ombrer les dessins

10. Si l'on n'avait qu'à mettre aux simples traits les plans, profils et élévations des différents objets que l'on veut représenter, on n'aurait besoin que des projections horizontales et verticales expliquées ci-dessus (art. 5-6), et ce sont les seules dont on

s'est servi dans la coupe des pierres et des bois. Mais, pour donner de la grâce au dessin et faire apercevoir du premier coup d'oeil les différents reliefs de toutes les parties de l'objet qu'il représente, il est nécessaire d'observer les dégradations des teintes et d'y marquer les ombres portées par le soleil, en suivant à cet égard ce qui se passe dans la nature.

Nous parlerons à la suite de la dégradation des teintes. Nous allons expliquer la manière de déterminer la figure, l'étendue des ombres relativement aux différentes surfaces qui les reçoivent, lesquelles surfaces sont toujours projetées sur la feuille horizontale et verticale du dessin.

Les rayons du soleil parallèles entre eux

11. Nous admettons pour principe fondamental que différents rayons du soleil sont parallèles. Si en mécanique on a supposé que les directions de la pesanteur étaient parallèles, à plus forte raison admettra-t-on la même hypothèse pour les rayons du soleil, puisque le centre de la terre n'est éloigné de notre horizon que de 1500 lieues, tandis que nous sommes éloignés du soleil de près de 33 000 000 lieues^{ix}.

Les plans verticaux du soleil aussi parallèles

12. Si par un rayon du soleil on fait passer un plan vertical, l'intersection de ce plan avec la feuille horizontale du dessin y déterminera (art. 5) la projection de la direction du rayon du soleil au plan. Cette direction sera ensuite projetée sur les profils et élévations, ainsi qu'il est expliqué (art. 6).

Si l'on fait passer des plans verticaux par plusieurs rayons du soleil, il suit de l'article précédent qu'ils seront parallèles entre eux. On les nomme plans verticaux du soleil.

Ombre projetée

13. Cela posé, si de tous les points d'un objet on imagine des parallèles au rayon du soleil tirées jusqu'à la rencontre d'une surface quelconque, elles y peindront une figure qui sera la projection de l'ombre de l'objet sur cette surface. Sur quoi, on observera que, pour trouver l'ombre d'un corps quelconque, il suffira de projeter les lignes de son contour qui sont rasées par les rayons du soleil.

Projection oblique servant à déterminer la figure et l'étendue des ombres (Planche 1, fig.2)

14. Mais, pour déterminer cette projection, il faudra premièrement établir la direction ou élévation d'un rayon solaire. Soit, par exemple, SL la direction d'un rayon solaire, l'angle ALS celui de son élévation. Soient aussi les lignes DE, EF, DF, qui doivent se projeter sur un plan quelconque, horizontal, vertical ou incliné, représenté par AL, CL ou MN. Si, par les points D, E, F, on tire parallèlement à SL les lignes Dd, Ee, Ff, jusqu'à la rencontre d'un plan sur lequel on veut projeter les lignes DE, EF, DF, on aura la projection de ces lignes déterminées par leurs correspondantes de, ef, df.

Il est aisé de voir que cette projection ne diffère de celles expliquées (art. 5 et 6) qu'en ce que les lignes qui les produisent sont inclinées à l'horizon. Par cette raison, on peut l'appeler projection oblique. Elle suit d'ailleurs les mêmes lois, c'est à dire que toutes les lignes parallèles au plan sur lequel elles sont projetées conserveront sur ce plan leurs longueurs sans altération^x.

Avant d'entrer dans un plus grand détail sur ce sujet, il est bon de faire connaître les différentes dispositions les plus convenables aux plans, profils et élévations, qu'on peut appeler un système de dessin, et les différentes hypothèses qu'on peut suivre pour les ombres, et aussi examiner celles qui paraissent mériter la préférence relativement aux usages auxquels les dessins des ingénieurs sont destinés.

Dispositions et arrangements des dessins assez ordinaires aux architectes

15. Les architectes observent, lorsque leurs dessins peuvent être contenus dans une même feuille, de placer en bas de la feuille le plan des caves et souterrains, celui du rez-de-chaussée au dessus, puis celui du premier étage, etc., et d'arranger sur les places du papier que ces plans laissent vides, les différents profils et élévations, sans avoir égard à leur position relativement aux plans auxquels ils appartiennent. Ils ne sont pas dans l'usage ordinaire de faire porter ombres sur les aires des cours, jardins, escaliers et place d'intérieur par les différents murs qui forment les plans, se contentant de marquer les ombres par des gros traits sur les arêtes opposées au jour, qu'ils font venir du coin à gauche de la feuille qui contient le dessin. Il est vraisemblable qu'ils ne sont détournés d'ombrer les plans que parce que les ombres se confondraient avec les teintes à l'encre de la Chine, qui expriment les maçonneries coupées que leurs plans représentent, d'autant qu'ils ne manquent pas d'ombrer les arbres et même les arbustes des jardins qui

se trouvent dans leurs dessins, et qu'on ne peut disconvenir que les ombres contribuent beaucoup à faire entendre du premier coup d'oeil les différents reliefs des plans, lorsque toutes leurs parties ne sont pas assujetties à un même niveau.

Les architectes observent d'ailleurs d'ombrer les profils et élévations qui ont indispensablement besoin de secours pour être entendus. Ils supposent, comme font ordinairement les peintres, que le jour vient de derrière leur épaule gauche, c'est à dire du coin à gauche du haut de la feuille qui contient le dessin, et ils suivent les mêmes lois, lorsque les plans, profils et élévations se trouvent sur des feuilles séparées. Pour que les ombres des profils ne se confondent pas avec les teintes à l'encre de la Chine des maçonneries coupées, ils laissent les maçonneries en blanc, en se contentant de les pointiller, ce qui dans le même dessin fait une contradiction qui n'est pas raisonnable, les maçonneries devant être traitées aux profils de même qu'aux plans. Mais ce n'est pas la seule contradiction que leurs plans et profils représentent. Le jour venant aux uns comme aux autres du coin à gauche en haut de la feuille du dessin suppose aux plans et profils une situation verticale qui, à l'égard des premiers, est contre la nature. Les architectes sont trop éclairés pour admettre cette supposition. On doit croire qu'ils regardent les dessins comme copiés d'après un relief éclairé par le même soleil, ou que les plans, profils et élévations sont appliqués sur une même table verticale, ce qui d'ailleurs s'accorde avec l'usage qu'on fait de leurs dessins. Quelqu'un qui fait bâtir une maison orne assez souvent son cabinet des dessins qui lui ont été fournis.

Dispositions et arrangements qui conviennent aux dessins des ingénieurs

16. Il n'en est pas de même des dessins des ingénieurs. Tout ce qui concerne les plans de guerre et qui pourrait donner aux ennemis des éclaircissements doit être secret et caché au public. Destinés à paraître sous les yeux du Roi et des ministres, il convient de les disposer de manière qu'ils puissent commodément être examinés, et l'arrangement le plus convenable pour remplir cet objet est de placer autour des plans les profils et élévations parallèlement aux lignes sur lesquelles on les supposait élevés. Ces dessins ainsi disposés et arrangés sur une table, les plans se trouvent avoir leur situation horizontale naturelle et les parties de la feuille qui représente les profils et élévations sont relevées de la main par celui qui les représente, pour faire sentir plus aisément leur situation verticale. Cette disposition et ces arrangements des profils et élévations autour des plans facilitant l'examen de la relation des mêmes parties sur les plans et les profils,

les font entendre avec moins de tension d'esprit. Et, le premier profil ou élévation examiné, on tournera le dessin pour en présenter un autre qui, relevé de la main comme le premier, se trouve également accompagné du plan, et ainsi de tous les autres. Cet usage fait, ces dessins sont repliés dans les portefeuilles des bureaux pour y avoir recours dans le besoin.

Les lignes des profils et élévations doivent être marquées sur les plans, et les lignes des plans doivent l'être sur les profils et élévations

17. Les ingénieurs ne doivent pas perdre de vue, dans l'arrangement de leurs dessins le principal usage auquel ils sont destinés. D'ailleurs, les teintes de maçonneries coupées pour les ouvrages faits étant lavées en rouge et celles des ouvrages proposés en jaune, tant aux plans qu'aux profils et élévations, rien n'empêche d'ombrer les uns et les autres, pour en faire sentir le relief et faciliter l'intelligence. Il est nécessaire, à cet effet, de marquer sur les plans les lignes par lesquelles passent les profils et élévations. Ces lignes sont appelées lignes de profil, ou d'élévation. On indiquera aussi par des horizontales menées à travers les profils et élévations les hauteurs auxquelles on fait passer les plans. Ces lignes seront nommées lignes de plan.

Nécessité de faire éclairer par le même soleil tout un système de dessin

18. On conçoit aisément que l'arrangement et l'usage des plans, profils et élévations dont nous venons de parler (art. 17), nécessitent une même incidence et direction des rayons du soleil qui éclaire tout le système afin que dans la comparaison des parties d'un profil ou d'une élévation avec celles du plan auxquelles elles répondent, on n'y remarque pas différentes directions et hauteurs du soleil. Cet arrangement place dans l'ombre des élévations et profils entiers qui ne reçoivent de lumière que par réflexion, comme on le verra dans les exemples que nous apporterons.

Une même direction et hauteur du soleil sera également nécessaire quand les profils, plans et élévations se trouvent placés sur des feuilles différentes. Cette manière d'ombrer les dessins, qui est l'imitation de la nature et qui les rend plus faciles à entendre et également gracieux, exige plus d'art et de combinaison que pour le faire par la méthode que suivent les architectes, qui ne supposent aussi qu'un même soleil, mais porté sur un seul et même plan vertical. Et d'autant que leur système d'ombre se trouve

renfermé dans celui qu'on propose et dont il fait partie, on n'aura point d'instruction particulière à en donner.

Direction et élévation d'un rayon solaire pour un système de dessin

19. La nécessité d'éclairer un système de dessin par le même soleil étant reconnue, on sera maître de donner au rayon solaire telle direction et telle élévation que l'on jugera à propos pour faire du dessin un tableau gracieux : l'expérience a fait voir qu'en général, les directions et élévations d'un rayon solaire à 45 degrés remplissaient mieux ce but que tout autre. C'est en effet la supposition la plus ordinaire des peintres et dessinateurs. C'est à dire qu'ils imaginent que le plan vertical du soleil fait avec le plan du tableau ou de la feuille de dessin un angle de 45 degrés, tandis que le rayon solaire venant de derrière leur épaule gauche est élevé au dessus de l'horizon de 45 degrés. On fera bien d'admettre la même supposition, à moins qu'on ait des raisons particulières pour s'en écarter.

Nécessité d'ombrer les plans des places de guerre et leur disposition

20. Ce qui a été dit précédemment sur la nécessité d'ombrer les plans en général pour en faire connaître les différents reliefs doit s'appliquer aux plans des places de guerre à l'égard desquels nous observerons qu'ils doivent toujours être supposés vus de l'intérieur du Royaume, ce qui détermine leur position sur la feuille de papier. On ne doit pas omettre d'y marquer les ombres produites par les revêtements des remparts, des églises, bâtiments militaires et civils et, comme on est dans l'usage de marquer les combles des églises, bâtiments militaires et civils et de supposer toutes les maisons des bourgeois coupées à 4 ou 6 pieds de hauteur, il en résulte des cascades d'ombres qui, bien ménagées et entendues, contribuent beaucoup à donner aux plans l'apparence du relief qu'ont dans la nature les objets qu'ils représentent. Mais, pour le faire avec quelque précision, il est nécessaire d'avoir un plan de niveau qui fasse connaître les hauteurs des différents points qui portent ombre au dessus des surfaces exposées à les recevoir.

Direction et élévation du soleil pour les plans des places de guerre

21. Le plus souvent, on se bornait à faire porter des ombres aux arbres et haies des jardins et sans aucun égard à la situation du soleil sur le plan de la place : on en faisait venir le jour du coin à gauche du haut du dessin. Ce soleil, placé au hasard, éclairait

souvent des côtés de montagne, fond de fossés, etc., qui ne voient jamais le soleil à midi. Le paysage d'un plan étant vu avec sa lumière naturelle en est plus reconnaissable. Ainsi, ce que l'on peut faire de mieux est de faire venir la lumière du soleil du midi. En choisissant son élévation au dessus du plan horizontal sous un angle qui convienne à la place que l'on dessine. Si par des raisons particulières, on trouvait plus d'avantages à faire venir la lumière d'un autre point que du midi, on serait maître de le faire, pourvu néanmoins que l'on choisît une direction et élévation du soleil qui soit dans la nature et convenable au lieu. Par exemple, à Mézières, situé environ à 50 degrés de latitude, on a choisi (planche 2) une direction du soleil faisant avec la ligne du midi un angle de 40 degrés du sud à l'est, qui répond à peu près à celle de neuf heures du matin, heure à laquelle le soleil se trouve élevé de 45 degrés vers le solstice d'été.

Si les fossés se trouvent élevés et étroits, on pourra choisir une plus grande élévation de soleil; de même une moindre, s'ils sont plus larges et moins profonds. Il faut aussi qu'une trop grande étendue d'ombre n'absorbe point le pavé des rues.

Sans nous étendre davantage sur cette matière, nous allons passer à l'application des principes établis à différents cas les plus ordinaires.

Méthode de projeter sur les feuilles de dessin les ombres produites par les corps sur toutes sortes de surfaces

22. Lemme

Projeter sur les profils et élévations quelconques un rayon du soleil, dont on a la direction au plan et dont l'élévation est connue (planche 1, fig. 3, 4, 5, 6 et 7).

Soit (figure 3) un plan, dont les figures 4, 5, 6 représentent les profils ou élévations. Soit aussi sur le plan la projection de la direction d'un rayon solaire, exprimé par SL dont l'angle TLX (fig. 7) représente l'élévation au dessus de l'horizon.

On prendra sur la ligne SL (fig. 3) une partie à volonté, telle que TL, que l'on projettera (art. 6) aux profils ou élévations sur les lignes YZ, prolongées s'il est nécessaire, et ayant sur ces profils et élévations tiré par le point T du plan les verticales TX, égales chacune à celle TX (fig.7), toutes correspondantes au point T du plan par les points S et L on tirera les droites SL, qui seront les projections aux profils et élévations du rayon solaire exprimé au plan par SL.

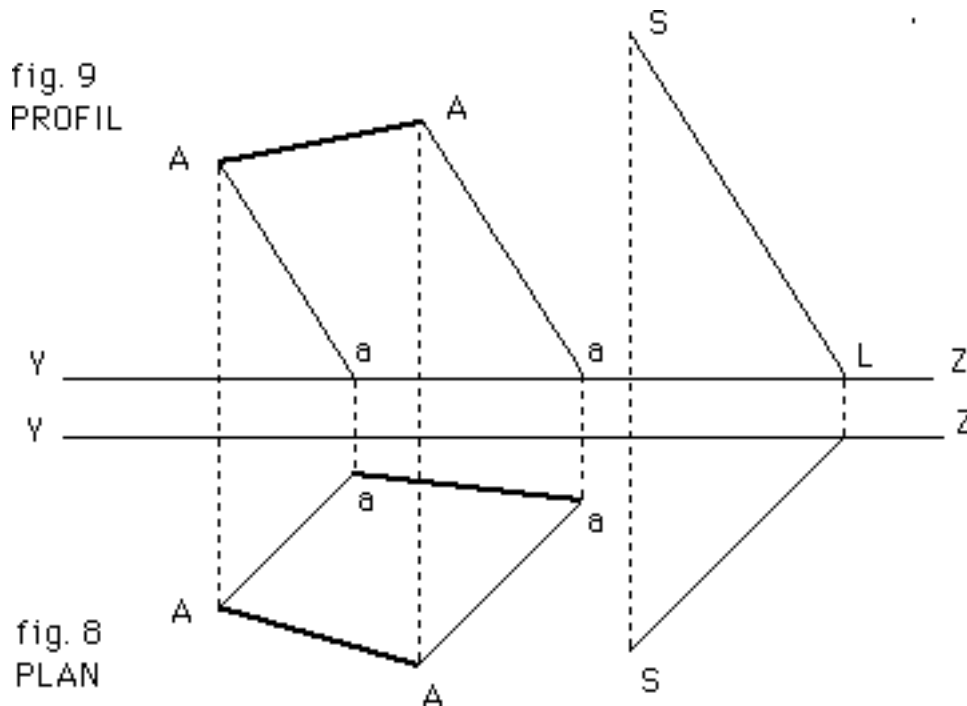
23. Problème 1

Projeter sur une feuille de dessin les ombres portées sur une surface horizontale par des lignes quelconques droites ou courbes.

Mettre ici la planche 2 (lanterne). Légende : planche 2

Soit (fig.8) le plan d'un mur d'appui au dessus d'un mur de terrasse, au devant duquel est une lanterne suspendue et une barrière avec un tourniquet.

Que les fig.9 et 10 en soient les profil et élévation. On mènera (art. 22) sur les plan, profil et élévation les lignes SL, projections du rayon solaire.



Par les extrémités A d'une ligne telle que AA qui porte ombre (fig. 8), on tirera les lignes Aa parallèles à SL. L'ombre des points A sera nécessairement dans ces lignes. Par les points A du profil (fig.9) correspondants à ceux du plan, on tirera pareillement une parallèle à SL, jusqu'à ce qu'elle rencontre aux points a la ligne YZ, qui représente le plan horizontal sur lequel les ombres seront portées. Ces points a, étant ensuite projetés au plan (fig.8) sur les lignes Aa, y détermineront en a et a l'ombre des

extrémités A de la ligne AA et, par conséquent, si l'on tire aa, elle sera l'ombre de la ligne AA.

On projettera de la même façon l'ombre de toute autre ligne droite sur un plan horizontal, et c'est par cette méthode qu'on a marqué celle des barrières, du tourniquet et de la lanterne supposée abaissée. S'il est question de trouver que porte le dessus du bahut couronnant le mur d'appui, on cherchera l'ombre de plusieurs points appartenant à cette courbe et par ces points projetés on tracera l'ombre de la courbe.

Comme on ne doit marquer sur les dessins que les lignes nécessaires pour la connaissance des objets qu'ils représentent, on se contentera de marquer légèrement en crayon les lignes SL, qu'ici on a tirées en rouge pour les rendre plus sensibles. On se dispensera même de mener (fig. 9) les parallèles à SL telles que Aa. Il suffira de prendre avec le compas l'intervalle du point A à la ligne SL, puis, sans changer l'ouverture, on cherchera par tâtonnement sur la ligne horizontale YZ un point a, duquel pour centre on puisse décrire un arc tangent à SL, et on projettera ce point a au plan (fig.8) par la méthode des tâtonnements ordinaires, pour éviter des lignes inutiles.

24. S'il se trouve quelque élévation en couronnement, tel que le fossé ponctué au plan (fig.8) et à l'élévation (fig.10), les verticales, qui ne sont représentées au plan horizontal que par des points, donneraient des ombres sans aucun ressaut et il n'y en aurait qu'à celles des horizontales ou inclinées qu'on s'est contenté de marquer en lignes ponctuées, sans en donner l'explication qui ne pourrait être qu'une répétition de ce qui a été dit ci-devant.

25. Problème 2

Projeter sur une feuille de dessin les ombres portées sur une surface verticale par une ligne quelconque.

Soit (fig. 10) l'élévation d'un mur qui reçoit l'ombre d'une lanterne suspendue au devant d'une potence qui soutient cette lanterne. Nous allons déterminer sur ce mur l'ombre d'une verticale, d'une horizontale et d'une inclinée.

Ce problème peut se résoudre par le moyen du plan (fig.8) ou du profil (fig.9).

par leurs correspondants au plan on tirera Dd, Ee parallèles à la projection SL du rayon solaire, et les points d et e, où ces parallèles rencontreront la ligne QR, étant ensuite projetés sur les lignes Dd, Ee de la figure 10, y détermineront les points d, d, e, e, entre lesquels sera renfermée la projection, ou l'ombre, des arêtes représentées par les points D et E. Après quoi, il sera facile d'achever la projection totale du bras horizontal, en tirant par les points d et e des parallèles aux arêtes horizontales et verticales des bouts de ce bras.

Enfin, s'il est question de trouver l'ombre du lien incliné qui soutient le bras de la potence, on marquera au plan (fig.8) en lignes ponctuées la projection de la chambrée HH de ce lien sous la face horizontale du bras, et cette chambrée étant représentée (fig.10) en FF, qui définiront en même temps les extrémités des arêtes supérieures du lien, on tirera (fig.8) les lignes Hh, parallèles à SL, et (fig.10) les lignes Ff, parallèles à SL, qui s'entre couperont en f et f avec les verticales hf menées par les correspondantes du plan (fig.8) à l'élévation (fig.10). On marquera pareillement en lignes ponctuées la chambrée GG de l'extrémité inférieure du lien sur la face verticale du poteau montant, puis, des points G et G, on mènera parallèlement à SL les lignes Gg, dont les intersections en g et g avec les verticales gg correspondantes du plan à l'élévation, donneront les extrémités des deux parallèles gf, qui détermineront la longueur de l'ombre cherchée que le lien porte sur le mur (fig.10).

Deuxième solution, en se servant du profil

Pour éviter les répétitions, nous nous contenterons d'appliquer cette solution au lien incliné qui soutient le bras de la potence.

On remarquera, comme on l'a fait dans la solution précédente, la chambrée du lien sur la face verticale du poteau montant (fig. 10), afin d'avoir les points G et G extrémités des arêtes qui portent ombre. Par ces points et, par ceux F et F, extrémités supérieures des mêmes arêtes, on tirera des parallèles à SL. Par les points F, F, G, G (fig.9), on tirera aussi, parallèlement à la projection du rayon solaire, des parallèles Ff, Gg jusqu'à la rencontre du plan vertical sur lequel les ombres doivent se peindre. On prendra, ensuite, les hauteurs des points f et g au dessus de l'horizontale QR, qu'on portera par ordre (fig. 10) sur les parallèles Ff, Gg. Elles y détermineront les points f et f, g et g que l'on cherche.

On aurait fixé par les mêmes méthodes l'ombre d'une courbe quelconque, en cherchant celle de plusieurs de ses points.

Par les procédés détaillés ci-dessus, on a projeté (fig. 10) les ombres des objets différents qui en portent sur le plan vertical. Si l'on avait à projeter l'ombre d'une seule ligne portée sur plusieurs plans verticaux, on y réussirait par la même pratique, en reconnaissant les différents points de cette ligne qui portent ombre sur chaque plan vertical, ou en imaginant quelques-uns de ces plans verticaux prolongés assez pour recevoir l'ombre de la ligne entière, laquelle étant trouvée, on se contentera de marquer sur chaque plan vertical la partie de cette ombre qu'il doit recevoir.

26. Remarque 1 (Planche 3, fig. 10)

On remarquera que, les lignes horizontales du bras de la potence perpendiculaires à l'élévation de la figure 10, et qui y sont représentées par des points, donnant des ombres dirigées parallèlement à SL sans aucun ressaut sur le plinthe couronnant le mur de terrasse au-dessous du mur d'appui en briques, au lieu que les arêtes verticales du poteau forment des ressauts sur le dit plinthe, il en serait de même de toutes autres lignes non perpendiculaires à l'élévation et qui, par conséquent, n'y seraient pas représentées par des points.

27. Remarque 2 (Planche 4, fig. 8-a, 9-a, 9-b et 10-a)

On a supposé que le mur sur lequel les ombres vont se peindre était parallèle à la ligne MN du plan sur laquelle l'élévation a été prise. Mais, si le mur n'était point parallèle, comme on le voit fig. 8-a, après avoir marqué la direction SL du soleil au plan et l'avoir relevée aux profils (fig. 9-a et 9-b) et à l'élévation (fig. 10-a), on y marquera les ombres en se servant du plan ou des profils, comme il a été dit (art. 25), et, d'autant que les bras de potence perpendiculaires au mur ne le sont point à la ligne AB sur laquelle l'élévation (fig. 10-a) a été prise, ils n'ont pu y être représentés que par des lignes, des extrémités desquelles il a été nécessaire de mener des parallèles à SL pour en déterminer les ombres. Pour abrégier l'opération, on pourrait prolonger au plan les arêtes horizontales des bras de potence, et, les ayant relevées à l'élévation, ils y auraient donné des points, par lesquels, et ceux des extrémités marquées comme il vient d'être dit, on aurait tiré des lignes qui auraient déterminé les ombres. Remarquant que, de quelque manière qu'on fasse l'opération, il se fera des ressauts dans la partie à droite de

l'élévation occasionnés par le renforcement de la porte marquée, on les déterminera comme il a été dit (art. 24).

Pour éviter les petites opérations nécessaires pour trouver les ombres des horizontales perpendiculaires aux murs sur lesquels elles doivent se peindre, on peut se procurer des directrices auxquelles les ombres doivent être parallèles. Par un point quelconque de la direction SL du soleil au plan, on tirera les lignes 8-7, 8-9, parallèles aux lignes de biais des deux murs, et d'un point S quelconque de la même direction du soleil au plan, on abaissera sur ces parallèles des perpendiculaires S-10, S-11, et, ayant porté ces deux perpendiculaires horizontalement à leurs profils correspondants (fig. 9-a et 9-b) en S-14 et S-15, on les représentera de même à l'élévation (fig. 10-a) en les portant de S en 12 et de S en 13, et on tirera les lignes L-12 et L-13, qui seront les directrices auxquelles les ombres de chacune des horizontales perpendiculaires aux deux élévations de mur de la figure 10-a seront parallèles.

Enfin, généralement, quels que soient les points pris sur la direction solaire au plan, ainsi que les lignes menées de l'un des dits points parallèles aux faces du mur biaisées à AB et les lignes menées de l'autre point perpendiculaires sur les parallèles respectives, ces deux points quelconques, pris sur la direction solaire au plan, trouveront toujours leurs positions aux profils et aux élévations, l'un dans le rayon solaire y faisant l'extrémité d'une ligne horizontale qui déterminera la représentation de l'autre point, et cette horizontale, dans chacun des profils ou élévations, représentera l'une des deux perpendiculaires ci-dessus, telles qu'ici S-10 et S-11 (fig. 8-a), ou toutes les deux ensemble, suivant leurs correspondantes à ces élévations ou profils.

28. Remarque 3

La partie à droite de l'élévation de la figure 10-a représente l'ombre d'une horizontale perpendiculaire à un plan vertical. Telle est l'arête OP d'une couverture de porte sur le piédroit de la même porte. On peut la déterminer directement, en prenant au plan (fig. 8-a) la distance 1-2 et la portant verticalement à l'élévation de 3 en 4, en tirant la ligne P-4, qui déterminera sur le piédroit de la porte l'ombre de la couverture OP. Mais, comme cela pourrait devenir embarrassant dans les élévations dont les piédroits des portes et croisées n'auraient pas la même largeur, on trouverait plus commode de se procurer par une opération plus en grand une directrice 5-6, à laquelle la ligne P-4 serait menée parallèlement.

29. Problème 3

Déterminer l'ombre d'une ligne droite ou courbe sur une surface inclinée quelconque projetée sur une feuille de dessin supposée horizontale ou verticale (Planche 5, fig. 11, 12, 13, 14 et 15).

Mettre ici la planche 5. Légende : Planche 5.

Soit (fig. 11) la projection horizontale d'un comble, composé de deux pans et deux croupes, dont les figures 12, 13, 14 et 15 représentent les profils et élévations. Il s'agit de tracer sur toutes ces surfaces les ombres portées par des souches de cheminées, par des lucarnes et boules d'amortissement.

Ayant (art. 22) projeté sur toutes les figures un rayon solaire SL, par les extrémités des lignes dont on veut trouver l'ombre on lui tirera des parallèles jusqu'à la rencontre des surfaces qui reçoivent l'ombre, imaginées prolongées s'il est nécessaire. Les points où ces surfaces seront rencontrées par ces parallèles étant ensuite projetés sur les lignes correspondantes au plan et aux élévations, y détermineront les ombres que l'on cherche.

Nous ferons seulement remarquer que les ombres étant une fois marquées au plan, peuvent se projeter aux élévations par le moyen des distances horizontales. Mais, que, si l'on ne veut pas se servir du plan pour cet usage, on peut les projeter directement par le moyen des hauteurs verticales prises au profil et aux élévations sur les parallèles correspondantes à la projection du rayon solaire.

On ne pourrait entrer dans le détail de l'application de ce problème à la projection des droites, sans répéter ce qui a été dit (art. 24). Nous nous contenterons d'expliquer les procédés à tenir pour déterminer l'ombre d'une sphère sur une surface inclinée vue en plan ou en élévation.

On remarquera facilement (art. 22) que l'ombre d'une sphère n'est autre que celle de son grand cercle perpendiculaire au rayon solaire. Ainsi, il suffira de projeter un cercle au plan, au profil et à l'élévation, afin d'avoir sur ces trois figures les points correspondants, desquels on puisse tirer des parallèles à la projection du rayon solaire.

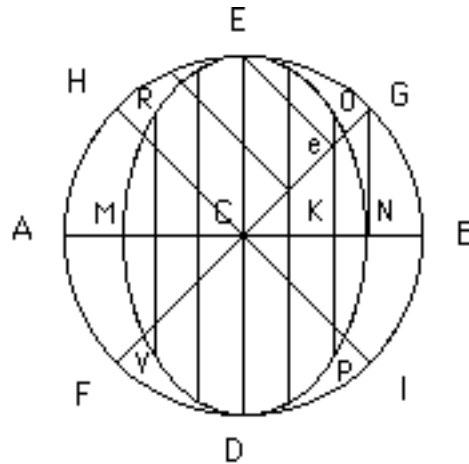


fig. 11. Construction de la projection sur le plan d'un grand cercle de la sphère

Pour cet effet, on mènera (fig. 11) à travers la sphère deux diamètres AB, DE, l'un parallèle, l'autre perpendiculaire à SL. Ce dernier sera le diamètre horizontal du grand cercle qui porte ombre. On tirera ensuite un troisième diamètre FG, qui fasse avec AB un angle GCB de 45 degrés, égal au complément de l'angle de l'élévation du soleil, et enfin un quatrième diamètre HI, perpendiculaire à FG. Cela fait, on partagera le quart du cercle HEG en autant de parties qu'on voudra. Par les points de division, tels que E, on abaissera sur FG la perpendiculaire Ee. Après quoi, par les points G, e, etc., on tirera sur AB les perpendiculaires eK, etc., qui donneront les points N et K que l'on portera sur CA de C en M et de C en Q. Par les points K et Q, on mènera de part et d'autre de AB des ordonnées que l'on fera égales à eE. L'on aura des points O, P, R, V, par lesquels et ceux E, N, D, M, on fera passer une ellipse, qui sera au plan la projection que l'on cherche du grand cercle de la sphère. Cette ellipse sera ensuite projetée au profil (fig. 13) et à l'élévation (fig. 15), ainsi que les points cotés des mêmes lettres l'indiquent.

Pour ce faire, on projettera comme à l'ordinaire au profil et à l'élévation (fig. 13 et 15) les verticales élevées des points D, P, N, O, E, V, M et R du plan (fig. 11), dans lesquelles doivent se trouver les dits points. Ceux D et E se trouveront aux extrémités du diamètre horizontal DE (figures 13 et 15). A l'égard des autres points P, N, O, V, M et R, on en reconnaîtra la hauteur par la réflexion suivante : le rayon solaire étant élevé de 45 degrés au dessus de l'horizon, et le grand cercle de la sphère qui porte ombre lui étant perpendiculaire, fera aussi avec l'horizon un angle de 45 degrés, et, aussi, les points P, N, O (fig. 13 et 15), qui sont à la circonférence supérieure du grand cercle, seront autant

élevés au dessus du plan horizontal passant par le diamètre DE, et les points V, M, R qui sont à la circonférence inférieure du même grand cercle, seront autant abaissés au dessous du dit plan horizontal qu'ils sont les uns et les autres distants d'un plan vertical passant par le même diamètre DE. On pourra donc, sans le secours des profils et élévations (figures 13 et 15), prendre au plan (fig. 11) les distances perpendiculaires des points P, N et O, ou V, M et R à la ligne DE (en la considérant comme la projection du plan vertical) et les porter de suite par ordre aux profils (fig. 13 et 15) sur les verticales correspondantes, tant au dessus qu'au dessous de la ligne DE, qui représente le plan horizontal.

Ces opérations faites, par les points E, O, N, P, D, R, M, V, on tirera (fig. 11, 13 et 15) les parallèles à SL sur le rampant du comble (fig. 13). [Ces parallèles]^{xi} étant ensuite projetées comme à l'ordinaire (fig. 11 et 15), y détermineront les points e, o, n, p, d, r, m, u, par lesquels on fera passer des ellipses, qui renfermeront l'ombre cherchée de la sphère.

30. Remarque 1

On remarquera, comme on l'a fait précédemment, que les ombres des verticales représentées par un seul point sur la feuille horizontale du plan, y porteront des ombres en lignes droites parallèles à la direction du soleil, sans aucun angle, ni ressaut, encore qu'elles soient projetées sur différents plans horizontaux ou inclinés; que, semblablement, les horizontales marquées par un seul point aux élévations, où elles seront par conséquent perpendiculaires, donneront des ombres parallèles à la direction du soleil sur les mêmes élévations.

31. Remarque 2

Les lignes horizontales, qui portent ombre sur les pans des couvertures au plan, sont ordinairement ou parallèles ou perpendiculaires aux lignes d'about ou du couronnement, c'est à dire à la section commune d'un plan horizontal avec un plan incliné. Celles qui leur sont parallèles donnent des ombres parallèles aux lignes qui les produisent.

A l'égard des ombres portées au plan par des lignes horizontales perpendiculaires aux lignes d'about ou de couronnement, on les trouvera par les méthodes ordinaires ci-

devant indiquées. Mais, s'il y a une trop grande quantité de ces lignes, il sera mieux de se procurer une directrice à laquelle elles seront parallèles, et qu'on trouvera sur chaque pan de la manière qui suit : par le point X, soit imaginée une horizontale XZ perpendiculairement au couronnement XC, laquelle, étant projetée à l'élévation (fig. 14), y sera représentée par le point x et son ombre par la ligne xy parallèle à SL. Le point y, étant renvoyé au plan, y donnera le point Y, duquel, ayant tiré la ligne XY, elle sera sur les deux grands pans du comble l'ombre horizontale XZ et, par conséquent, la directrice de toutes les horizontales de moindre étendue qui se trouveront sur ce pan de couverture et seront de même perpendiculaires à la ligne d'about ou du couronnement.

On en fera de même pour les autres pans sur lesquels ces lignes, et les opérations qu'on a faites pour les trouver, sont également ponctuées.

32. Remarque 3

On pourra aussi se procurer de la manière suivante des directions pour trouver plus commodément les ombres des verticales sur les élévations (fig. 12 et 14) qui se présentent au soleil. Soit (fig. 14) élevée verticalement sur l'about du comble la ligne TS, dont il s'agit de déterminer l'ombre. La projection de cette ligne TS au plan (fig. 11) sera le point 1, par lequel, ayant mené la ligne 1-2 parallèle à SL, elle déterminera sur le plan du pan de la couverture l'ombre de la dite verticale, de manière qu'ayant rapporté le point 2 au point 3 de l'élévation (fig. 14), on tirera la ligne T-3, qui sera l'ombre de la verticale TS à la dite élévation. On en fera de même à l'élévation de la croupe (fig. 12). Quant aux élévations (fig. 13 et 15) qui suivent le soleil, on imaginera (fig. 15) une verticale TS placée sur le couronnement, qui sera représentée au plan par le point 4, dont l'ombre sera dirigée au plan suivant la ligne 4-5 parallèle à la direction du soleil SL, de manière qu'ayant rapporté le point 5 au point 6 de l'élévation (fig. 15), on tirera la ligne T-6, qui sera l'ombre de la verticale TS. On en fera de même à l'élévation de la croupe (fig. 13).

33. Remarque 4 (Planche 6, fig. 12, 13, 14, 15-a)

Si les élévations des combles étaient vues de biais, c'est à dire si elles n'étaient point prises sur des lignes du plan parallèles à celles de leurs abouts ou couronnements, telles que les figures 13, 14 et 15-a, autour du plan (fig. 11), on aurait à chaque élévation la représentation d'un pan et d'une croupe sur chacun desquels on relèverait le soleil (art.

22), et l'on chercherait l'ombre d'une verticale comme il a été dit (art. 32) et comme les opérations ponctuées marquées par les mêmes lettres et chiffres l'indiquent. Si l'on voulait les déterminer, il serait indispensable de faire des profils droits de chaque pan et de chaque croupe.

34. Corollaire

On déduira du problème précédent la méthode de projeter les ombres à l'élévation, les ombres portées sur une surface inclinée vue par dessous, tel que serait le rampant intérieur du comble, s'il se trouvait avoir assez d'élévation pour être éclairé du soleil, comme, par exemple, celui dont les figures 16, 17 et 18 représentent le plan, le profil et l'élévation.

On s'est contenté de marquer l'ombre d'une verticale AB et d'une horizontale BC perpendiculaires à la ligne sur laquelle l'élévation a été prise, laquelle, par conséquent, sera représentée par un point. Il serait inutile d'en donner le détail.

35. Problème 4

Projeter l'ombre d'une ligne quelconque sur la surface d'un cône vu en plan et en élévation (planche 8, fig. 19, 20, 21, 22).

Mettre ici la planche 8 (cône). Légende : planche 8.

Soit (fig. 19) le plan d'un cône dont les figures 20, 21 et 22 sont les profils et élévations.

Soit aussi (même fig.) l'horizontale AB, la verticale AC, dont il est question de déterminer les ombres qu'elles portent sur la surface du cône pour les projeter ensuite sur les plans et élévations.

On remarquera que l'ombre d'une ligne droite projetée sur une surface courbe y sera toujours représentée par une courbe, à moins que tous les points de la ligne qui l'a produite ne se trouvent dans la projection d'un même rayon solaire.

Ainsi, pour trouver l'ombre, par exemple, de l'horizontale AB, on remarquera plusieurs points tels que D, par lesquels, ainsi que le point A, on tirera sur toutes les figures des parallèles Aa, Dd, à la projection du rayon solaire. L'ombre des points A, D,

sera nécessairement dans ces lignes, et, précisément, aux points où elles rencontrent la surface du cône. Il est donc question de déterminer cette rencontre.

Pour cet effet, on regardera les lignes Aa, Dd (fig. 19) comme la rencontre des plans verticaux du soleil définis (art. 12) avec la surface du cône, et ces lignes, considérées sous ce point de vue, sont projetées au profil (fig. 20). Elles y produiront des hyperboles, qui rencontreront aux points a et d les lignes Aa, Dd. On rapportera ensuite sur ces lignes correspondantes aux plans et aux élévations les points a et d par les méthodes expliquées ci-devant. Ces points seront (fig. 19, 21 et 22) l'ombre des points A et D.

On trouvera par le même procédé l'ombre de tout autre point de la même horizontale AB et, par tous ces points déterminés, on fera passer une ligne qui sera l'ombre de AB.

On se servira aussi des mêmes moyens pour projeter, tant au plan (fig. 19) qu'aux élévations (fig. 21 et 22), l'ombre d'une verticale AC et de toute autre ligne.

Nous ne dirons rien de la manière de tracer les hyperboles (fig. 21), non plus que celles de trouver les courbes paraboliques ou elliptiques qui pourraient être formées sur la surface d'un cône par la rencontre des différents plans. On suppose qu'on s'en instruit dans la stéréotomie.

Remarque

A l'égard des ombres sur les dômes sphériques, elles se détermineront avec autant de facilité. Les profils droits donneront des courbes circulaires, qui, dans les projections, donneront des ellipses.^{xii}

De la dégradation des ombres et des teintes

Définition des clairs et bruns

36. Par le terme *clair*, on entend les parties d'un corps qui, étant exposées à la lumière du soleil ou d'autres objets lumineux, en reçoivent l'impression.

Par le terme *brun*, on entend les parties d'un corps qui, étant opposées à la lumière, sont dans l'ombre; et le terme brun convient d'autant mieux à ce qu'on appelle l'ombre que jamais la lumière n'est totalement interceptée.

Différence dans les clairs et dans les bruns

37. Les surfaces d'un corps les plus directement exposées à la lumière, paraissent les plus éclairées et les plus brillantes et celles qui lui sont opposés paraissent plus ou moins foncées et brunes relativement à cette position plus ou moins grande.

Clair obscur

38. Indépendamment de la lumière directe, il en est une autre de réflexion, qui suit les mêmes lois à l'exception que les clairs en sont moins brillants et les ombres moins brunes relativement. Ce sont les clairs occasionnés par la réflexion de la lumière que les peintres appellent clairs obscurs et dans lesquels les ombres se perdent et se noient de manière qu'on ne peut en distinguer la figure et le contour.

Reffet

39. La réflexion de la lumière agissant sur tous les objets environnants, les corps occasionnent nécessairement sur les parties ombrées de ces corps des clairs et des obscurs. C'est ce que les peintres appellent le *reflet*.

Ce que c'est que le fuyant

40. On dit que les corps fuient l'oeil du spectateur, lorsqu'ils en sont plus éloignés que d'autres corps considérés sous le même point de vue. Ce qu'on dit ici de différents corps doit s'entendre aussi des différentes parties du même corps.

41. Principe général tiré de la nature en différents effets des clairs et des bruns relativement aux différents éloignements où ils sont vus.

De plusieurs corps placés à différents éloignements, les parties éclairées de celui qui est le plus près de l'oeil du spectateur paraissent plus brillantes et, réciproquement, les parties ombrées paraissent plus brunes et plus foncées. Car c'est un principe généralement reçu par tous les peintres et dessinateurs et par eux copié dans la nature, que les clairs fuient en bruns, et les bruns en clairs. On ne doit jamais oublié ce principe, c'est à dire que le brun et le clair, ensuite la figure et le contour des parties éclairées et ombrées des corps et enfin les corps se confondent eux-mêmes dans un éloignement hors de la portée de la vue du spectateur, à quoi se joint la partie de l'atmosphère interposée à son oeil et aux objets pour achever cette confusion et extinction totale.

Dégradation des clairs et des bruns

42. Il suit de ce qui a été dit ci-devant que les clairs, en s'éloignant, s'assourdissent, se dégradent et deviennent moins brillants, que, semblablement, les ombres s'affaiblissent, au point que les clairs et les bruns se confondent dans un certain éloignement et paraissent de la même teinte et que les objets eux-mêmes disparaissent et semblent s'anéantir à la vue. Il règne à cet égard dans la nature une harmonie et une proportion qu'on doit imiter.

43. Ce qui vient d'être dit (art. 92) ne peut s'appliquer qu'aux surfaces extérieures des corps qui reçoivent librement la lumière ou sa réflexion. Il n'en est pas de même des surfaces intérieures des corps qui paraissent dans l'enfoncement. Elles sont plus ou moins brunes, suivant qu'elles sont plus ou moins privées de la lumière réfléchie.

44. On a dit (art. 13) que les corps portaient ombre sur les surfaces qui les environnent, mais on doit remarquer que cette ombre projetée se peint plus ou moins brune, suivant que la surface qui la reçoit est plus ou moins près de l'objet qui la porte.

Méthode pour fixer les dégradations des clairs et des obscurs (planche 9, fig. 23, 24, 25 et 26)

45. On peut, pour se fixer l'imagination et se donner des modèles des teintes en clair et en brun qui conviennent à chaque partie suivant les différentes circonstance ci-devant énoncées, imaginer un ruban replié dont le bout A [a]^{xiii} le plus brillant de quelque teinte ou couleur que ce soit, laquelle se dégrade uniformément. Et se trouve à l'autre extrémité B le brun et le plus foncé de la même teinte. Ce modèle, au moyen des divisions 1, 2, 3, etc. qu'on y fera, mettra sous les yeux les justes rapports des clairs et des bruns, qui se fait en raison des carrés des distances, parce que, la lumière étant divergente, diminue dans cette position. Si ce ruban est imaginé fait sur sa longueur, qui doit produire la confusion des uns et des autres^{xiv}; et il pourra servir d'échelle proportionnelle aux distances, pour connaître au moyen des divisions 1, 2, 3, etc. les clairs et les bruns qui conviendront à chaque partie, c'est à dire, par exemple, que (fig. 24) l'ombre qui conviendra au clair le plus brillant coté 1, se trouvera vis-à-vis la même division, de même l'ombre du clair coté 2, se trouvera vis-à-vis sa division, etc.

46. Il ne nous reste plus qu'à donner quelques exemples de dégradations d'ombres et de teintes. On les pourra trouver sur les planches 10 et 11 qui représentent les plans d'un bâtiment autour duquel on a relevé 18 profils ou élévations, le tout éclairé par un même soleil élevé de 45 degrés et dont la direction fait avec la principale façade du bâtiment un angle aussi de 45 degrés.

On a marqué en lignes ponctuées en rouge sur le plan (fig. 4) et les élévations (fig. 7) ainsi que sur le plan de la planche 11 et les élévations des figures 11 et 12, les directrices des ombres portées par les couvertes des croisées, et sur les piédroits par des opérations semblables à celles qui ont été faites (planche 4) et enseignées (art. 28).

Pareillement, on a aussi marqué en lignes ponctuées en rouge sur le plan du comble (planche 10, fig. 6) les directrices des ombres portées par des horizontales perpendiculaires aux lignes du couronnement et d'about et sur les élévations des mêmes combles (fig. 9 et 9-a) de la même planche et figures 14 et 14-a de la planche 11. par des opérations semblables à celles des planches 5 et 6, expliquées art. 31, 32 et 33. Il sera facile par ces mêmes moyens de tracer de pareilles directrices sur les autres élévations éclairées par le soleil, qui en ont besoin.

Planche 12 et 13

Mettre ici les planche 12 et 13. Légendes : Planche 12 ; Planche 13.

Et enfin, on a ajouté les deux autres planches 12 et 13 contenant les dessins du même bâtiment éclairé par un soleil perpendiculaire ou parallèle à ses façades aussi élevé à 45 degrés. On ne les a mises sous les yeux que pour faire sentir le peu d'agrément que cette direction du soleil donne au dessin et que l'on doit, par conséquent, lorsque d'ailleurs rien ne s'y oppose, préférer la direction oblique, ainsi que nous en avons prévenu (art. 19).

ⁱ Ou : sait.

ⁱⁱ Ce mot paraît de trop.

ⁱⁱⁱ Ou : Mais différents auteurs ayant écrit sur ce genre de dessin, il ne fera point partie de ce traité.

^{iv} Addition : ou hors de l'objet.

^v Addition : en toises, pieds et pouces, ou autres mesures.

^{vi} Addition : et parallèles au plan vertical du papier.

^{vii} Ou : celles non comprises au plan vertical parallèle au plan du papier.

^{viii} Ou : dans le supplément qui en a été fait et donné à l'école du Génie pour l'intelligence des bois pour les coupes.

^{ix} Ou : qui est plus éloigné de nous que le centre de la terre.

^x Addition : ce qui est évident, puisque, dans tous les cas, elles seront les côtés opposés d'un parallélogramme.

^{xi} Mots omis dans le texte.

^{xii} Addition : Si l'on a bien compris ce qui vient d'être enseigné, on ne se trouvera point embarrassé pour la projection d'aucune ombre

^{xiii} Mot omis dans le texte.

^{xiv} Phrase incomplète, dont le sens est obscur.