

sous la direction de
Bruno Belhoste
Amy Dahan Dalmedico
Antoine Picon

La formation polytechnicienne 1794 - 1994

*Ouvrage publié avec le concours
d'Electricité de France*

DUNOD

La géométrie descriptive, une reine déchue

Joël Sakarovitch

LA GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE est la discipline reine de la première École polytechnique, discipline à laquelle Monge accorde la moitié du temps des études des élèves de la première promotion¹. Je voudrais revenir ici brièvement sur les raisons qui poussèrent le fondateur de l'École à opérer un tel choix, qui peut sembler aujourd'hui surprenant, et surtout montrer les principales ruptures introduites, de la fondation de l'École à 1870, dans l'enseignement de cette discipline. À travers l'évolution d'une discipline qui ne méritait sans doute ni l'excès d'honneur de ses débuts ni l'indignité dans laquelle on la tiendra un siècle plus tard, transparaissent en effet les difficultés que l'École éprouve à délivrer un enseignement savant, de haut niveau, qui soit en même temps concret, appliqué, un enseignement susceptible de réconcilier pratique et théorie.

Une discipline révolutionnaire

MONGE reprend de l'École royale du génie de Mézières, où il a enseigné pendant vingt ans l'idée selon laquelle la formation des ingénieurs doit comprendre un apprentissage de la représentation de l'espace, des volumes, des surfaces et de leurs intersections. Cette formation, dont l'importance est explicitement formulée par les fondateurs de l'École du génie², était assurée, à

1 J. Langins, *La République avait besoin de savants*, Paris, Belin, 1987, p. 28.

2 B. Belhoste, « Du dessin d'ingénieur à la géométrie descriptive, l'enseignement de Chastillon à l'École royale du génie de Mézières », *In Extensa*, n° 13, 1990, pp. 102-135.

Mézières, par la stéréotomie qui est l'art de tracer les formes à donner aux pierres en vue de leur assemblage. L'objet de cet enseignement dépassait donc largement la simple maîtrise d'une technique de construction déjà sur son déclin dès la deuxième moitié du XVIII^e siècle. À l'École polytechnique, Monge confère ce rôle à la géométrie descriptive, branche de la géométrie dont l'objet est de « représenter avec exactitude, sur des dessins qui n'ont que deux dimensions, les objets qui en ont trois », selon la définition qu'il en donne lui-même en avant-propos de ses leçons³. Ainsi une théorie géométrique, cohérente et abstraite, devient le véhicule de cette formation toujours considérée comme primordiale.

Ce renversement, Monge l'opère en deux temps. Dans un premier temps, à l'École de Mézières d'abord, où, à l'intérieur du cours de stéréotomie dont il est chargé, il introduit les rudiments de ce qu'il appellera plus tard la géométrie descriptive⁴ mais qu'il nomme encore « les méthodes de la coupe des pierres ». Il inverse totalement le processus au moment de la création de l'École polytechnique, où il fonde en tant que telle la géométrie descriptive et considère la stéréotomie comme l'une de ses applications.

On peut avoir plusieurs lectures de ce renversement ; j'en proposerai quatre, qui font apparaître Monge comme un héritier des Encyclopédistes.

MONGE ÉTEND LA SPHÈRE DE LA SCIENCE. Pour comprendre le rôle imparté à la géométrie descriptive dans la formation polytechnicienne il faut avoir en mémoire l'importance que revêt, durant tout le XVIII^e siècle, mais encore au XIX^e, le dessin et son apprentissage nécessaire à la figuration de tout projet d'ingénieur. Dessin de représentation, mais aussi dessin explicatif du procédé de fonctionnement ou de fabrication des objets, l'essentiel de l'information passe par ce langage universel. Et par nécessité, l'ingénieur du XVIII^e siècle doit être un « ingénieur artiste », pour reprendre l'expression d'A. Picon⁵.

De plus, l'apprentissage du dessin a également une vertu pédagogique ; apprendre à dessiner c'est aussi apprendre à observer, à analyser, à choisir, et ces facultés sont également essentielles dans la formation de l'ingénieur.

3 Les leçons de géométrie descriptive de Monge viennent d'être rééditées par B. Belhoste, R. Laurent, J. Sakarovich et R. Taton, in J. Dhombres (éd.), *L'École normale de l'an III, Leçons de mathématiques, Laplace, Lagrange, Monge*, Paris : Dunod, 1992, pp. 267-459.

4 Cette expression apparaît pour la première fois dans le texte rédigé par

Monge pour être

présenté à la

Convention ; cf.

R. Taton, « Un Projet d'écoles secondaires

pour artisans et

ouvriers, préparé par Monge en septembre 1793 », annexe 20, in

L'École normale de l'an III..., op. cit., pp. 575-582.

5 A. Picon et

M. Yvon, *L'Ingénieur artiste, dessins anciens de l'École des Ponts et*

Chaussées, Paris, Presses des Ponts et Chaussées, 1989.

« Bruyère, qu'assurément personne n'accusera de n'avoir une idée juste de l'esprit que les ingénieurs doivent apporter dans l'exercice de leur profession, pensait donc qu'ils devaient former leur goût dans une étude assidue des arts du dessin et se maintenir, comme il l'a fait lui-même jusqu'aux derniers instants de sa vie, dans l'habitude d'exprimer leurs idées et d'en étudier les combinaisons par le moyen du dessin ; méthode d'investigation bien plus puissante que celle qui consisterait à se borner à une simple contemplation intellectuelle. Ajoutons que tous les ingénieurs qui ont acquis de la réputation en France dans le dernier siècle, MM. Perronet, de Cessart, Gauthey, ont agi d'après les mêmes principes, aussi bien que les ingénieurs anglais les plus célèbres »⁶.

Ces quelques lignes, écrites par Navier pour la notice nécrologique de Bruyère, traduisent bien la continuité de pensée, sur ce sujet, des ingénieurs du XIX^e siècle par rapport à leurs maîtres du siècle précédent.

La géométrie descriptive peut être vue comme l'une des branches « des arts du dessin (d'ingénieur) », ce qui justifierait déjà son enseignement à l'École polytechnique. Mais elle prend une dimension supplémentaire dans le projet pédagogique de Monge car elle lui permet de réunifier le dessin et les mathématiques, les deux branches principales de la formation des ingénieurs au XVIII^e siècle. Cette volonté se reflète très bien dans l'*Organisation de l'École centrale des travaux publics*⁷, où Monge distingue « deux genres [de connaissances] : les unes relatives aux mathématiques ; les autres à la physique ». Les connaissances mathématiques comprennent « l'analyse et la description graphique des objets », cette dernière étant elle-même subdivisée entre « la géométrie descriptive et l'art du dessin ». On voit, dans ce schéma arborescent des enseignements, non seulement la place attribuée à la géométrie descriptive, mais aussi son rôle charnière qui permet à Monge de classer toute la partie relative à « la description graphique des objets », et donc le dessin, comme une sous-partie des mathématiques.

La géométrie descriptive contribue ainsi à étendre la sphère de la science et participe de sa marche conquérante dans des domaines qui, jusqu'alors, lui étaient restés extérieurs. Discipline de transition, elle permet de passer, en douceur, de « l'ingénieur artiste » de l'Ancien Régime à « l'ingénieur savant » du XIX^e siècle sans diminuer la part du dessin dans sa formation.

6 C.-L.-M.-H. Navier, « Notice nécrologique sur Bruyère », *Annales des Ponts et Chaussées*, 1833, 2^e sem., p. 401.

7 J. Langins,

« Sur la première Organisation de l'École polytechnique. Texte de l'arrêté

du 6 frimaire An III », *Revue d'histoire des sciences*, 1980, pp. 289-313.

DE MULTIPLES FAÇONS, Monge constitue la géométrie descriptive comme une discipline au cœur de l'articulation théorie/pratiques.

La géométrie descriptive fait partie des mathématiques appliquées, au sens usuel du terme, par la pluralité des divers champs pratiques qu'elle théorise et dont elle peut, par là-même, favoriser le progrès. Considérée plus avant dans l'arbre des connaissances de Monge, la géométrie descriptive se décompose elle-même en trois parties : la stéréotomie, l'architecture et la fortification, chacune de ces parties donnant son nom à une promotion de l'École. Monge donne le détail de ces trois enseignements :

« La stéréotomie donnera les règles générales et les méthodes de la géométrie descriptive. Elle en fera successivement l'application : à la coupe des pierres, à la charpenterie, aux ombres des corps, à la perspective linéaire et aérienne, aux cartes et plans, au nivellement, aux machines simples, aux principales machines composées.

Relativement à l'architecture, on enseignera tout ce qui concerne : le tracé, la construction et l'entretien des chaussées, des ponts, des canaux et des ports, la conduite des travaux des mines, la construction, la distribution et la décoration des édifices particuliers ou nationaux, l'ordonnance des fêtes publiques. On exposera les principes généraux de ces différents genres d'architecture.

La fortification sera considérée sous les rapports les plus étendus. On apprendra à fortifier : les postes, les places et les frontières ; à les attaquer et à les défendre. »⁸

Ce schéma d'organisation place donc la géométrie descriptive à la tête d'un vaste « empire » et nombre des applications se trouvent donc présentées à travers cette branche de la géométrie.

Mais la spécificité de la géométrie descriptive ne tient pas tant à l'étendue, réelle ou supposée, de ses applications potentielles, qu'à certaines caractéristiques propres qui lui confèrent une place privilégiée au cœur de l'articulation théorie/pratiques. Partie de la géométrie savante directement issue de diverses géométries pratiques — et principalement celle mise en œuvre chez les tailleurs de pierre — elle ne se comprend, ou du moins ne se maîtrise, elle-même en retour que par une certaine pratique des différentes techniques qu'elle théorise et qui de ce fait sont intégrées au programme de l'École.

De plus, la géométrie descriptive exige une certaine habileté dans l'art du dessin et, en l'étudiant, « l'élève aura en même temps exercé son intelligence et l'adresse de ses mains »⁹. Partie intégrante des mathématiques, elle ne se réduit pas pour autant à l'expression de raisonnements abstraits, elle nécessite de manière intrinsèque la production d'un document graphique concret, à la qualité duquel concourent de façon inséparable la justesse du raisonnement et la précision du trait. Par l'usage de l'encre, des couleurs, du lavis, des hachures, du rendu, l'épure de géométrie descriptive est un dessin à part entière. Au plaisir de trouver la solution d'un problème de géométrie s'ajoute, pour l'auteur d'une épure, le plaisir de la production d'une image, parfois inattendue, possédant une esthétique propre. Or cette situation est, dans le champ des mathématiques, spécifique de la géométrie descriptive.

Enfin, insistant à plusieurs reprises sur le parallélisme entre géométrie descriptive et analyse, Monge enseigne ces deux disciplines simultanément et présente la géométrie descriptive comme la discipline qui vient concrétiser, qui permet de visualiser une autre branche des mathématiques, plus abstraite qu'elle, l'analyse. Dans le couple abstrait/concret, la géométrie descriptive occupe alors le pôle inverse de celui qu'elle occupait précédemment. La géométrie descriptive apparaît ainsi comme une discipline emblématique de l'articulation entre une théorie et ses applications et plus largement de l'articulation théorie/pratique qui est au cœur de la formation des ingénieurs.

MONGE CRÉE UN LANGAGE universel scientifique. Langage universel, langage commun à « l'homme de génie qui conçoit un projet, à ceux qui doivent en diriger l'exécution, et aux artistes qui doivent eux-mêmes en exécuter les différentes parties »¹⁰, mais aussi langage commun aux différentes spécialités d'ingénieur et aux différentes corporations civiles ou militaires, elle ourdit entre les acteurs de production un moyen de communication à la fois dans le sens de la chaîne et dans le sens de la trame, susceptible de favoriser l'éclatement des corporations de l'Ancien Régime.

ENFIN, **MONGE RÉPOND** au problème de scolarisation. Discipline scolaire qui naît dans l'école, par l'école et pour l'école (mais peut-être faudrait-il dire « dans l'École polytechnique, par l'École polytechnique et pour l'École polytechnique »)¹¹, la géométrie

9 G. Monge,

« Procès verbaux des séances du conseil d'administration de l'École centrale des travaux publics », 20 pluviôse an III, A.E.P.

10 G. Monge, « Programme »

liminaire aux Leçons de Géométrie

descriptive, in *L'École normale de l'an III*, op. cit., p. 305.

11 Monge enseigne

parallèlement à l'École normale de l'an III et à l'École polytechnique, mais la fermeture

brutale de l'École normale, l'impossibilité dans laquelle il était d'y enseigner également la géométrie analytique, font que c'est à l'École polytechnique, dont il est le maître d'œuvre, que s'expriment

pleinement ses conceptions concernant la géométrie descriptive.

descriptive permet de passer d'un processus de formation par apprentissage, en petits groupes, qui caractérise l'École du génie de Mézières, à un enseignement en amphithéâtre, avec cours magistraux, travaux pratiques et exercices, de passer de vingt à quatre cents étudiants. Discipline scolaire au sens usuel du terme, elle relève aussi de « la méthode révolutionnaire ». Moyen « d'enseigner l'espace » de manière accélérée par rapport à l'enseignement ancien de la stéréotomie, langage abstrait, minimal, rapide, de l'ordre de la sténographie, la géométrie descriptive permet de répondre à la situation d'urgence quant à la formation des élites, qui était celle de la France au moment de la création de l'École polytechnique¹².

La géométrie descriptive occupe donc, à l'École polytechnique, la « niche écologique » de la stéréotomie à l'École de Mézières, et l'on peut dire à la fois que la géométrie descriptive est à l'École polytechnique ce que la stéréotomie est à l'École de Mézières mais aussi que l'École polytechnique est à l'École de Mézières ce que la géométrie descriptive est à la stéréotomie.

Le déclin

PEU-ÊTRE à cause des absences répétées de Monge, mais aussi parce que sa classification s'avère vite difficilement tenable, surtout après la création des écoles d'applications, la géométrie descriptive diminue en importance dès les premières années à la fois par la réduction du temps qui lui est accordé et par l'autonomie retrouvée de certains enseignements.

L'évolution du temps des études classées sous la rubrique « géométrie descriptive » doit être analysée avec prudence, compte tenu des changements de définition. À partir de 1809, et jusqu'en 1852, sont rangées sous cette rubrique les méthodes géométriques et leurs applications à la coupe des pierres, des bois, au tracé des ombres et à la perspective. Ces enseignements sont concentrés sur la 1^{re} année dont ils représentent environ 20 % du temps des études. L'introduction progressive de la géométrie descriptive dans le programme du concours d'entrée, qui allège d'autant celui traité à l'École, n'induit aucune diminution du nombre des leçons qui lui sont consacrées. D'abord réduit aux chapitres concernant les droites et plans, le programme d'admission est pourtant

¹² Sur ce sujet, voir N. et J. Dhombres, *Naissance d'un nouveau pouvoir : science et savants en France, 1793-1824*, Payot, 1989, pp. 417-421.

largement étendu à partir de 1849 et comprend l'étude des cylindres, des cônes des sphères et de leurs intersections. En 1852 le cours de géométrie descriptive est séparé de celui de stéréotomie, qui passe en 2^e année, et prend le sens que nous lui donnons aujourd'hui. Nous reviendrons sur la signification de ce « bouleversement » mais, d'un point de vue purement comptable, il n'entraîne pas non plus de modification notable dans le poids relatif de ces disciplines, que ce soit entre le cours théorique et les applications ou par rapport aux autres enseignements de l'École.

Plus significatifs sont les changements d'enseignants. Monge, qui n'enseigne la géométrie descriptive que deux ans, quitte l'École en 1809 et, pour des raisons politiques, Hachette en est renvoyé en 1816. Au couple prestigieux des fondateurs succède C. Leroy, qui est responsable du cours de géométrie descriptive et de géométrie analytique pendant 35 ans. Par rapport à l'époque héroïque, « la période Leroy » semble extrêmement terne et le professeur est sûrement le premier responsable de la sclérose en plaque dont commence à souffrir la discipline. Non pas que Leroy soit un mauvais enseignant¹³, mais c'est un cours complètement figé qu'il dispense pendant un tiers de siècle. Pour s'en convaincre, il suffit de se reporter aux comptes rendus du conseil de perfectionnement de 1849, année dû départ de Leroy, où l'on peut lire :

« L'enseignement qui a subi les plus grandes modifications est celui de géométrie descriptive. La nécessité d'une réforme dans cette partie était sentie depuis longtemps. Les travaux graphiques exécutés par les élèves étaient les mêmes depuis un grand nombre d'années ; la collection des épreuves était entre leurs mains et pour la plupart d'entre eux leur exécution n'étaient qu'un travail de copie... Le résultat d'un tel système était facile à apercevoir a priori, mais il n'était que trop constaté, tous les ans, par les plaintes des écoles d'application... »

REPRENANT pendant 35 ans le même cours, les mêmes sujets d'exercice, pour les épreuves de géométrie descriptive comme pour les différentes applications, Leroy tombe dans une routine stérile du même ordre que celle qui régnait dans la transmission des méthodes graphiques utilisées par les différentes corporations du bâtiment sous l'Ancien Régime, routine que la géométrie descriptive était sensée briser. Les élèves copient entre eux, reprennent les épreuves de leurs aînés, ou recopient le modèle qui,

¹³ Le cours de géométrie descriptive de Leroy sera même un succès de librairie et sera réédité huit fois.

conformément à l'habitude prise sous Monge et Hachette, continuée à être affiché dans les salles d'exercice. Ces épures portent les marques des trous d'épingle qui servaient aux élèves à reporter sur leur dessin les tracés qu'ils avaient sous leurs yeux et auxquels la majorité d'entre eux ne comprenait rien.

Plus qu'à une diminution du temps imparti à la géométrie descriptive, c'est à un déclin de son prestige, de son rayonnement, de son attrait auprès des élèves que l'on assiste après le départ d'Hachette. Corrélativement, il s'ensuit un déplacement du centre de gravité du curriculum de la géométrie descriptive vers l'analyse. Théodore Olivier, condisciple de Chasles à l'École, dénonce cette évolution, la cohérence du projet de Monge étant, à ses yeux, détruite après 1816. L'École polytechnique cesse d'être une école centrée sur les applications pour devenir une « école normale » ou, selon son expression restée célèbre, « l'École de Monge » est devenue « l'École de Laplace »¹⁴.

Déçu par l'orientation prise par l'École polytechnique, et porté par l'industrialisation naissante de la France en ce début du XIX^e siècle, Olivier participe à la fondation de l'École centrale des arts et manufactures, en 1829¹⁵. Pour Olivier cette école est la réelle héritière de l'École centrale des travaux publics dont elle reprend en partie le nom. Fondée trente-cinq ans après l'École polytechnique, et sur une initiative privée, elle est essentiellement tournée vers la formation « d'ingénieurs pour les manufactures » et non vers celle des ingénieurs au service de l'État. Mais Olivier conserve néanmoins le principe mongien selon lequel la géométrie descriptive est l'un des piliers de la formation des ingénieurs. Elle constitue, avec la mécanique, la physique et la chimie, l'une des quatre matières enseignées, à part égale, durant la 1^{re} année. L'analyse étant enseignée dans le cadre du cours de mécanique, la géométrie descriptive est même le seul cours proprement dit de mathématiques proposé aux centraliens. Olivier se charge naturellement de son enseignement. Répétiteur de géométrie descriptive à l'École polytechnique de 1830 à 1844, Olivier se voit également confier, en 1839, la chaire de géométrie descriptive, créée spécialement pour lui au Conservatoire national des arts et métiers.

Les critiques émises par Olivier contre l'École polytechnique sont, dans une large mesure, outrancières et les différences de formation avec l'École centrale sont loin d'être aussi fondamentales qu'il veut bien le dire¹⁶. De nombreux professeurs enseignent

14 Th. Olivier, « Monge et l'École polytechnique », *Revue scientifique et industrielle*, fév. 1850, p. 3-7.

15 Sur la fondation de l'École centrale des arts et manufactures, on peut consulter : J.-H. Weiss, *The Making of Technological Man, The Social Origins of French Engineering Education*, MIT press, 1982 ;

L. Guillet, *Cent ans de vie de l'École centrale des arts et manufactures, 1829-1929*, Paris, 1929 ;

F. Pothier, *Histoire de l'École centrale des arts et manufactures*, Paris, 1887 ;

Ch. Comberousse, *Histoire de l'École centrale des arts et manufactures depuis sa fondation jusqu'à ce jour*, Paris, 1879.

d'ailleurs dans les deux institutions et l'enseignement de géométrie descriptive à Centrale n'occupe pas (la 1^{re} année) une place plus importante qu'à l'École polytechnique.

Mais, incontestablement, avec le départ d'Hachette, les relations privilégiées qui unissaient l'École polytechnique et la géométrie descriptive disparaissent. Outre le manque d'attrait du cours de Leroy, ou peut-être à cause de lui, la perte d'influence de la discipline se marque aussi au niveau de la recherche. De 1804 à 1816, dans la *Correspondance sur l'École polytechnique*, la revue animée par Hachette, la géométrie descriptive représente 15 % des sujets des articles, ce qui en fait le deuxième « champ de recherche », derrière la géométrie analytique, mais avant l'analyse ou l'algèbre¹⁷. Et parmi les auteurs de ces articles, figurent certains des plus brillants élèves de l'École : Dupin, Poncelet, Chasles... Or très rapidement après le départ d'Hachette, la géométrie descriptive cesse d'être un champ de recherche pour les polytechniciens. En 1837, dans son *Aperçu historique des méthodes en géométrie*, Chasles considère que « la géométrie descriptive est encore en voie de progrès » mais ne cite plus qu'Olivier comme mathématicien ayant une production dans ce domaine¹⁸. Par la qualité de l'enseignement qu'il professe, par la place qu'il accorde à la géométrie descriptive dans la formation des centraliens, comme par son activité propre de mathématicien et par la flamme qu'il entretient autour de la discipline, Olivier apparaît comme le plus fidèle successeur de Monge et d'Hachette, mais l'École polytechnique n'est plus le lieu institutionnel de cet héritage.

De La Gournerie et la géométrie descriptive

L FAUT ATTENDRE le milieu du siècle pour que la situation, concernant la géométrie descriptive, évolue à l'École polytechnique, avec le remplacement de Leroy par Jules Maillard de La Gournerie, dans le courant de l'année 1849, et la création d'une commission chargée par le conseil de perfectionnement de proposer les modifications concernant l'enseignement à l'École (et en particulier l'enseignement de la discipline qui nous intéresse ici), en 1850.

Polytechnicien de la promotion 1833, La Gournerie sort de l'École des Ponts et chaussées en 1837. Il construit, sous la direction

16 Cf. Weiss, *op. cit.*, p. 171.

17 B. Dody,

« la Correspondance sur l'École

polytechnique (1804-1816) :

un journal au service de la recherche et de la diffusion dans une école généraliste :

le poids de la

géométrie », à paraître dans *Sciences et Techniques en*

Perspectives, 1994, n°28.

18 M. Chasles, *Aperçu historique des méthodes en géométrie*, Paris, 1837, p. 356.

de Léonce Reynaud, le phare de Bréhat pour lequel il dessine toutes les épreuves d'appareillage, puis une jetée du port du Croisic et surtout le bassin à flot de Saint-Nazaire pour lequel il impose une solution technique contre l'avis de son supérieur hiérarchique. Il vient d'être nommé inspecteur en chef des ponts et chaussées quand Léonce Reynaud, alors membre du conseil d'instruction, « se souvenant du jeune collaborateur de Bréhat qui maniait si habilement, au sortir de l'école, les méthodes qu'on n'y enseignait pas »¹⁹ lui propose la succession de Leroy. C'est donc un ingénieur qui a derrière lui une carrière, assez courte mais brillante, qui prend en charge la chaire de géométrie descriptive. Cette expérience professionnelle lui confère d'ailleurs exactement le profil souhaité par Olivier pour les enseignants de l'École centrale, c'est-à-dire celui d'un spécialiste de la discipline ayant été confronté à une expérience de terrain en tant qu'ingénieur (expérience que n'avait aucun de ses prédécesseurs au poste qui lui est confié). Il enseigne à l'École jusqu'en 1865, date à laquelle il renonce, pour raisons de santé, au professorat et devient examinateur de sortie. En 1854 il succède également à Théodore Olivier, dans la chaire de géométrie descriptive du Conservatoire national des arts et métiers, enseignement qu'il conserve jusqu'à sa mort en 1883.

La Gournerie publie en 1873 un article sur « l'enseignement des arts graphiques »²⁰, réflexion personnelle sur les différents cours qu'il a donnés à l'École polytechnique. Cet article est, à bien des égards, une attaque en règle de la conception que Monge avait de ces enseignements. Examinant successivement les différents domaines d'application de la géométrie descriptive, il montre pourquoi elle fut, selon les cas, au mieux inutile et en général nuisible. La Gournerie partage avec Monge et Olivier l'idée selon laquelle les arts graphiques en général et la géométrie descriptive en particulier sont fondamentaux pour la formation de l'ingénieur. Il ne remet en cause ni l'importance — ni *a fortiori* l'existence — de ces enseignements, mais leur contenu et l'inadéquation entre les objectifs de ces cours et les résultats obtenus, trois quarts de siècle après la fondation de l'École. C'est donc une attaque « de l'intérieur » à laquelle il se livre et non, comme Laplace ou Cauchy, « de l'extérieur ».

LA CRITIQUE FONDAMENTALE de La Gournerie porte sur la stéréotomie « en vue de (laquelle) la géométrie descriptive doit surtout être enseignée, parce c'est là son application la plus importante et que

19 J. Bertrand, « Discours des funérailles de M. de la Gournerie », *Annales des Ponts et chaussées*, 1883-2, p. 93-97.

20 J. de la Gournerie, « Mémoire sur l'enseignement des arts graphiques », *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, t. X, Paris, 1873, pp. 260-303.

les élèves familiarisés avec les tracés des appareils et des assemblages, et ayant d'ailleurs des connaissances théoriques suffisantes, comprennent sans difficulté toutes les spéculations de la géométrie descriptive »²¹. Le cours de géométrie descriptive de Monge comprend ce que l'on pourrait appeler une théorie de l'appareillage, énoncée comme un exemple d'application de la notion de lignes de courbure d'une surface²². Cette théorie, extrêmement élégante d'un point de vue géométrique, est présentée de façon détaillée par Monge qui avait lui-même commencé sa carrière à l'École de Mézières dans l'atelier de coupe des pierres. À l'occasion, il se montre assez sévère avec les appareilleurs qui « excluaient presque généralement de la composition des voûtes (...) les surfaces courbes dont ils ne connaissaient pas les lignes de courbure, lors même que les circonstances les exigeaient impérieusement ; et c'est à cela principalement qu'on doit attribuer le mauvais effet que produisent en général dans l'architecture, les morceaux de traits de coupe des pierres, parce que pour rendre un trait exécutable, on ne choisit pas toujours la surface de la voûte la plus convenable »²³.

La théorie mongienne s'avérera vite beaucoup moins générale que son auteur ne le laisse supposer. Dupin, dans son *Essai historique sur les services et les travaux scientifiques de Gaspard Monge*, panegyrique de son maître, souligne que celui-ci « est le premier qui ait considéré le problème de la coupe des pierres dans toute sa généralité ». Mais il signale également, en note, deux restrictions à la théorie de Monge, correspondant aux sous-faces d'escaliers dont la surface est gauche et aux pénétrations de plusieurs voûtes ; or ces deux types d'exceptions recouvrent un grand nombre de voûtes²⁴. Comme le remarque La Gournerie²⁵, un examen attentif des vingt épreuves de coupe des pierres préparées par Monge pour les élèves de l'École polytechnique²⁶, montre que quatorze d'entre elles s'éloignent peu ou prou de la loi générale énoncée dans le cours. Même la trompe biaise qui, d'après Eisenmann, servait à exemplifier « l'application qu'a fait le Gen Monge de sa belle théorie des lignes de courbure des surfaces à la division des voûtes en voussours »²⁷ ne respecte pas totalement la règle énoncée. Ces épreuves de stéréotomie, exécutées rapidement au moment de la création de l'École, semblent n'avoir été que des copies du traité de La Rue²⁸. Un demi-siècle plus tard, les dissonances entre la théorie enseignée dans le cours et les exercices d'application n'ont toujours pas été supprimées.

21 J. de la Gournerie, *Discours sur l'art du trait et la géométrie descriptive*, Paris, 1855, p. 45.

22 Cf. p. 418-420, dans l'édition de l'École normale de l'an III..., *op. cit.*

23 G. Monge, « Sur les lignes de courbure de la surface de l'ellipsoïde », *Journal de l'École polytechnique*, 1796, p. 149.

24 Cf. C. Dupin, *Essai historique sur les services et les travaux scientifiques de Gaspard Monge*, Paris, 1819, p. 245.

25 J. de La Gournerie, « Mémoire sur l'appareil de l'arche biaise », *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, t. IX-1, Paris, 1870, p. 370.

26 Compte tenu de ses absences répétées au moment de la fondation de l'École, Monge n'enseigna pas lui-même la stéréotomie, mais toutes les épreuves furent préparées et gravées sous sa direction ; Hachette et Eisenmann assuraient ce cours.

27 A. Eisenmann, « Stéréotomie », *Journal de l'École polytechnique*, 3^e cahier, Paris, An IV, p. 440.

28 J.-B. de La Rue, *Traité de coupe des pierres...*, Paris, 1728.

29 L'obliquité est d'autant plus grande que l'angle entre les deux voies est faible. Tant que le biais n'est pas inférieur à environ 65°, on peut appareiller sans inconvénient majeur le pont comme un berceau droit ; « les grandes obliquités » correspondent à des angles inférieurs à 40°. Le premier pont appareillé comportant un tel biais (39°) fut construit par

Chapman, pour le grand canal d'Irlande (près de Nass) vers 1787. Le « record » semble toujours détenir par un pont élevé en 1830 sur la rivière Gaunless, pour la ligne de chemin de fer Stockton-Darlington, avec un biais de 27°.

30 Le premier traité de coupe des pierres est celui de Philibert de l'Orme, édité en 1567 ; le premier ouvrage de langue anglaise sur ce sujet, du général Vallency, n'a été publié qu'en 1766.

31 L'article de F. Lefort, « Études sur la construction des ponts biais » (*Annales des ponts et chaussées*, 1839, p. 281-315) est le premier où apparaît une critique systématique de la théorie de l'appareillage selon les lignes de courbure. Le point de vue de Lefort est ensuite repris, outre La Gournerie, par Adhémar, Graeff, etc.

Mais les limites de la théorie de l'appareillage des voûtes selon les lignes de courbure vont apparaître de façon beaucoup plus profonde, dans les années 1820-1830, avec la mise en place, en Angleterre d'abord puis dans le reste de l'Europe, des réseaux de voies de chemin de fer et la construction des « ponts biais ». Soumis à des problèmes de surcharge et d'ébranlement produit par le passage des trains, ces ponts, dont la direction du tablier n'est pas perpendiculaire à celle de la voie franchie, posent de délicats problèmes d'appareillages lorsque l'obliquité devient grande²⁹.

La théorie de Monge donne une solution purement géométrique à un problème qui est aussi — peut-être avant tout — statique et économique. Le résultat pratique sera que la solution « optimale » au problème posé sera trouvée en Angleterre, pays où il est vrai la question des ponts s'est d'abord posée. Que l'Angleterre soit en avance sur la France en ce début du XIX^e siècle en ce qui concerne l'industrie métallurgique est une chose. Mais que sur un problème spécifique de stéréotomie — domaine dans lequel la France bénéficie de la longue tradition des corporations, d'un savoir-faire incomparable avec aucun autre pays européen, d'une avance de deux siècles par rapport à l'Angleterre quant à l'édition du premier traité³⁰, et où se trouve explicitée pour la première fois la théorie géométrique sous-jacente aux tracés des appareilleurs — la solution soit britannique, fut ressentie comme échec du corps des ingénieurs des Ponts. Un vif ressentiment s'exprime dans de nombreux articles à l'encontre de Monge³¹.

Car cet exemple, contrairement aux restrictions présentées par Dupin, ne remet pas en cause seulement la théorie de l'appareillage professée par Monge mais, plus généralement, la vision que Monge a de la géométrie descriptive. Cette branche de la géométrie théorise bien la stéréotomie, mais dans un double sens : elle exprime la théorie sous-jacente aux traités et aux tracés des appareilleurs, mais également elle rend « théorique » la stéréotomie. Ce n'est plus une stéréotomie « pratique » qui est enseignée à l'École polytechnique quand La Gournerie y arrive, mais une discipline intermédiaire, déconnectée des problèmes réellement rencontrés dans les constructions clavées et dont le caractère concret n'apparaît que par rapport à la géométrie descriptive. En présentant sous un angle purement géométrique un problème dont la complexité tient aux multiples champs de

savoir qui interfèrent, l'enseignement de géométrie descriptive va donner aux ingénieurs une vision erronée de la nature profonde des solutions à mettre en œuvre et un mépris des connaissances et des tracés proposés par les appareilleurs antérieurement. Loin d'élargir l'éventail des réalisations possibles en architecture clavée par le renouvellement des surfaces réalisables, la géométrie descriptive va plutôt contribuer au déclin d'une technique, par ailleurs en perte de vitesse pour de multiples raisons. En plaçant la stéréotomie dans le cadre des cours de construction, en parlant d'abord des matériaux, des problèmes statiques, les Anglais évitent de faire passer la stéréotomie sous le rouleau compresseur de la géométrie.

La première modification importante, introduite par La Gournerie en 1852, consiste précisément à découpler le cours de stéréotomie de celui de géométrie descriptive en le faisant passer en 2^e année. L'autonomie de l'enseignement de stéréotomie permet naturellement de le rattacher également au cours de construction, d'évoquer les problèmes liés à la qualité des ciments et « d'examiner les cas particuliers où des raisons d'économie et de plus grande facilité dans l'exécution peuvent contraindre de s'écarter un peu des méthodes (géométriques) rigoureuses »³².

La Gournerie donne également une large place, dans le cours de stéréotomie, aux passages biais et fait ainsi d'une pierre deux coups. D'abord il introduit dans le cours de stéréotomie le seul problème qui soit réellement d'actualité, sujet de nombreux articles, parfois divergents, en France comme à l'étranger (essentiellement en Angleterre)³³. Ensuite il fait toucher du doigt aux élèves ingénieurs ce que peut avoir de dangereux une trop grande géométrisation des problèmes pratiques, et en particulier la vision de Monge. C'est naturellement ce second point qui peut expliquer l'importance donnée au sujet des ponts biais à l'École polytechnique, sujet qui, il faut le reconnaître, trouverait plutôt sa place dans l'école d'application concernée.

MAIS LES CRITIQUES de La Gournerie ne se bornent pas à l'enseignement de la stéréotomie. Elles visent également l'enseignement même de la géométrie descriptive, plus spécifiquement les ajouts d'Olivier au cours de Monge. La Gournerie reproche à Olivier d'avoir introduit les méthodes dites « des changements des plans », méthode qu'il trouve éventuellement intéressante

32 J. de la Gournerie,

« *Mémoire sur*

l'enseignement des arts

graphiques », *op. cit.*,

p. 263. Prony ou

Frézier accordaient

une grande

importance à ces

problèmes

d'approximation qui

deviennent vite

incontournables

lorsque l'on passe à la

réalisation, problèmes

dont Monge ne parle

pas.

33 Dans son

« *Mémoire sur l'appareil*

de l'arche biaisée », publié

en 1870, La Gournerie

fait une revue de

synthèse ou il recense

une cinquantaine de

références sur le sujet.

Si les ingénieurs des

Ponts et chaussées qui

se penchent sur le

problème des arches

biaisées au XIX^e siècle,

sont d'accord entre

eux pour condamner,

à cette occasion, la

théorie d'appareillage

de Monge, ils

conservent des avis

divergents quant à la

direction des pressions

dans une telle arche ou

au fait de savoir si cette

direction est fonction

ou non de l'appareil

adopté. La Gournerie

présentera d'ailleurs,

lors de l'Exposition

universelle de 1878, un

dispositif expérimental

susceptible de répon-

dre à ces questions qui

lui vaudra une

médaille d'or.

Hachette en fait l'aveu explicite et déclare qu'« il serait à désirer que les élèves qui désirent cultiver plus particulièrement l'architecture, connaissent des méthodes plus faciles et moins longues »³⁶. Si ces méthodes sont à la fois plus faciles et plus rapides, pourquoi ne pas les enseigner à tous les élèves, demande ingénument La Gournerie³⁷.

Lui-même, qui enseigne également la perspective à l'École polytechnique, va d'ailleurs élaborer un manuel sur le sujet qui ne manque pas d'intérêt. Prenant à contre pied, là encore, la démarche de Monge, il commence par analyser longuement la pratique des peintres et remarque que le principe du point de vue unique traduit en fait fort mal la géométrie sous-jacente utilisée par les artistes. Constatant donc que dans un tableau une pluralité de points de vue est utilisée, il compare les différentes restitutions d'un même tableau pour ces différents points de vue et montre qu'elles sont homologues les unes des autres. « En conséquence et d'après les propriétés des figures homologues, quand certains points des objets dessinés sont en ligne droite, ils paraissent en ligne droite à tous les spectateurs. Si un peintre a représenté un personnage qui en regarde un autre ou le menace de son poignard, quelque part le spectateur se place, il verra toujours le second personnage regardé ou menacé, et, comme la position de son œil est liée aux figures restituées par la loi de l'homologie, si, dans une situation, il est lui-même regardé ou menacé, il le sera dans toutes. »³⁸

La démarche de La Gournerie est donc, en un sens, opposée à celle de Monge : collant au plus près des différentes techniques graphiques utilisées par les artistes, il essaye, au cas par cas, d'expliciter les méthodes géométriques, sans pour autant chercher à dégager une méthode générale. Le principe d'une technique graphique universelle avec de multiples champs d'application, tant vanté par les promoteurs de la géométrie descriptive, a montré ses limites.

ON PEUT DISTINGUER trois périodes dans l'enseignement de la géométrie descriptive à l'École polytechnique, durant le XIX^e siècle : l'enthousiasme révolutionnaire de la création, la constitution d'un empire d'application et le Waterloo des ponts biais suivi d'une restauration de l'attention portée aux corporations des métiers. Ce mouvement général n'est certes pas unique au

³⁶ J.-N.-P. Hachette, *Correspondance sur l'École Polytechnique*, t. 1, p. 313.

³⁷ J. de la Gournerie, « Mémoire sur l'enseignement des arts graphiques », *op. cit.*, pp. 289-90.

³⁸ J. de La Gournerie, *Traité de perspective linéaire*, Paris, 1859, p. XVII.

moment de la création d'une nouvelle discipline. Deux points apparaissent néanmoins comme spécifiques. L'enthousiasme révolutionnaire de la création de la discipline coïncide avec celui de la création de l'institution et celui de la période politique. L'introduction d'un enseignement de géométrie descriptive comme les critiques vis-à-vis de cet enseignement se font au nom des « applications ».

La géométrie descriptive est portée, sur toute la période qui nous intéresse ici, par le souvenir des leçons de Monge, émaillées de multiples exemples qui restent des modèles de géométrisation de problèmes pratiques. La théorie de l'appareillage selon les lignes de courbure est en fait une façon d'enseigner la notion de lignes de courbure — et de surfaces normales — et non l'appareillage. De même, la représentation des surfaces en perspective est à peine plus qu'un prétexte pour présenter la théorie des surfaces enveloppes. On peut multiplier ainsi les exemples, tirés des leçons de Monge, de présentations concrètes et imagées de notions de géométrie. Ce principe d'exposition, qui fit la richesse et le succès des cours de Monge, fût également une source d'inspiration de ses propres travaux scientifiques. La force de séduction de cette démarche apparaît si importante qu'elle peut effectivement laisser croire, à Monge d'abord mais surtout à ses successeurs, qu'elle est réversible et que la théorie géométrique viendra en retour s'appliquer avec autant de bonheur à la solution des problèmes pratiques. C'est somme toute l'échec programmé de cette réciprocity qui devient patent au cours du XIX^e siècle.

L'influence première du cours de Monge ne sera donc pas de contribuer à « tirer la nation française de la dépendance où elle a été jusqu'à présent de l'industrie étrangère »³⁹, comme l'avait propos de ses leçons le laisse entendre, mais bien plutôt de favoriser le renouveau des études géométriques et de permettre la création de toute une école française de mathématique illustrée à ses débuts par les plus brillants polytechniciens. À l'échec des ponts biais répond la naissance de la géométrie projective.

³⁹ G. Monge, *L'École normale de l'an III*, *op. cit.*, p. 305.