



HAL
open science

La communication scientifique et technique par les outils graphiques de 1750 à 1850 dans le contexte de la Bretagne

Bernard Quéré

► To cite this version:

Bernard Quéré. La communication scientifique et technique par les outils graphiques de 1750 à 1850 dans le contexte de la Bretagne. Histoire. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS), 2005. Français. NNT: . tel-00012205

HAL Id: tel-00012205

<https://theses.hal.science/tel-00012205>

Submitted on 4 May 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ECOLE DES HAUTES ETUDES EN SCIENCES SOCIALES

Doctorat nouveau régime
Discipline: Histoire et civilisations

**LA COMMUNICATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
PAR LES OUTILS GRAPHIQUES
DE 1750 à 1850
DANS LE CONTEXTE DE LA BRETAGNE**

Présentée publiquement par **Bernard QUERE**

Thèse dirigée par Jean Dhombres

Soutenue le 15 décembre 2005

10, rue Monsieur le Prince,

Groupe de recherche sur les savoirs

Paris Sorbonne

Jury:

M.Cotte Michel, professeur, Université de Nantes.

M.Dhombres Jean, professeur, directeur des études, Ecole des hautes études en sciences sociales, Paris. Directeur de thèse.

M.Guillerme André, professeur, Conservatoire national des arts et métiers, Paris.

M.Ortiz Eduardo L. professeur, Imperial College, London.

Remerciements aux personnes qui ont bien voulu réunir les conditions pour faciliter ce travail de recherche. Ces personnes exercent dans les établissements ci-dessous cités:

Archives départementales d'Ille et Vilaine.

Archives municipales de la ville de Rennes.

Bibliothèque municipale de la ville de Brest.

Bibliothèque municipale de la ville de Rennes.

Bibliothèque universitaire de Rennes 1.

Bibliothèque du Conservatoire des Arts et Métiers de Paris.

Bibliothèque de l'Ecole d'Architecture de Bretagne à Rennes.

Centre de recherche du Musée national de la Marine à Paris

Service historique de la Marine à Brest.

SOMMAIRE

Préambule.

Orientation d'une recherche et d'une réflexion relatives au dessin, à partir d'une analyse d'ouvrages édités entre 1750 et 1850.

1. Un graphisme pour construire, études de cas liés à la construction navale. *page 50*

1.1: François Dassié (s d), un marin-constructeur, maître de dessin. *page 50*

1.2: Pierre Bouguer (1698-1758), un hydrographe-constructeur en charge au Croisic. *page 59*

1.3: Henri-Louis Duhamel du Monceau (1700-1781), un acteur de la rationalisation et de la promotion de la construction navale. *page 68*

1.4: Honoré-Sébastien Vial du Clairbois (1733-1816), un ingénieur-constructeur, acteur dans le développement de l'arsenal du port de Brest. *page 75*

1.5: Le dessin de définition du vaisseau pour l'étude de son coût *page 82*

2. Un graphisme pour informer, études de cas liés à la connaissance du fonctionnement des machines. *page 86*

2.1: Jean-Gaffin Gallon (1706-1775), l'ingénieur d'origine bretonne et son inventaire des machines et inventions. *page 86*

2.2: L'intérêt accordé par un groupe de libraires parisiens aux travaux de Gallon, la naissance des recueils des prix de l'Académie *page 113*

2.3: Giuseppe-Antonio Borgnis, (vers 1780) et ses contributions pour une compréhension du fonctionnement des machines. *page 122*

2.4: Le dessin, pièce du dossier à constituer pour effectuer une demande de brevet d'invention. *page 147*

3. Un graphisme pour construire, études de cas liés à la construction de machines. *page 154*

3.1: Gaspard Monge et ses contributions pour une fabrication organisée. *page 156*

3.2: Christian Gérard et son regard sur la construction de machines *page.167*

3.3: Charles Dupin (1784-1873) et son cours professé au conservatoire royal des arts et métiers. *page 174*

4. Une orientation vers une terminologie et un langage communs pour une communication scientifique et technique. *page 181*

4.1: François Dassié et son sens du mot juste. *page 183*

4.2: Pierre Bouguer et sa terminologie marine. *page 185*

4.3: Henri-Louis Duhamel du Monceau et son souci de rationalisation essai d'une normalisation. *page 187*

4.4: François-Camille de Duranti de Lironcourt et son dictionnaire des gens de mer

page 189

4.5: Des dictionnaires pour les mécaniciens: le Bélidor, le Lunier, l'Armonville, le Laboulaye. *page 190*

5. Une communication scientifique et technique qui fait usage d'outils graphiques en évolution. *page 207*

5.1: Une sélection composée de quelques représentations graphiques en perspective. *page 207*

5.2: Quelques définitions de la perspective. *page 224*

5.3: La perspective, un sujet de réflexion et d'étude permanent. *page 226*

5.4: La perspective, observée au travers d'ouvrages parus aux 16^{ème} et 17^{ème} siècles. *page 227*

5.5: La construction des ombres, compréhension des formes ou simple effet esthétique. *page 243*

5.6: Les exigences de qualité et de précision du tracé en construction navale, une référence. *page 262*

5.7: Vers une harmonisation des codes et des signes propres à la représentation et aux études de systèmes techniques industriels. *page 264*

6. Des propositions pour une classification des machines et pour une organisation des recherches relatives aux études de systèmes techniques. *page 269*

6 1: Une théorie des machines simples, par Charles-Auguste Coulomb (1736-1806). *page 274*

6.2: Une science des machines selon Gaspard Monge (1746-1818) et Jean-Nicolas-Pierre Hachette (1769-1834).	<i>page 276</i>
6.3: Une composition des machines selon José-Maria de Lanz (1764-1839)	<i>page 282</i>
6.4: Une classification des machines selon Giuseppe-Antonio Borgnis	<i>page 292</i>
6.5: Vues sur le système général des opérations industrielles selon Christian Gérard	<i>page 297</i>
7. Une acquisition d'outils graphiques pour une diffusion des savoirs scientifiques et techniques, contenus et organisation de formations.	<i>page 305</i>
7.1:L'architecture civile et les bases d'une communication des savoirs à l'aide d'outils graphiques, des références pour d'autres domaines d'activité.	<i>page 306</i>
7.2: L'architecture et les initiatives en matière de formation dans le domaine des arts graphiques.	<i>page 318</i>
7.3: Une école des ponts et chaussées.	<i>page 319</i>
7.4: L'enseignement du dessin dans des structures bretonnes de formation.	<i>page 333</i>
7.4.1: L'instruction à Rennes, au collège des Jésuites puis au collège de la ville; quel enseignement du dessin?	
7.4.2: Une école gratuite de dessin à Rennes.	
7.5: L'avènement d'une formation de constructeurs de vaisseaux	<i>page 346</i>
7.6:Des institutions de formations orientées en direction des arts mécaniques.	<i>page 353</i>
7.6.1: Les écoles des arts et métiers.	
7.6.2: L'école centrale des arts et manufactures.	
Conclusion	<i>page 373</i>
Bibliographie	<i>page 383</i>
Illustrations	<i>page 388</i>

Préambule.

Plutôt que d'annoncer un programme, nous avons préféré indiquer quelques questions sur le dessin technique, questions qui nous sont venues en feuilletant divers recueils. Nous n'avons pas en effet la ressource d'utiliser des monographies déjà existantes sur le dessin technique dans l'histoire, et nous devons avant tout éduquer notre regard à partir de certains dessins afin de voir les différences et les similarités avec le dessin d'aujourd'hui. La moisson que nous avons faite de documents illustrés et, nous semble t'il, convenablement choisis, est assez ample et nouvelle pour susciter les questions de la présente thèse. Nous orienterons cette recherche et nos réflexions relatives au dessin, à partir d'une analyse d'ouvrages édités entre 1750 et 1850.

Depuis les temps les plus anciens, l'être humain a utilisé le graphisme pour s'exprimer et communiquer; cette " façon de dire " a toujours existé. Dans ce langage, l'usage de l'image s'est constamment développé. Cette forme d'expression a évolué, tant dans son contenu que dans sa forme; langue souvent simple, généralement compréhensible et n'exigeant pas nécessairement un long apprentissage, en particulier celui utile pour une maîtrise des moyens techniques mis en œuvre. Cette forme d'expression, manière de comprendre et de sentir, verra ses codes, ses règles établies et ses techniques de construction et de réalisation se standardiser au fil du temps. Les grandes lignes de cette évolution constituent l'objectif du présent travail.

L'art graphique dans un univers nettement artistique s'est imposé alors que le dessin d'outils et de machines, *le dessin technique*, s'est fait plus discret et ne s'est établi que tardivement, mais voyant ses règles progressivement définies, au fur et à mesure d'une utilisation plus systématique du dessin technique. Dans *l'Encyclopédie technologique*¹ de M.C.Laboulaye, parue en 1854, il est dit à propos du dessin industriel:

Relativement au travail industriel le dessin comprend deux choses: 1° Le moyen d'obtenir le tracé des objets que l'on veut exécuter par des opérations manuelles ou mécaniques, tel est spécialement l'objet du dessin linéaire, application de la science que Monge a formulée sous le nom de géométrie descriptive; 2° La représentation des ornements, figures diverses qui constituent l'apparence extérieure des objets reproduits par le travail industriel, partie qui est à proprement parler le moyen de l'application des beaux arts à l'industrie.

(Extrait, Encyclopédie technologique de C.Laboulaye, page 89).

¹Laboulaye, Charles-Pierre, 1813-1886, ingénieur polytechnicien, *Encyclopédie technologique, dictionnaire des arts et manufactures de l'agriculture, des mines...description des procédés de l'industrie française et étrangère*, Paris, librairie de L.Comon, 1854, BM Rennes cote: 10882.

La transcription sur une surface plane de l'image d'un objet technique, sa représentation graphique ou modèle, sera plus communément nommé *dessin de fabrique*. Elle comprend tout arrangement, toute disposition ou combinaison de traits, destiné à une production artisanale ou à une production industrielle. Une autre formulation courante apparaît aussi, à savoir le *dessin linéaire* appartenant à l'art industriel et considéré comme étant un dessin technique qui définit des objets, des machines et des ornements liés aux domaines de réalisation. Nous observerons que ces dessins prennent des appellations sensiblement différentes selon les époques, les intentions de l'auteur et les techniques graphiques du moment; aujourd'hui par exemple il est question de la conception assistée par ordinateur, du dessin assisté par ordinateur. Lunier, dans son *Dictionnaire des sciences et des arts* ² définit ainsi le mot *dessin*: " Dessin ou dessein, de l'italien *disegna*, dérivé du latin *designare*, tracer, marquer, faire un modèle, former un plan".

Au cours de notre étude, nous tenterons de situer le dessin dit *dessin artistique* au regard du *dessin technique*. Serons nous en mesure de cerner une frontière entre le dessin à caractère illustratif et le dessin utile pour construire? Grâce à l'analyse de dessins d'architecture, nous convenons qu'à une orientation artistique est inéluctablement associé un volet technique. Mais, ce ne sera pas le cas de certaines productions graphiques du domaine de la construction de machines qui réduiront la dimension artistique du dessin pour mettre surtout l'accent sur la compréhension de l'agencement, de la fonction et de la mise en oeuvre de systèmes techniques toujours plus complexes. Cette orientation de la réflexion ne doit cependant pas exclure de cette étude un volet relatif à *l'esthétique industrielle*. En tout cas, une question est commune à celles du dessin artistique et du dessin technique, et c'est la qualité d'exactitude.

1. Rôle d'exactitude du dessin:

Dans la plus haute antiquité, les Grecs, les Arabes et les Egyptiens ont usé de *l'art du trait* pour mener à bien la parfaite construction de leurs monuments (nous développerons cet *art du trait* au cours des lignes à venir). Les plus anciennes épures connues se situeraient dans les carrières de Gebel-Abou-Fedah, en Egypte, dans l'Heptanomide ³. La qualité des édifices est d'un niveau d'excellence tel que chacun estime qu'un travail préalable de dessin de chaque pierre, de chaque élément constitutif des ouvrages avait été réalisé. Telle est, à ce sujet, la teneur des propos de

²Lunier, *Dictionnaire des sciences et des arts*, Paris, E.Gide et H.Nicolle libraires,1805, BM de Rennes, cote: 56406.

³Heptanomide: Nom donné par les Grecs à la moyenne Egypte, qui était divisée en sept nomes ou circonscriptions administratives.

Viollet le Duc dans son : *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^{ème} au XVI^{ème} siècle*⁴.

Les pierres du temple de Salomon étaient si parfaitement taillées, qu'il était inutile de les retoucher sur place. Une étude préalable par le dessin avait été menée.

Viollet le Duc, dans son autre ouvrage intitulé: *Histoire d'un dessinateur, comment on apprend à dessiner*⁵, ouvrage qui intéresse directement notre propos, fait une distinction entre le dessin artistique et le dessin technique. Concernant ce dernier, il s'agit de rendre un compte exact de toute chose, conformément à des règles, des principes. L'étude du dessin et des connaissances qui s'y rattachent est donc empreinte de rigueur et est "étrangère à l'art proprement dit" déclare Viollet le Duc. La réalisation d'un tel dessin, *sa composition*, exige des connaissances scientifiques et technologiques et une appropriation de méthodes et de savoir faire liés aux tracés, aux techniques de représentation d'un objet sur une surface plane.

La composition doit avoir ses lois, ou elle ne serait qu'une fantaisie, qu'un caprice; or, sans m'occuper de ce qui concerne la peinture, la sculpture et la musique (bien qu'il soit possible, me semble-t-il, de définir les règles qui doivent s'imposer dans les compositions des musiciens, des sculpteurs et des peintres), s'il s'agit des arts appliqués à l'architecture, aux diverses industries, il est évident que la composition doit tenir compte de deux éléments, de la matière mise en œuvre et des procédés qui peuvent lui être appliqués.

(page 279, *Histoire d'un dessinateur, Viollet leDuc*).

La question essentielle relative à la place occupée par l'expression graphique est celle des échanges entre le concepteur et le réalisateur d'un ouvrage, entre le donneur d'ordre et l'exécutant d'un objet technique situé au coeur d'un système technique, c'est là que se situe la qualité d'exactitude du dessin. Nous tenterons d'approfondir ce point central de notre étude en mesurant l'impact du graphisme au cours des étapes généralement incontournables pour faire aboutir une idée de réalisation, à savoir: les phases de conception, de définition, de construction, de contrôle et de mise en œuvre. Nous serons également conduits à comparer l'organisation, l'agencement et les performances du produit fini à ceux établis par le concepteur afin d'apprécier le sens et les " messages " portés par le dessin au cours des différentes étapes qui précèdent la réalisation elle même.

⁴Viollet le Duc, Eugène-Emmanuel, 1814-1879, architecte, écrivain, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du 11^{ème} au 16^{ème} siècle*, A. Morel éditeur à Paris ,1854, BM Rennes cote: 36266.

⁵Viollet le Duc, Eugène-Emmanuel, *Histoire d'un dessinateur, comment on apprend à dessiner*, sans date, Paris, Bibliothèque d'éducation et de récréation J.Hetzet et Cie, BM de Rennes, cote: 14965.

2. *L'art du trait.*

Selon Viollet le Duc, *l'art du trait* s'est transmis sur les chantiers, parfois secrètement d'ailleurs afin de ne pas divulguer les techniques d'architecture mises en œuvre pour la construction d'édifices divers. Selon cet architecte prestigieux, le trait est une opération de *géométrie descriptive*, au sens d'une décomposition des plans multiples qui composent les solides élémentaires d'une construction. C'est à partir du trait de l'architecte que s'effectue la taille des pierres selon une technologie spécifique, selon un savoir faire communiqué par cette "science" nommée *stéréotomie*. Il s'agit pour les exécutants, *les faiseurs*, de déterminer en premier lieu le mode de division le plus avantageux pour partager l'ouvrage à édifier en pierres et en parties telles qu'il soit possible de les tailler chacune dans un seul bloc, puis de déterminer les profils et les dimensions des faces de chaque élément afin de leur donner, au moyen d'épures tracées, les formes exactes qu'elles doivent posséder. La stéréotomie, observée en tant que science traitant de la coupe des solides employés dans la construction d'édifices civils et militaires, est en particulier expliquée, tant dans le traité d'architecture de Philibert de l'Orme que dans *l'Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné*, entreprise remarquable menée par Diderot⁶ et d'Alembert⁷ et débutée en 1751. Le traité d'architecture de Philibert de l'Orme contient également un grand nombre d'appareils⁸ représentés graphiquement sous leur forme achevée, ces dessins étant accompagnés des méthodes de tracés à appliquer, préalablement à la réalisation à partir des blocs solides bruts initiaux. L'architecture tirera bon profit de la parution d'ouvrages traitant de *l'art du trait* et de *la stéréotomie*. L'architecte Philibert de l'Orme s'efforcera de donner à la stéréotomie une base scientifique en publiant son premier tome de l'architecture en 1567. En matière d'édition liée au domaine de l'architecture civile, de l'Orme sera suivi en 1648 par le graveur Bosse⁹, élève de Desargues¹⁰, qui composera en prenant appui sur les idées et sur les travaux de son maître, *la manière universelle de Mr Désargues pour pratiquer la perspective par pied droit, comme le géométral*, par Mathurin Jousse, architecte à la Flèche. Il fera éditer en 1662 *Le secret d'architecture découvrant fidèlement les traits géométriques, coupes et dérovements nécessaires dans les bâtiments*, par le père Derand (Derran) pour son livre sur *l'architecture des voûtes* en 1663.... Nous observons que le recours à la *perspective*¹¹ demeure courant et ceci d'ailleurs quel que

⁶ Diderot, Denis, 1713-1784, philosophe et homme de lettres.

⁷ Alembert, Jean le Rond d', 1717-1783, mathématicien et philosophe.

⁸ Appareil: pièce constitutive d'un édifice, d'un monument telle que les berceaux, voûtes, escaliers...

⁹ Bosse, Abraham, 1602-1676, peintre et graveur.

¹⁰ Desargues, Girard, 1593-1662, géomètre et ingénieur.

¹¹ Perspective, norme française NF E 04-108: les perspectives sont employées quand on estime qu'une représentation complémentaire permet de mieux saisir et plus vite, l'aspect général et les

soit le domaine technique dont il sera question. Sans autre développement, nous dirons pour l'instant que la perspective linéaire comme la perspective conique se traduisent toutes deux par une représentation sur un plan d'une figure qui offre l'aspect d'un objet à trois dimensions ; la perspective conique étant, semble-t-il, essentiellement en usage dans les arts plastiques.

La lecture du traité¹² de perspective de Jacques Ozanam¹³ ne nous aide guère pour établir, si besoin était, une frontière suffisamment précise entre les beaux arts et les arts industriels. Selon le contenu du texte de 1720, en édition posthume, la perspective ne sert qu'au plaisir des yeux mais pour autant, ce procédé de représentation appelle une terminologie, des définitions, des règles et des procédures. Des définitions sont formulées dès les premières pages du livre: le plan géométral, l'assiette d'un point, le plan perspectif, la ligne de terre, etc. Elles sont suivies de théorèmes démontrés ou simplement commentés, mais prenant toujours appui sur des représentations graphiques. Dans cette préface, il est bien question d'un débat entre art et technique et de la place occupée par la perspective dans la représentation des objets:

La perspective est un art par lequel on imite la nature, en représentant tous les objets visibles comme ils paraissent à la vue, et qui enseigne à faire tenir dans un espace très petit des objets très étendus ...Le plaisir est une des fins que se propose la perspective...Ce sont ces mesures et ces proportions que la perspective étudie, qu'elle imite et qu'elle observe...Je parle ici des principes, des règles qu'elle a établies

(Préface, pages 1,2 et 3, La perspective théorique et pratique, Ozanam).

3. Le dessin de classification: le cas de l'architecture navale.

Nous quitterons alors un temps l'architecture civile et militaire, pour nous orienter vers l'architecture navale, une architecture navale qui se préoccupe particulièrement de transmission des connaissances scientifiques entre le concepteur d'un vaisseau, le constructeur et enfin l'utilisateur. François Dassié, d'origine supposée normande mais d'abord capitaine-marin, constructeur de navires au Havre, puis maître de dessin des gardes de la marine à Toulon, estime que l'information relative à l'architecture navale est insuffisamment développée, contrairement à l'architecture civile et militaire qui, dit-il, a bénéficié des services "d'un grand nombre d'auteurs qui ont amplement traité de toutes les parties des mathématiques, et principalement de l'architecture civile et militaire". Le premier livre de son

formes d'une pièce ou d'un matériel technique. On choisit, parmi les possibilités (cavalière, axonométrique, isométrique, dimétrique, trimétrique) celle qui donnera la perspective la plus simple compatible avec le résultat à obtenir.

¹² La perspective théorique et pratique où l'on enseigne la manière de mettre toutes sortes d'objets en perspective, et d'en représenter les ombres causées par le soleil ou par une petite lumière, tirée du cours de mathématiques de Ozanam .J, 1720, édition posthume. Service historique de la marine, Brest, cote: 2800

¹³ Ozanam, Jacques, 1640-1717, mathématicien français, de l'Académie royale des sciences.

ouvrage *L'architecture navale*¹⁴, édité en 1677, traite de géométrie et des instruments nécessaires pour représenter le plan et la proportion d'un navire. La terminologie en usage dans la marine y est expliquée. Le second livre précise les termes pour la construction de la galère et de la chaloupe et le troisième et dernier livre, quant à lui, est dédié à l'art de naviguer et de conduire un navire. Les dessins ne sont pas cotés, mais comportent des échelles et l'auteur insiste constamment sur les proportions à respecter dans la construction d'un vaisseau, la *proportion du navire* dit-il. Cette démarche essentielle est matérialisée dans l'ouvrage par de nombreux tableaux dimensionnels (*illustration 0.1*), les navires étant classés selon leur rang et leur type. Cependant, ces tableaux ne suffisant pas, il y a des planches. Elles sont composées dans un respect de disposition des vues d'un vaisseau, la vue de dessus étant tracée en correspondance avec la vue longitudinale dite vue de face (*illustration 0.2*). Des sections droites portées sur une même figure complètent les vues lorsqu'il est question de définir les couples, ces constructions graphiques apportent au constructeur les données indispensables comme nous le verrons dans la suite de notre propos lorsque nous mesurerons combien elles sont porteuses d'informations pour mener à bien les tracés puis l'exécution matérielle des gabarits ou couples qui composeront le *squelette* du vaisseau (*illustration 0.3*). Les lignes horizontales tracées sous la vue de face de la galère indiquent le positionnement d'éléments qui constituent l'ossature. La ligne E donne la position des membrures. Ce mode de cotation a des analogies avec les lignes de cotes et de rappel que nous connaissons actuellement.

¹⁴ Dassié, François, *L'architecture navale contenant la manière de construire les navires, galères et chaloupes, et la définition de plusieurs autres espèces de vaisseaux*, 1677. Jean de la Caille éditeur à Paris, nouvelle édition en 1695. Service historique de la marine, Brest cote: R 3172-1 et BM de Rennes, cote: 56486. Ouvrage réédité par l'Ancre, en 1999 et Eyrolles, en 2003.

TABLE POUR TROUVER LES PROPORTIONS QUE L'ON OBSERVE EN LA CO

RANG DES NAVIRES.	LONGUEUR DE QUILLE	HAUTEUR D'ES-TRAVE	QUESTE D'ES-TRAVE	HAUTEUR D'ES-TAMBOT.	QUESTE D'ES-TAMBOT.	LONGUEUR DE L'ES-TRAVE A L'ES-TAMBOT.	LARGEUR DU I. GABARI.	CREUX OU CUBE.	PLATEAU VARRANGUE.	HAUTEUR DU I. GABARI.	RE'TRE CISEMENT DU I. GABARI.	HAUTEUR DU I. PONT AU 2. PONT.	HAUTEUR DU 2. AU TROISIEME.	HAUTEUR DU GABARDE CHAMBRÉE.	LARGEUR DE LISSE D'HOURDI.	HAUTEUR DU DERRIERE.	RE'TRE CISEMENT DU COUROMENT
	pieds.	pieds. pou.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.	pieds. p.
Du PREMIER RANG.	135 <i>de quille.</i>	33. 9.	27.	30. 4.	6. 9.	168. 9.	44. 3.	20. 2.	21. 1.	36. 8.	11.	7. 2.	6. 8.	6. 1.	30. 4.	36. 3.	7.
Du SECOND RANG.	130.	32. 6.	16.	29. 3.	6. 6.	162. 6.	42. 8.	19. 6.	20. 3.	35. 2.	10. 8.	7.	6. 7.	6.	29. 3.	34. 2.	7.
Du TROISIEME RANG.	125.	31. 3.	15.	28. 1.	6. 3.	156. 3.	41.	18. 8.	19. 6.	33. 10.	10. 3.	6. 10.	6. 6.	5. 11.	18. 1.	31. 1.	7.
Du QUATRIEME RANG.	120.	30.	14.	27.	6.	150.	39. 4.	17. 11.	18. 9.	32. 6.	9. 10.	6. 9.	6. 5.	5. 10.	27.	30.	6.
Du CINQUIEME RANG.	115.	28. 9.	13.	25. 10.	5. 9.	143. 9.	37. 9.	17. 2.	17. 10.	31. 1.	9. 5.	6. 7.	6. 4.	5. 9.	25. 10.	47. 11.	6.
Du SIXIEME RANG.	110.	27. 6.	12.	24.	5.	137.	36.	16.	17.	29.	9.	6. 6.	6. 3.	5. 8.	24.	35. 10.	6.
Du SEPTIEME RANG.	105.	26. 3.	11.	23. 7.	5. 3.	131. 3.	34. 4.	15. 8.	16. 4.	28. 5.	8. 7.	6. 5.	6. 2.	5. 7.	23. 7.	43. 9.	5.
Du HUITIEME RANG.	100.	25.	10.	22. 6.	5.	125.	32. 9.	14. 11.	15. 7.	27. 1.	8. 2.	6. 3.	6. 0.	5. 6.	22. 6.	41. 8.	5.
FREGATE DU PREMIER RANG.	95.	23. 9.	19.	21. 4.	4. 9.	118. 9.	30. 2.	14. 1.	13. 6.	25. 9.	7. 6.	6. 1.	5. 10.	5. 5.	21. 4.	39. 7.	5.
FREGATE DU SECOND RANG.	90.	22. 6.	18.	20. 3.	4. 6.	112. 6.	29. 6.	13. 5.	12. 10.	22. 6.	7. 3.	6.	5. 8.	5. 4.	20. 3.	37. 6.	5.
FREGATE DU TROISIEME RANG.	85.	21. 3.	17.	19. 1.	4. 3.	106. 3.	27. 10.	12. 8.	12. 1.	21. 3.	7.	5. 10.	5. 6.	5.	19. 1.	35. 5.	4.
FREGATE DU QUATRIEME RANG.	80.	20.	16.	18.	4.	100.	26. 3.	12.	11. 5.	20.	6. 6.	5. 8.	5. 4.	4. 10.	18.	32. 4.	4.
FREGATE DU CINQUIEME RANG.	75.	18. 9.	15.	16. 10.	3. 9.	93. 9.	24. 7.	11. 8.	10. 8.	18. 9.	6. 2.	5. 6.	5. 3.	4. 6.	16. 10.	29. 2.	4.
FREGATE DU SIXIEME RANG.	70.	17. 6.	14.	15. 9.	3. 6.	87. 6.	22. 11.	10. 11.	10.	17. 6.	5. 8.	5. 4.	5. 1.		15. 9.	27. 2.	3.

Illustration 0.1: Extrait d'un tableau traitant des proportions, Architecture navale, Dassié, 20 x 40 cm.

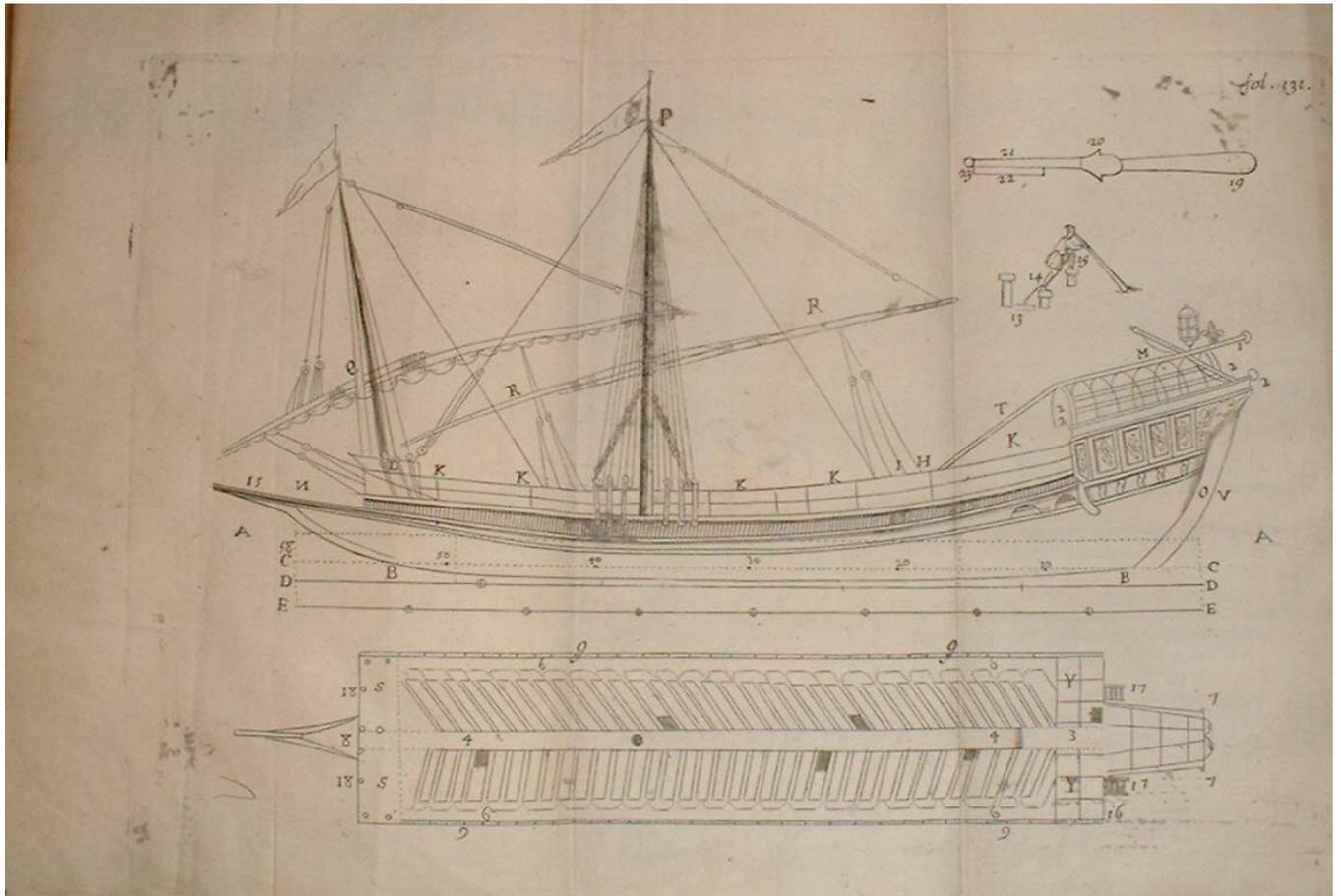


Illustration 0.2: une galère, Architecture navale, Dassié, 20 x 36 cm.

La pureté du dessin est à souligner. La rigueur du tracé concerne les moindres détails et les repères portés sur les vues sont repris dans un

texte qui apporte au lecteur les informations utiles pour saisir le cheminement suivi par le concepteur. Les drisses, étais, haubans et écoutees sont dessinés avec soins. La précision est de mise.

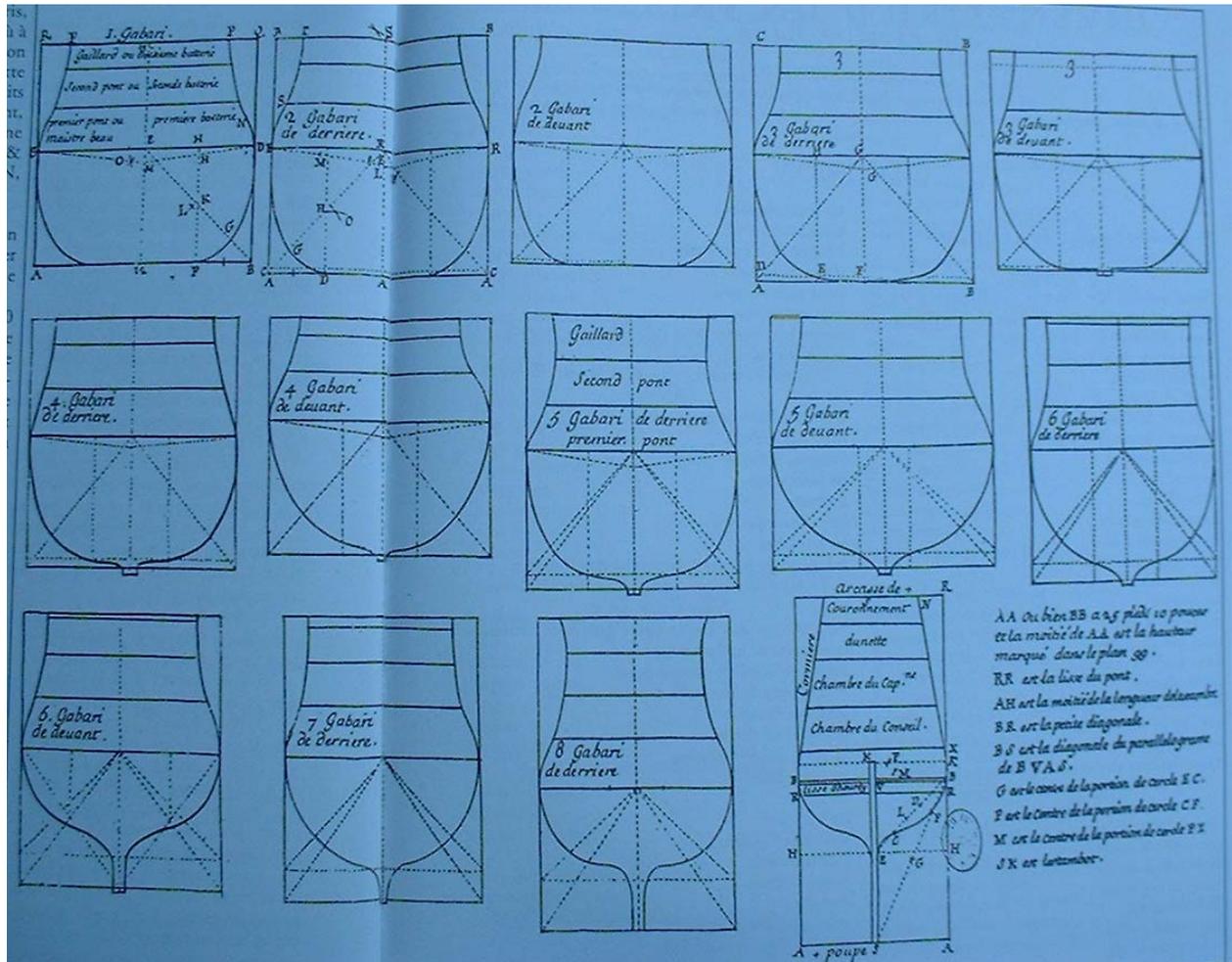


Illustration 0.3: représentation des différents couples (ou des gabarits) d'un même navire, *Architecture navale*, Dassié, 34 x 21 cm.

Ce souci de diffusion de connaissances en matière de construction navale se trouve également chez François-Camille Duranti de Lironcourt, enseigne des vaisseaux du roi, qui fera éditer en 1771 son *Dictionnaire*¹⁵ portant sur la construction pratique des vaisseaux.

¹⁵Duranti de Lironcourt, François-Camille de, 1733-1802, Evêque de Bethléem, *Instruction élémentaire et raisonnée sur la construction pratique des vaisseaux*, 1771, Service Historique de la marine, Brest, cote: R 3008.

S'il n'est pas absolument nécessaire à un marin de connaître le mécanisme le plus exact de toutes les pièces de la construction des vaisseaux, on croit toutefois pouvoir assurer qu'il est indispensable de savoir l'usage, les propriétés, les relations et la forme des principales pièces qui entrent dans la composition du vaisseau, soit pour les liaisons générales et communes à tout vaisseau, ou particulières et propres à chacune de ses parties. C'est par l'étude de ces différents objets que doit commencer un jeune marin qui veut acquérir des connaissances théoriques sur la figure, sur les qualités et sur les mouvements du vaisseau... Cette marche qui est essentielle à ceux qui se destinent à l'état d'ingénieur-constructeur, n'est pas moins importante à MM. les Gardes de la marine qui doivent un jour être appelés pour donner leur avis dans des conseils de construction sur différents objets théoriques et pratiques de cette partie du service de la marine.

(Instruction élémentaire et raisonnée sur la construction-pratique des vaisseaux, Duranti de Lironcourt, avant-propos, pages 1 et 2).

Dans son avant-propos, Duranti de Lironcourt conseille au lecteur l'étude attentive du traité¹⁶ de Duhamel du Monceau relatif à l'architecture navale et surtout, livre à la main, une fréquentation assidue des chantiers. Selon ses dires, l'observation et l'expérience sur les lieux mêmes des réalisations sont irremplaçables. Il dit également avoir volontairement limité le nombre de figures accompagnant ses articles pour privilégier une formation sur le terrain, estimant que les gardes de la marine disposent dans leurs écoles des petits modèles de vaisseaux qui se démontent et se remontent aisément. Le recours à la maquette sera fréquemment retenu par les concepteurs des différents domaines de production afin de mieux visualiser leurs projets et aussi, de les faire évoluer.

Nous observons aux travers de ces quelques exemples saisis dans le domaine de l'architecture navale que s'instaure un langage commun entre les constructeurs eux-mêmes, puis entre les concepteurs et les constructeurs, et enfin bien naturellement, au fil du temps, entre les marins. L'expression par le graphisme est un élément essentiel de ce langage commun qui s'établit en construction navale.

4. Des recueils de dessin d'après nature.

Après avoir esquissé la place occupée par le dessin tant en architecture civile qu'en architecture navale, portons un regard sur les arts industriels. Nous prenons un premier appui sur un manuscrit datant de 1738, intitulé: *Recueil général des outils dont on se sert dans les*

¹⁶ Duhamel du Monceau, Henri-Louis, 1700-1781, ingénieur agronome, inspecteur général de la marine, membre de l'Académie de marine de Brest et de l'Académie royale des sciences. *Eléments de l'architecture navale, ou traité pratique de la construction des vaisseaux*, 1752, Service Historique de la marine Brest, cote: R3176.

*ateliers d'un port de marine*¹⁷. Il est seulement composé de planches. L'auteur est un certain Bellec dont l'activité professionnelle n'est pas précisée ; cependant, au vu des caractéristiques des dessins et des domaines techniques abordés, nous supposons qu'il exerçait à l'arsenal de Brest une fonction identique à celle d'un contre-maître ou d'un ingénieur. Les différents outils et objets techniques sont représentés selon nature, sous forme de perspectives traitées à *vue d'objet*. Les dessins sont coloriés, à dominantes bleu, ocre et rouge. La cotation est absente et chaque représentation se limite aux aspects extérieurs des objets ainsi projetés. Bellec *photographie*, généralement, selon une seule vue en perspective, les divers outils en usage dans chaque atelier de l'arsenal: forge aux ancres, atelier des taillandiers, voilerie, atelier des cloutiers, corderie, etc. Ce recueil qui décrit des matériels et des objets existant dans un arsenal ne servait-il pas de support pour enseigner aux marins le maniement des outils graphiques, et leur apporter des connaissances technologiques propres aux activités de construction navale?

Cette forme d'inventaire est moins présente dans un recueil¹⁸ datant de 1763 et portant la signature d'un lieutenant de vaisseaux nommé Deslonchamps l'aîné. Les dessins qui le composent sont exécutés à l'intention de personnes ayant en charge une réalisation, un montage, une mise en œuvre ou un essai de matériel de marine. La forme du graphisme évolue et au dessin perspectif viennent s'ajouter des projections orthogonales, des coupes longitudinales. La correspondance des vues est respectée, mais la cotation n'est pas retenue. Les dessins, effectués aux instruments, sont coloriés comme le sont ceux du sieur Bellec. L'exemple probant est fourni par cette grue de dragage utilisée au port de Brest, *illustration 0.4*. S'agissant d'instruments de dessin, nous pouvons penser que la règle, le compas et peut-être le té, faisaient partie de la panoplie du dessinateur, mais nous n'en avons pas la certitude.

¹⁷ Bellec, contre-maître à l'arsenal de Brest, *Recueil général des outils dont on se sert dans les ateliers d'un port de marine*, 1738, Service historique de la marine à Brest, cote: R3415

¹⁸ Deslongchamps l'aîné, né à Brest en 1721 et décédé à Brest en 1771, lieutenant des vaisseaux du roi et du port de Brest. *Recueil de machines, d'outils et d'ustensiles, en usage pour la construction et carène des vaisseaux, et de tout ce qui a rapport à leurs armements*, 1763. BM de Brest cote: MS54.

3057

TABLE GENERALE

DES OUTILS DONT ON SE SERT DANS LES ATTELIERS D'UN PORT DE MARINE.

A	l'atelierre de la Sculpture	Le Caffa	T
B	idem de la peinture	le perseurs	U
C	idem du Vitrier	Pour la Corderie	X
D	idem des Aarquebusiers	les Maçons	Y
E	idem de la Menuiserie	les Couvreurs	Z
F	pour les Charpentiers	le Tailleur	æ
G	La forge aux ancrs	le Cordonnier	a
H	petite forge des constructions et rade de la	le faiseur de Cabestran	b
I	L'atelierre des Canoniers	le Tisran	c
L	Forge des Serruriers	le Sieur de long	d
M	idem des allandiers	Vne grut	e
N	idem des Cloutiers	Mature pour mater les Vaisseaux	f
O	pour les Chaudroniers	Machine à Ecurer le port	g
P	Forge du tailleurs de lime	balance à peser les ancrs	h
Q	Ateliers des poudlaxeurs	pour la plomberie	i
R	La Voilerie	les pompe du bassin	k
S	La Tonnellerie	le Cadranier	l



Table des matières, recueil des machines et instruments, Bellec, 38,5 x 52 cm.

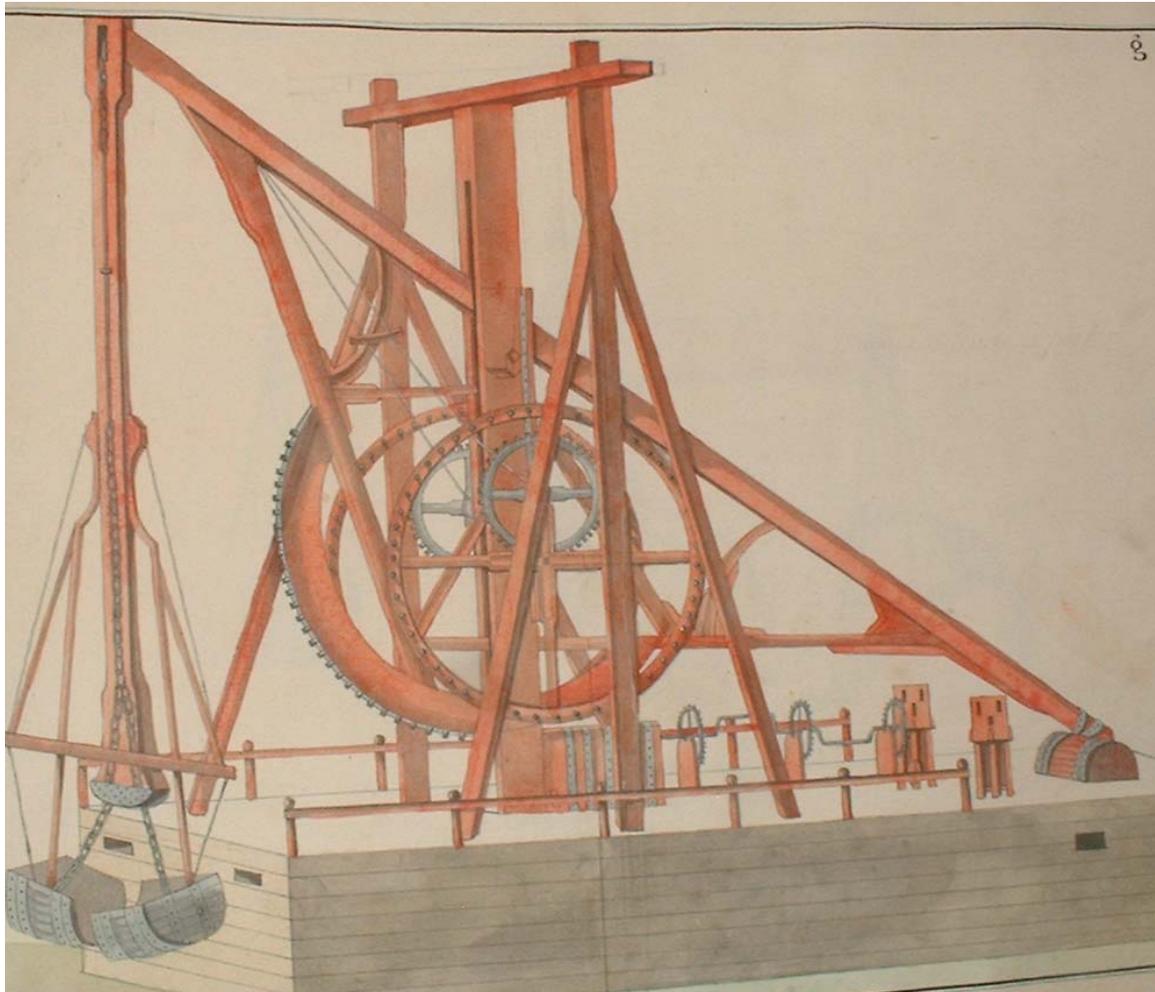


Illustration 0.4 , grue de dragage au port de Brest, Bellec, 38,5 x 52 cm.

Le dessin, porteur du repère g, est intitulé dans la table des matières de l'ouvrage de Bellec: *Machine à écurer le port*. Cette machine est installée à demeure sur un chaland. La représentation en perspective permet de se faire une idée de l'architecture générale du système constitué d'un portique, d'une flèche porteuse, d'un ensemble articulé recevant des godets et d'un dispositif de transmission d'énergie par engrenages. Ce dernier sous-ensemble est sommairement dessiné et le graphisme ne permet pas de bien cerner le principe mécanique de transformation de mouvement retenu. Le rendu par les couleurs choisies est esthétique et suffisant pour composer une espèce d'inventaire des machines et autres matériels alors en usage dans un arsenal.

L'architecture mécanique et la distribution des éléments et des sous-ensembles constitutifs de systèmes techniques industriels sont, en général, non développées dans le recueil de Bellec.

Dans cet inventaire, établi par le supposé technicien Bellec, figure une grue de levage, (*illustration 0.5*). Par ailleurs, cette grue est repérable dans plusieurs tableaux, œuvres de divers artistes-peintres qui ont porté un intérêt particulier aux abords de la *Penfeld*, rivière constituant l'épine dorsale d'une partie du port de Brest. Nous avons là une occasion de confronter la représentation réalisée par Bellec à celle du peintre hollandais Louis-Nicolas Blarenberghe (1716-1794). La comparaison nous est apparue aisée et, à nos yeux, particulièrement pertinente pour notre étude, puisque nous observons deux représentations d'un même système technique situé dans un environnement semblable.

L'œuvre du hollandais Blarenberghe représente une *vue du port de Brest*, (*illustration 0.6*). Sur cette peinture, la grue de levage est installée sur l'un des quais de la rivière *La Penfeld*, elle figure à la droite de ce tableau, une huile sur toile. L'œuvre représente le port de Brest-Penfeld vu depuis le lieu-dit Bordenave. La grue de levage dessinée par Blarenberghe comporte bien des analogies avec celle dessinée par Bellec. L'architecture générale de la grue, sa position dans l'espace, ses nuances de teintes présentent bien des similitudes sur les deux images.

Cette grue a inspiré d'autres artistes-peintres, et en particulier, le brestois, Pierre-Julien, Gilbert¹⁹. Son parcours professionnel nous intéresse, il peut se résumer ainsi: à l'âge de dix sept ans, il s'embarque à Brest comme novice, puis passe de l'exercice du métier de charpentier à celui de dessinateur. Il bénéficie d'un statut de contre-maître sculpteur de 1811 à 1814. Elève de Nicolas Ozanne, le *technicien-artiste* Gilbert est reconnu comme peintre de marine, et il enseigne le dessin à l'école navale à Brest de 1816 à 1833. Le tableau de Gilbert, propriété du Musée de la marine de Paris, est rapporté par Delouche dans *Les Cahiers de l'Iroise*²⁰ (page 72). Nous pourrions multiplier les exemples pour confirmer la présence d'une telle grue sur les quais de l'arsenal de Brest: *Embarquement au port de Brest*, 1752, eau forte de Nicolas Ozanne (1728-1811), *Brest, le port de Penfeld*, 1777, Plume et

¹⁹ Gilbert, Pierre Julien, né à Brest en 1783, mort à Brest en 1860, élève de Nicolas Pierre Ozanne, dessinateur, lithographe de marines, peintre et professeur de dessin à l'école navale à Brest de 1816 à 1833 puis de 1842 à 1850..

²⁰ Delouche, Denise, *Les professeurs de dessin à l'école navale de Brest au 19^{ème} siècle*, Les cahiers de l'Iroise, N°2, 1980, bibliothèque municipale de Rennes, cote : 109205.

lavis de Louis François Cassas (1756-1827), *Brest vu de la rade*, 1850, lithographie de Alfred Guesdon (1808-1850).

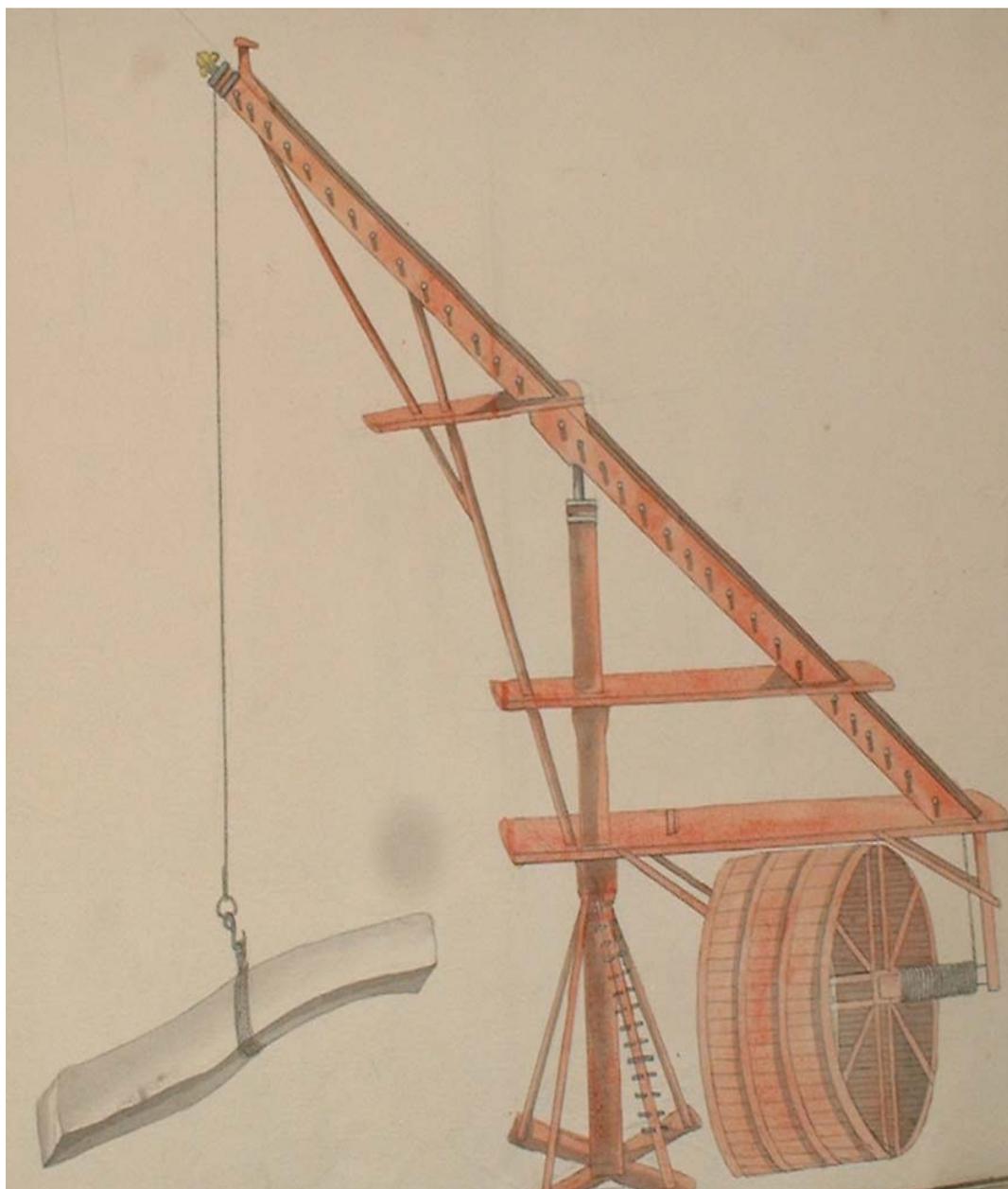


Illustration 0.5, grue de levage au port de Brest, Bellec, 52 x 38,5 cm.



Illustrations 0.6, détail de la grue de levage dans le tableau, le port de Brest, 1774, Louis Nicolas Blarenberghe, huile sur toile, 125 x 194,5 cm.

Le recueil dû à Deslongchamps l'aîné, comporte plusieurs dessins exécutés suivant modèles, *d'après nature*. Parmi ces dessins figure également le modèle de grue repérée B, (*illustration 0.8*) présentant bien des analogies avec celle visible sur l'œuvre de Blarenberghe et dans le recueil de Bellec.

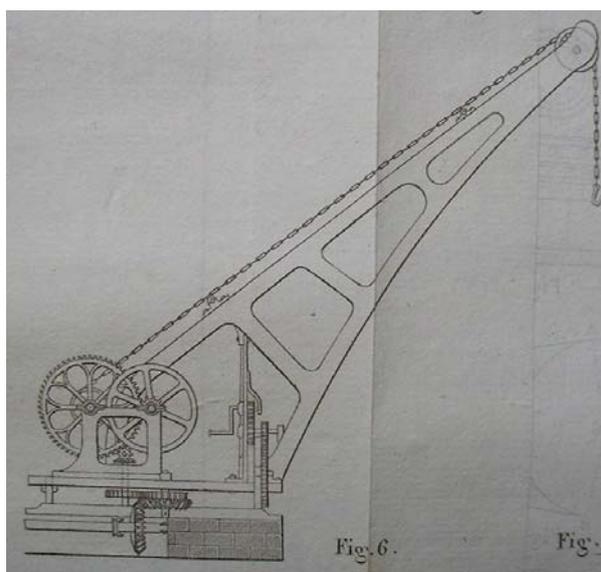


Illustration 0.7, grue, Pl10, tome2, Mécanique, Dupin, 15 x21 cm.

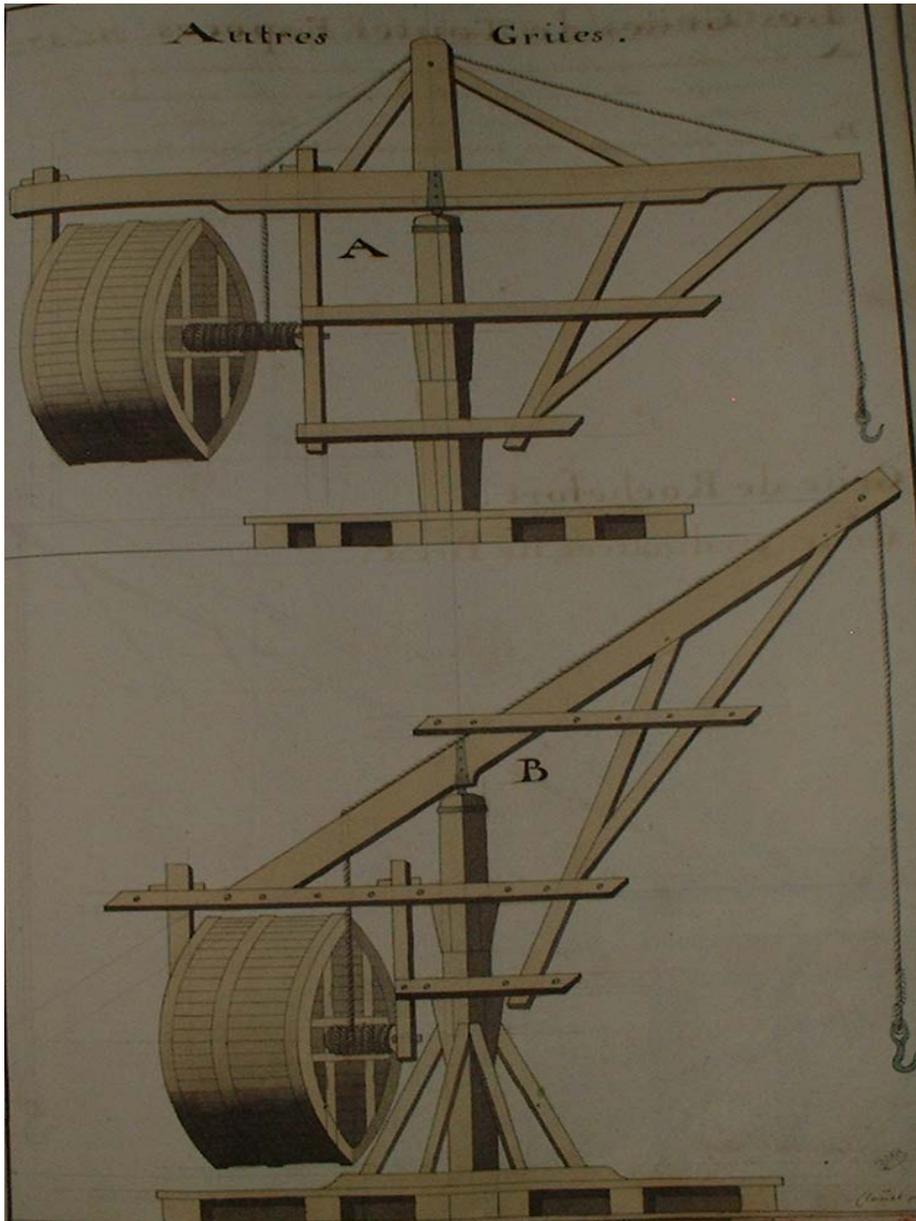


Illustration 0.8, Grues de levage au port de Brest, Deslongchamp, 26 x 42 cm.

Les systèmes de levage et de manutention de charges feront l'objet de représentations graphiques et d'études mécaniques pour un bon nombre de scientifiques et d'ingénieurs. Ils figurent dans les planches de plusieurs recueils édités entre 1750 et 1850. Ainsi, nous trouvons dans le cours normal de Charles Dupin, édité en 1826, *Géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux arts*, le dessin d'une grue de levage. Elle illustre la 10^{ème} leçon de mécanique et figure au tome 2 de l'ouvrage, (illustration 0.7). C'est à partir de cette machine que Charles Dupin expose une étude relative aux actions mécaniques mises en jeu et qu'il traite des transmissions de mouvement par engrenages. Pour la réalisation des pièces massives de cet engin de levage, la fonte se substitue au bois et les câbles métalliques se substituent aux cordages.

Les dessins réalisés par Bellec et Longchamps comportent, ni échelle, ni cote. La préoccupation première de ces dessinateurs se situe au niveau du *rendu* du trait, l’affichage des dimensions et des caractéristiques techniques des systèmes qu’ils représentent n’est pas de mise. Par contre l’artiste-peintre donne une meilleure idée des dimensions et des proportions puisque la grue figure dans son environnement maritime. Sur ce type d’appareil de manutention, la transmission d’énergie s’effectue par l’intermédiaire d’une *cage d’écureuil* mise en mouvement par des hommes. Nous remarquons que la projection du corps cylindrique de cette roue motrice n’est pas tout à fait réalisée selon les règles de la perspective, vu le tracé approché des ellipses.

Le technicien et l’artiste peintre ont tous deux recours à des outils de représentation graphique comparables. Sur le tableau de Van Blarenberghe, la grue de levage est située dans son environnement et y détermine une zone centrale, alors que sur le recueil de Bellec, elle est représentée isolée, donc, a priori, sans fonction globale précise.

Ces représentations sont des traductions de deux domaines de la communication par *le trait*, l’un relatif au *dessin artistique*, l’autre communément appelé *dessin linéaire*. Cette dernière formulation, qui fera l’objet de développements dans les pages qui suivent, sera retenue par un bon nombre d’auteurs de traités portant sur les outils graphiques.

5. Dessin artistique et dessin linéaire.

La frontière entre le dessin dit *dessin artistique* et le dessin aujourd’hui nommé *dessin technique* n’est pas toujours aussi tranchée, aussi distincte; une personne compétente dans le domaine des arts industriels peut faire état de connaissances et de savoir faire liés au domaine des arts plastiques, les deux secteurs ne sont pas systématiquement des formes antinomiques.

Nous saisissons alors le parcours professionnel d’un peintre français, Arnaud Vincent de Montpetit (1713-1800), dont nous avons fait la connaissance à partir d’une notice d’une cinquantaine de pages, rédigée par O. Pradère²¹ pour la séance d’ouverture du musée de la ville de Brest le 3 mai 1875. O.Pradère, écrivain éclectique et amoureux du passé qualifiera Brest : *ville maritime, grand arsenal de la France*.

Arnaud Vincent de Montpetit, voyageur et autodidacte se distingue d’abord par des qualités d’artiste-peintre. Il exécute les portraits de tous les personnages de la cour de Louis XV et de Louis XVI (Marie

²¹ Pradère, Onésime, écrivain, vice président de la société académique de Brest, *Notice sur Vincent de Montpetit Arnaud*, 1875, Bibliothèque municipale de Brest, cote : FB Brc 1330.

Antoinette, le duc d'Orléans, d'Alembert, Fragonard ...). En 1759, il imagine de peindre la *miniature* selon un procédé qu'il nomme *procédé éludorique*, car seules l'eau et l'huile sont utilisées. A Dijon, un riche membre du parlement souhaite faire des changements dans la décoration intérieure de son hôtel. Montpetit, informé du projet, parcourt tous les appartements, lève des plans et compose des dessins de différents genres. Son talent est vite reconnu par le maître des lieux qui, sans attendre, lui confie le suivi des travaux.

Une notice concernant Arnaud Vincent de Montpetit, tirée du *Journal des inventions et découvertes dans les sciences et les arts*, numéro 77 du mois de septembre 1793, décrit son œuvre de recherche.

Le Bureau des Consultations des Arts et Métiers nous a chargés de lui rendre compte des travaux du citoyen Montpetit. Dans le cours d'une très longue carrière, toutes les vues du citoyen Montpetit ont été tournées vers l'utilité publique; mais nous fixerons votre attention que sur le poêle hydraulique qui a mérité un rapport très favorable de la Faculté de Médecine; sur la machine à arrondir(pour parler en termes de l'art), ou à donner aux dents des roues de montres, la courbure qu'elles doivent avoir, machine dont on a tiré depuis de très grands avantages; enfin sur le pont de fer, qu'il avait proposé longtemps avant celui de Thomas René, approuvé en 1787, par la ci- devant Académie des Sciences. La seule invention de la machine à arrondir donnerait au citoyen Montpetit un droit aux récompenses nationales, qu'on ne pourrait lui contester....Le Bureau des consultations est d'avis de donner au citoyen Montpetit le minimum de la première classe, c'est à dire quatre milles livres.

Au Bureau des Consultations des Arts et Métiers, le 18 septembre 1793, l'an second de la République française, une et indivisible. Leroy, Cousin, Lagrange".

(pages 41 et 42, notice de Pradère).

Cet homme ingénieux et inventif a su allier, tout au long de sa vie, la peinture artistique et les arts mécaniques. En 1778, de Montpetit présente à l'Académie royale des Sciences la conception de ponts métalliques, et d'un grand nombre d'autres objets. Il propose ses idées relatives à leur exécution. L'Académie approuve les projets de Montpetit dans sa séance du 7 mars 1781. Le 5 mai 1783, le dessin d'un pont de fer d'une seule arche de 400 pieds orne le cabinet du roi, selon les dires du texte traduisant *l'approbation de l'Académie royale des Sciences*, en 1788, le dessin original s'y trouvait encore. Ce pont devait être construit l'année suivante à Paris, mais les événements politiques et sociaux vinrent faire obstacle à la mise en chantier de cet ouvrage d'art.

6. Le dessin pour faire connaître.

Le dessin projeté à partir de l'objet se poursuivra dans divers domaines de production. L'information technologique à l'aide des outils graphiques viendra rendre compte de la composition des ateliers de production et participera à la rédaction d'inventaires des réalisations artisanales ou industrielles. Bellec s'était donné cette mission en réalisant son *recueil des outils dont on se sert dans les ateliers*. Il

dessine, non seulement les outils et appareils utilisés pour fabriquer, mais également les objets fabriqués dans ces mêmes ateliers, comme le témoigne sa représentation d'un *atelier d'artillerie*, (illustration 0.9).

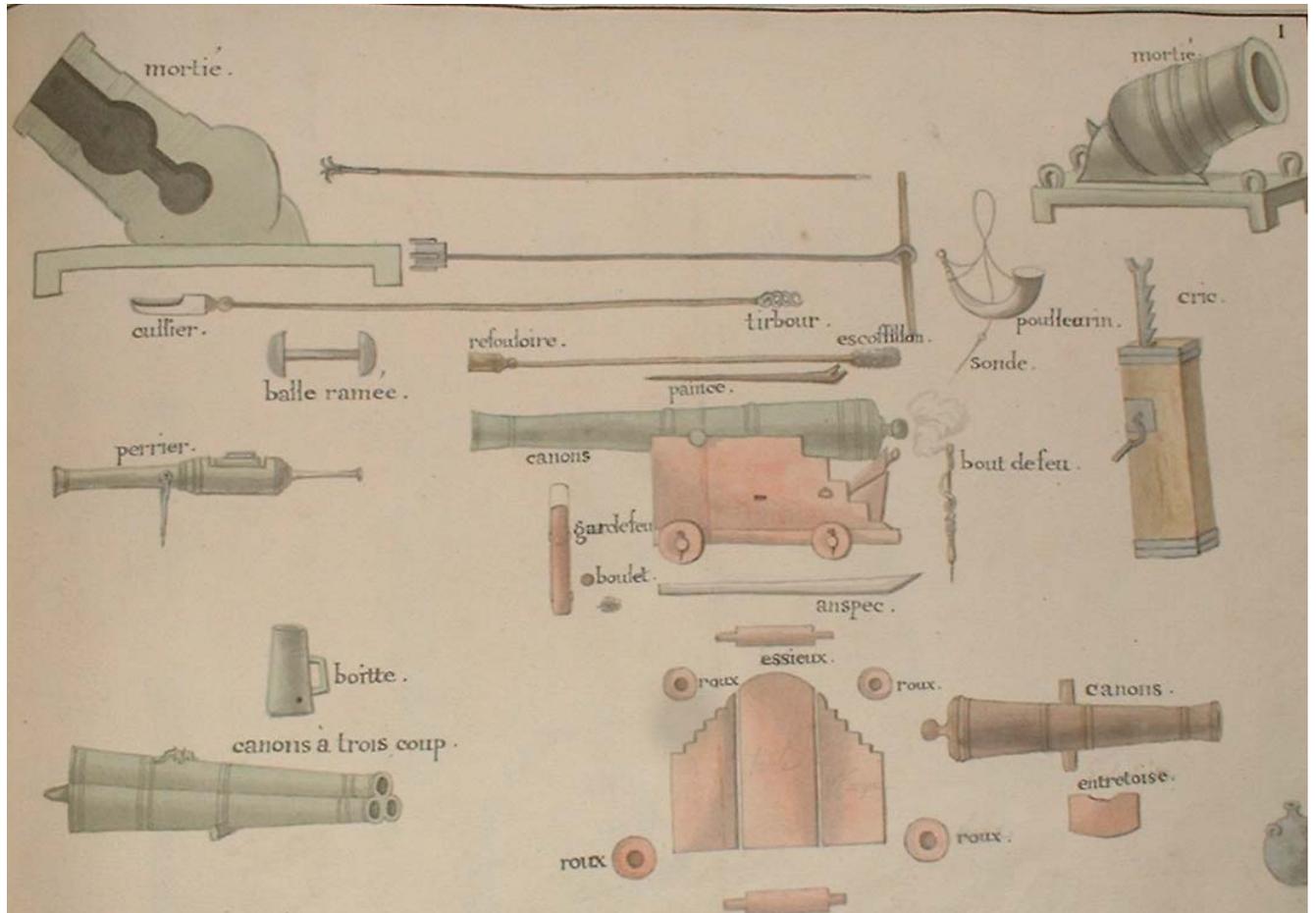


Illustration 0.9, atelier d'artillerie, Bellec, 38,5 x 52 cm.

Lorsque Bellec représente des systèmes de grandes dimensions et installés à l'extérieur des ateliers, grues, machines à mâter, etc, il en conçoit une image et limite en général le trait aux vues extérieures. Par contre, dès l'instant où il traite des outillages ou systèmes existant dans les ateliers, il fournit cotes et proportions. Les informations apportées à propos du dispositif d'alésage le confirment, (illustration 0.10). L'auteur prend d'ailleurs quelques libertés pour ce qui est de la représentation de cette *machine-outil* en perspective. De même, il s'accorde quelques écarts pour ce qui est de l'écrit. Il fait le choix d'orienter les parties de telle sorte quelles soient dessinées dans les positions les plus favorables pour mieux communiquer par le trait et ne s'encombre pas de projections complémentaires. Les cotes principales et la notification d'échelle donnent sans doute au lecteur une information suffisante pour mettre en œuvre ou pour assurer la

maintenance un tel dispositif d'alésage. Les cotes sont exprimées en pieds, en pouces et en lignes.

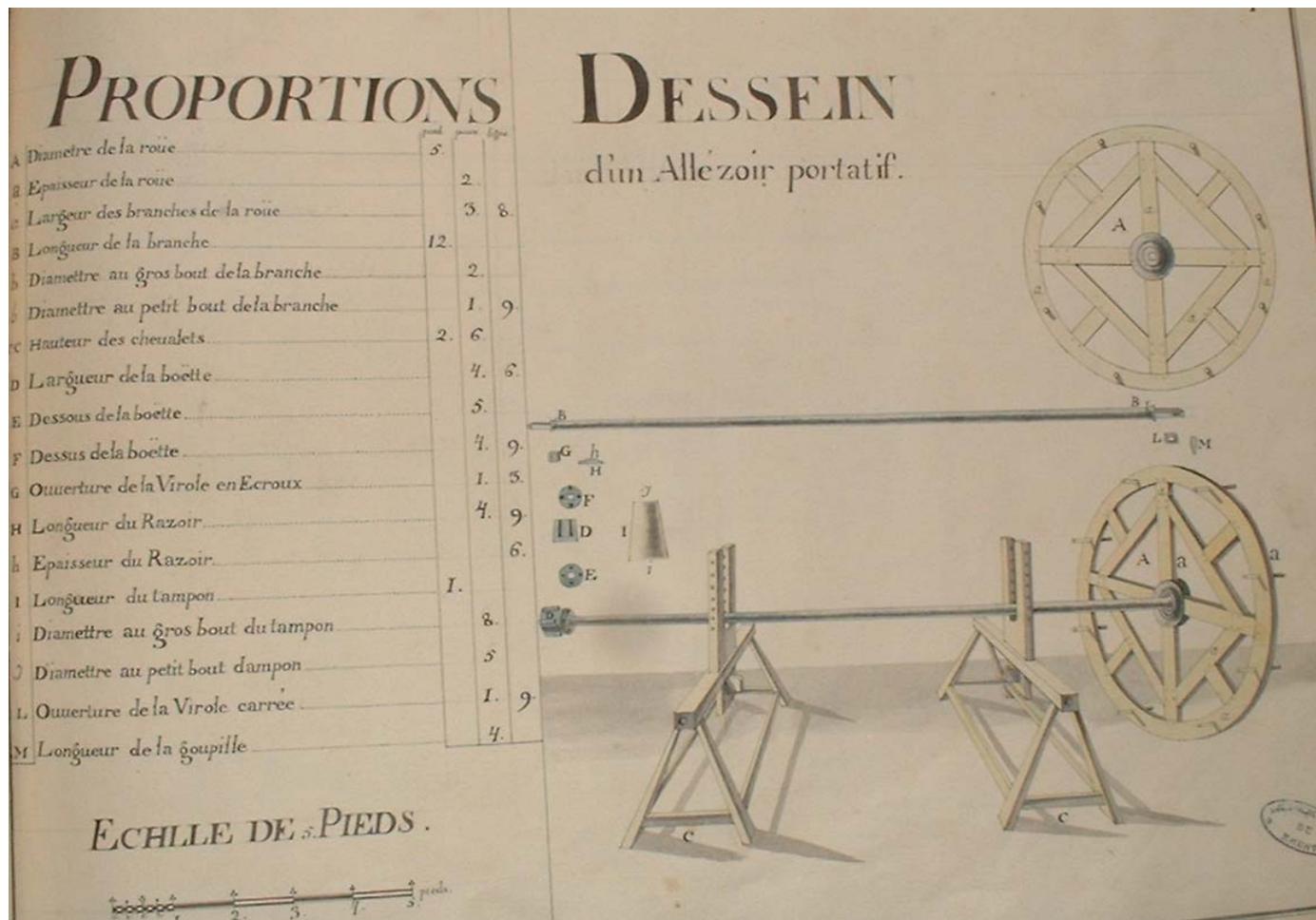


Illustration 0.10 , alésoir portatif, P11, recueil, Bellec, 38,5 x 52 cm.

Les recueils de Bellec et de Longchamps sont constitués de dessins exécutés *d'après nature*. Mais, dans certains cas, la machine n'existe pas et se situe encore dans l'esprit de son inventeur. Cet inventeur de machines qui se distingue parfois par des aptitudes exceptionnelles, sinon, en tout cas surprenantes, en matière de conception de machines. Nous avons trouvé chez l'ingénieur-mécanicien du Roi, Berthelot Claude François une telle situation.

Né le 19 avril 1718 à Château-Châlon dans le Jura, Berthelot fût d'abord professeur de mathématiques à l'école royale militaire. Il se distingua par des perfectionnements apportés à la conception de fûts de canons et obtint une pension de l'artillerie pour lui permettre de mener les expérimentations puis la fabrication de canons, dans l'optique d'un approvisionnement de l'ensemble du royaume. Il devint ingénieur du Roi et imagina de nombreuses machines *ingénieuses et utiles*, telles que: moulins, presses, scies, voitures, etc. Un principe guide ses

recherches: pouvoir mettre en œuvre toutes ces machines par utilisation de l'énergie humaine et en se passant de l'énergie éolienne et de l'énergie hydraulique. Ces deux dernières sources d'énergie pouvant faire défaut:

Un calme ou un orage mettent en chômage les moulins à vent. Ceux à eau sont rendus inutiles par une crue ou une sécheresse, les glaces l'hiver en suspendent encore le travail. Quel plus grand service pouvoir donc rendre à l'humanité, celui qui en a rendu le service continu ?..Aux moulins à pédales, le sieur Berthelot joindra la description de plusieurs machines très utiles, mues par le même moyen...En substituant le travail des hommes à celui des chevaux et autres bêtes de somme et de tirage, on procure aux malheureux une ressource contre l'oisiveté, source inépuisable de vices qui désolent la société.

(Extraits, pages 10 et 11, *La mécanique appliquée aux arts*, Berthelot).

Dans certaines situations, Berthelot propose que la machine soit construite avant même d'être dessinée. Il semblerait aussi que certaines machines soient demeurées au stade de projet et qu'elles ne furent pas utilisées, l'énergie humaine n'étant pas toujours suffisante pour les mouvoir.

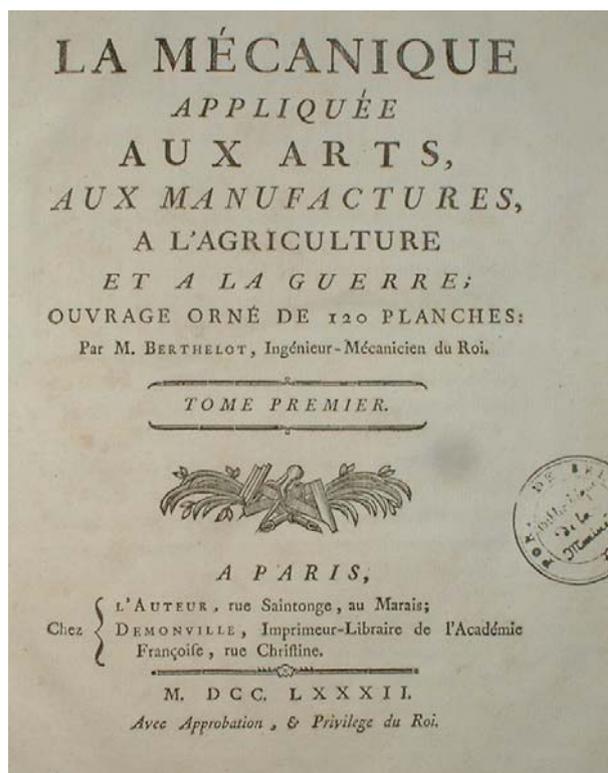


Illustration 0.11. Berthelot.

Fort de ses inventions, l'ingénieur Berthelot fait cependant paraître, en 1852, un ouvrage en deux volumes, accompagné de cent trente deux planches: *La mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à*

l'agriculture et à la guerre ²². Il meurt à Beauvais en 1800, à l'âge de 82 ans, oublié et dans la misère.

On sera peut-être surpris de rencontrer, dans cet ouvrage, les descriptions de machines placées comme au hasard : mais comme je les ai fait dessiner et graver à mesure que les modèles sortaient des mains des ouvriers, je n'ai pu suivre d'autre ordre que celui que leur plus ou moins d'exactitude, les corrections et changements qu'on me demandait, me permettaient de suivre....Tel graveur a mal rendu une machine pour n'en avoir pas eu le modèle sous les yeux, et il a fallu la construire et regraver la planche. Aussi, suis-je forcé de convenir que la plupart de mes planches ne sont pas aussi parfaites que je l'aurais désiré, mais du moins elles sont exactes et rendent bien l'idée que j'ai eue.

(Avertissement pages 6 et 7, *La mécanique appliquée aux arts*, Berthelot).

Il s'agit bien dans l'esprit de l'auteur de transmettre à un public, par le dessin, un état des réalisations de machines et aussi et surtout de susciter chez les hommes de *l'art industriel* des idées pour construire d'autres machines à partir des principes qu'il s'est efforcé de mettre en évidence au travers de ses propres inventions.

Employer les hommes par leur plus grande puissance, celle de leur corps, soit par le moyen des pédales sur lesquelles ils posent leurs pieds et leur corps tout entier, soit en les suspendant en l'air sans qu'ils aient besoin du secours de leurs bras ni de leurs jambes, même au plus fort du travail.

(page 11 de l'introduction, *La mécanique appliquée aux arts....*, Berthelot).

Chaque planche porte la signature d'un graveur nommé Décaché et est composée d'une seule vue sous la forme d'une perspective aquarellée, la machine étant observée selon ses parties les plus représentatives pour une description qui se veut complète, une notice explicative jointe venant renforcer le message porté par le graphisme. Les planches ne portent pas de cotes. L'accès à l'organisation interne des machines ainsi dessinées est, dans bien des cas, difficile. Afin que l'architecture soit totalement lisible, d'autres projections, dont certaines en coupe, seraient indispensables. Nous rapportons, ci-après, deux *images de machines* inventées par Berthelot. La première, *illustration 0.12*, est une machine à frapper les pieux de conception originale, mais il est permis d'être réservé quant à ses performances. La représentation qui en est faite permet d'extraire du dessin le principe de transformation de l'action des opérateurs en une translation verticale du pilon suivie de sa chute. Plate-

²² Berthelot, Claude-François, 1718-1800, ingénieur mécanicien du roi, professeur de mathématiques à l'école royale militaire, *La mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture et à la guerre ouvrage orné de 120 planches*, 2 volumes, Demonville imprimeur-libraire à Paris, 1782, Service historique de la marine à Brest, cote: R5119.

forme oscillante, leviers articulés, crémaillère et roue dentée et enfin secteurs circulaires composent cette machine. La seconde, *Illustration 0.13*, correspond à un système de manutention de tonneaux dont les performances peuvent être supposées limitées. Dans l'ensemble, les machines dessinées utilisent des principes de mécanique déjà éprouvés, mais la substitution de l'énergie éolienne ou hydraulique par l'énergie humaine fait de ces machines des pièces de collection!

Berthelot a imaginé d'autres machines mettant en œuvre l'énergie fournie par des animaux. Nous n'avons pas trouvé de documents attestant l'utilisation effective de telles machines. Berthelot était-il doté d'une imagination débordante?

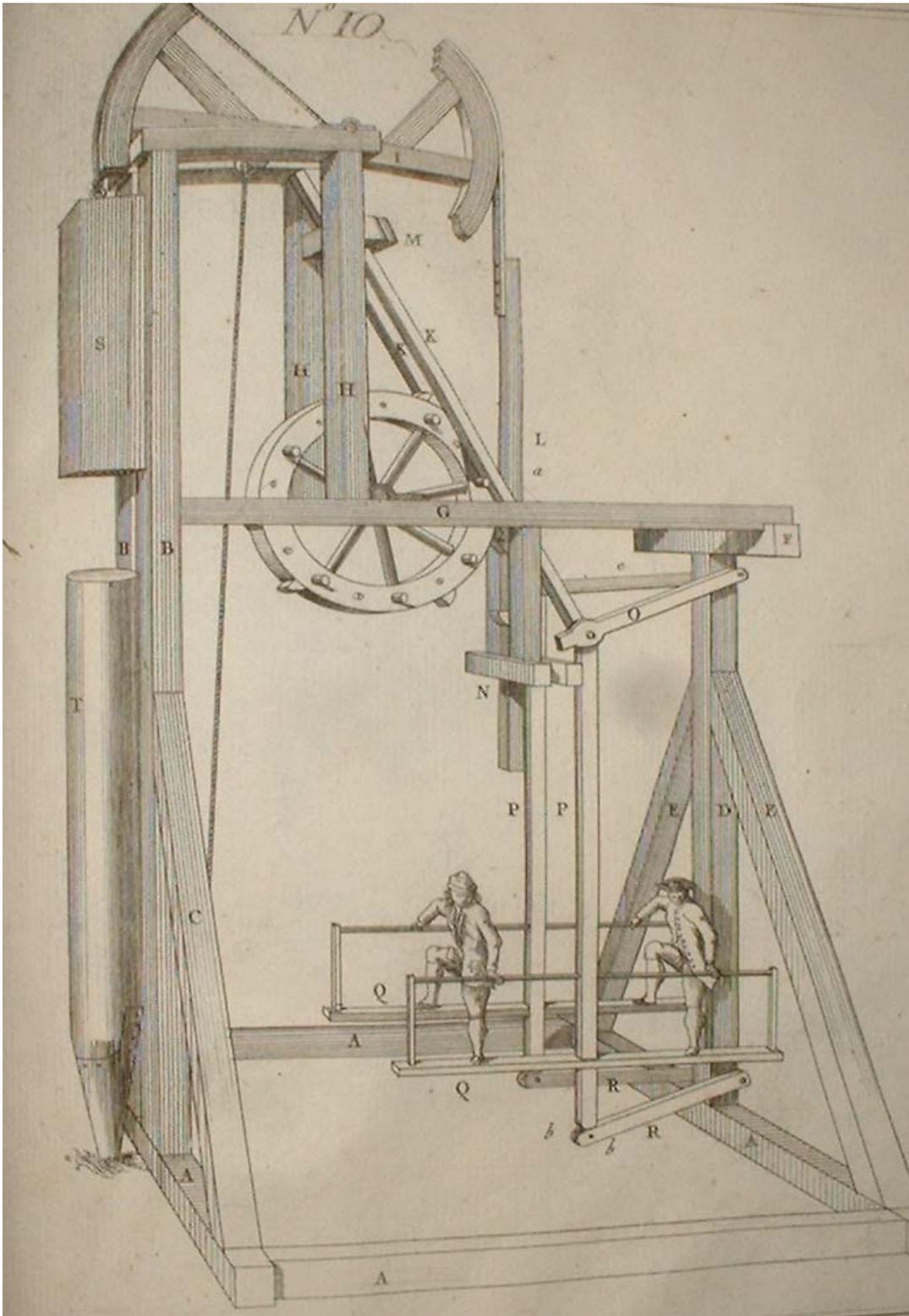


Illustration 0.12, machine à frapper les pieux, Berthelot, 20 x 14 cm.

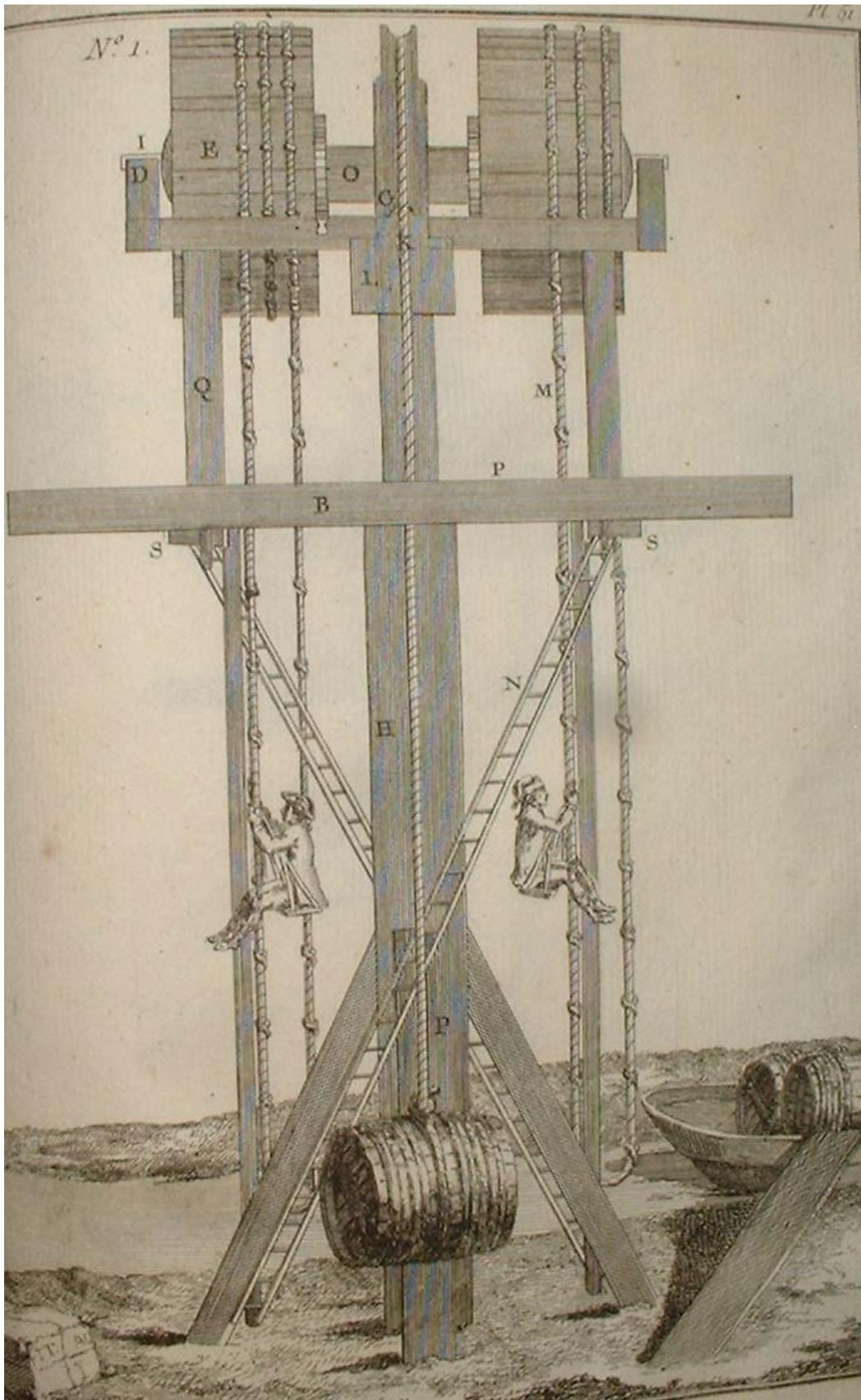


Illustration 0.13, dispositif de manutention, Berthelot, 20 x 14 cm.

Le titre d'*ingénieur* attribué, entre autres, à Berthelot, appelle quelques éclaircissements, d'autant que ce terme d'ingénieur sera régulièrement utilisé tout au long de la présente contribution. Sans toutefois recueillir un ensemble de définitions proposées par les divers dictionnaires anciens ou plus récents, nous portons un regard intéressé sur les résultats de travaux de recherche menés par Hélène Vérin, résultats rapportés dans son ouvrage, *La gloire des ingénieurs, l'intelligence technique du 11^{ème} au 18^{ème} siècle*²³. Le mot *ingénieur*, issu du latin *ingénium*, lui-même susceptible de venir de *geno*, traduirait des dispositions innées et particulièrement utiles pour la créativité, pour l'invention de machines et de systèmes techniques. Sous-jacent, chacun peut entrevoir le mot *génie*, mot qui participe au découpage des activités industrielles d'aujourd'hui: génie civil, génie mécanique, génie industriel, génie électrotechnique...A ce mot *génie* les liens ne font pas défaut: *ingeniosus, ingeniatus, ingenidum, ingenno, ingenio*.... Au 12^{ème} siècle, il est dit que les initiatives en matière de construction de machines de guerre seraient le fait de *l'ingeniator* au sens d'ingénieur militaire. De même, l'architecture civile ne demeure pas en reste et bénéficie très tôt des compétences d'hommes talentueux pour concevoir et construire des édifices aux fonctions les plus variées. Ces personnages doués d'aptitudes pour inventer, *les ingénieux*, marqueront les paysages de leurs empreintes, au fil du temps.

Certains rattachent le mot français, *engin*, du latin *ingénium*. L'engin imaginé par un esprit inventif se traduit sous forme de machines et d'instruments, nous y reviendrons lorsque nous analyserons l'ouvrage de Gallon à propos des machines et inventions. *L'engignour* se singularisera par des prédispositions pour apporter des solutions à des problèmes pratiques en transférant un savoir théorique vers des situations concrètes. L'ingénieur contribue au progrès de la technique par une application de ressources et de savoirs liés aux sciences et tout particulièrement ceux des sciences mathématiques et de la mécanique appliquée; un potentiel théorique au service de domaines techniques les plus divers. Nous voici bien au cœur de notre sujet concernant cette communication scientifique et technique.

²³ Vérin, Hélène, *La gloire des ingénieurs, l'intelligence technique du 11^{ème} au 18^{ème} siècle*, Albin Michel Paris, 1993, Bibliothèque de l'école régionale d'architecture à Rennes, cote :72034 / 035 VER.

7. Les dessins de la mécanique industrielle.

Transportons nous au tout début du 19^{ème} siècle afin d'observer les résultats d'un travail effectué par Gérard.Christian²⁴, directeur du conservatoire royal des arts et métiers à Paris créé en 1795. G.Christian prend la succession, de C.P.Molard qui fût le premier directeur de cet établissement promis à un bel avenir. Molard y exerça jusqu'en 1817. G.Christian publie en 1822 son *Traité de mécanique industrielle*²⁵ en précisant qu'il n'écrit pas pour les savants, mais qu'il s'est attaché à offrir la science de la mécanique sous les formes et avec les détails convenant le mieux à ceux qui sont en situation d'en faire usage. Il s'agit bien d'une forme de communication par le graphisme pour une mise en évidence des principes retenus au niveau de la conception de machines, de systèmes techniques industriels.

J'ai tâché de rendre l'ouvrage immédiatement et facilement applicable aux besoins auxquels la mécanique est appelée à satisfaire dans l'état actuel de l'industrie....Les planches ne portent pas d'échelles, parce que, vu le grand nombre de figures que l'ouvrage comporte, je n'ai pu avoir la pensée de donner des épures et des détails pour la construction ; on conçoit où m'eût mené un tel plan. Les figures ne sont ici que comme un autre langage dont je me suis servi pour me faire entendre ; ce sont des combinaisons mécaniques, c'est la pensée, si je puis le dire, de ces combinaisons, que je représente, soit en plans, en élévations, en coupes, soit en perspective suivant qu'on le juge convenable pour la représentation. Je n'ai donc aucune dimension à donner, parce que je n'examine point une machine de telle grandeur, mais la conception, les qualités fondamentales, le système de cette machine.

(Extrait, pages 3 et 4, préface, *Traité de mécanique industrielle, tome1*, Christian).

Les planches du livre de Christian sont dessinées et gravées par Leblanc, alors dessinateur au conservatoire royal des arts et métiers. Peu de temps après la parution du livre de Christian, Leblanc prend en charge l'exécution des dessins de construction nécessaires à la réalisation de machines dont les principes de fonctionnement sont ceux définis par Christian. Les dessins ainsi réalisés entrèrent dans la composition de son propre ouvrage²⁶ qu'il fera paraître en 1826. Une différence est nettement établie entre le dessin de principe et le dessin de fabrication. A propos du travail que César-Nicolas-Louis Leblanc

²⁴ Christian, Gérard, secrétaire de Lazare Carnot, succède en 1817 à C.P. Molard à la direction du Conservatoire des arts et métiers. En 1798, C.P.Molard créa au conservatoire une école gratuite de dessin appliqué aux arts. Le 2 mai 1806, le ministre de l'intérieur, Chaptal, approuve cette formation. Pages 2 et 3, *La clef de l'industrie*, J.R.Armonville, 1825, CNAM Paris, cote:12Ky1.

²⁵ Christian, Gérard, *Traité de mécanique industrielle, ou exposé de la science de la mécanique déduite de l'expérience et de l'observation, principalement à l'usage des manufacturiers et des artistes*, 1822/1825, BM de Rennes, cote:16715

²⁶ Leblanc, César-Nicolas-Louis, né vers 1790 et mort en 1846, dessinateur et mécanicien, attaché comme dessinateur au Conservatoire des arts et métiers de Paris puis nommé professeur dans le même établissement, *Recueil des machines, instruments et appareils*, 1826, BM de Rennes, cote:1405.

engage dans la perspective de la publication de son propre recueil, Christian dira qu'il s'agit d'un réel service rendu aux *artistes-mécaniciens* et il ne doute pas qu'il n'obtienne les suffrages de tous les hommes éclairés dans les arts industriels. Par le biais de son traité de mécanique industrielle, Christian souhaite qu'à l'examen de ses dessins, le lecteur puisse être en mesure de comprendre l'agencement logique des éléments ou des sous-ensembles constitutifs de chaque machine, puis de cerner le principe de fonctionnement global retenu.

Christian propose que toute opération mécanique soit construite selon trois composantes: *Un moteur, un outil ou une machine et la matière*. Ainsi, la planche 36 (*illustration O.14*), met en évidence des solutions pour des transmissions et des transformations de mouvements alors que la planche 47 (*illustration O.15*) présente le principe de fonctionnement de pompes à piston à mouvement rectiligne alternatif, à simple ou double effets.

Le premier ensemble se décompose en sous-ensembles élémentaires qui, associés, transmettent l'énergie hydraulique reçue par la roue à aubes A à plusieurs récepteurs, dans des directions et à des niveaux différents. Les lignes d'arbres parallèles, perpendiculaires, orthogonales ou concourant selon un angle déterminé, sont porteurs d'engrenages à denture droite ou conique. Les dispositifs de transmission par poulies et courroies, par joints à rotule ou par roue de friction complèteraient la nomenclature qui accompagnerait le dessin. L'installation industrielle imaginée par Christian, *bien que fictive*, constitue une synthèse des mécanismes de transformation de mouvements. Elle est une composition structurée et organisée de sous-ensembles "concrétisés sur un plan" par le dessinateur.

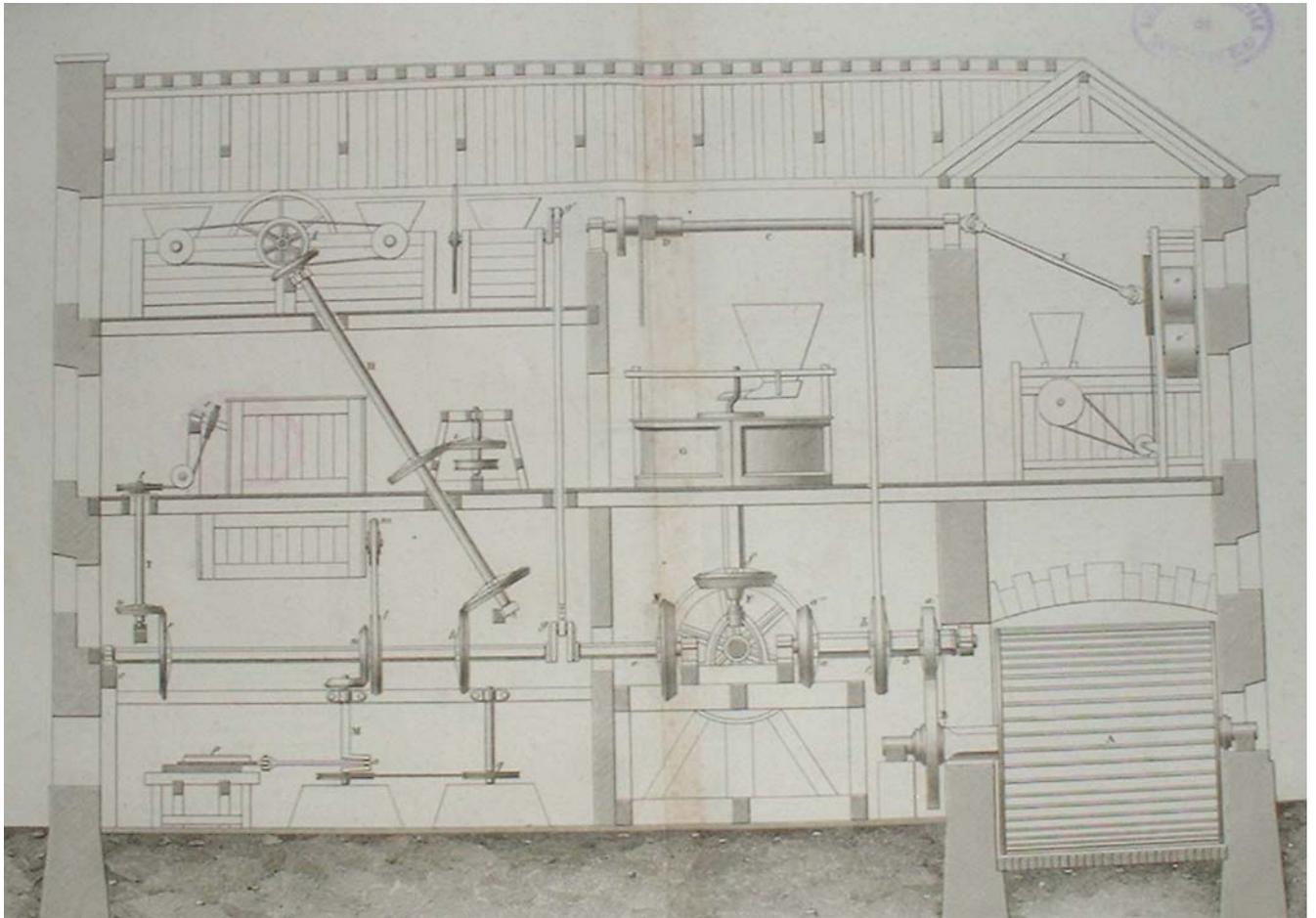


Illustration 0.14, Christian, Traité de mécanique industrielle. Pl 36, 21 x 32 cm.

Nous retiendrons deux systèmes hydrauliques extraits de la planche 47 (*illustration 0.15*): la *pompe aspirante et élévatoire* (fig 2) et la *pompe aspirante et foulante* (fig 3). Toutes deux sont représentées en coupe longitudinale selon une vue principale, les pièces étant essentiellement de révolution. Des coupes partielles ou des sections sorties viennent compléter la définition. Les pièces pleines sont, ni hachurées ni teintées, comme la normalisation actuelle le stipule. Les piston, garniture d'étanchéité de la pompe aspirante et élévatoire sont définis en coupe longitudinale. Quant au clapet oscillant, sa définition est complétée par une vue, dite *vue suivant flèche*. La conception du jeu des *soupapes à clapet* détermine le mode d'action de chacune des pompes dessinées: transfert du liquide aspiré par élévation pour l'une, par refoulement pour l'autre. Les pièces coupées sont hachurées, contrairement aux

pièces pleines qui sont dessinées en *vue extérieure*. Les dimensions ainsi que les performances de ces pompes ne sont pas précisées.

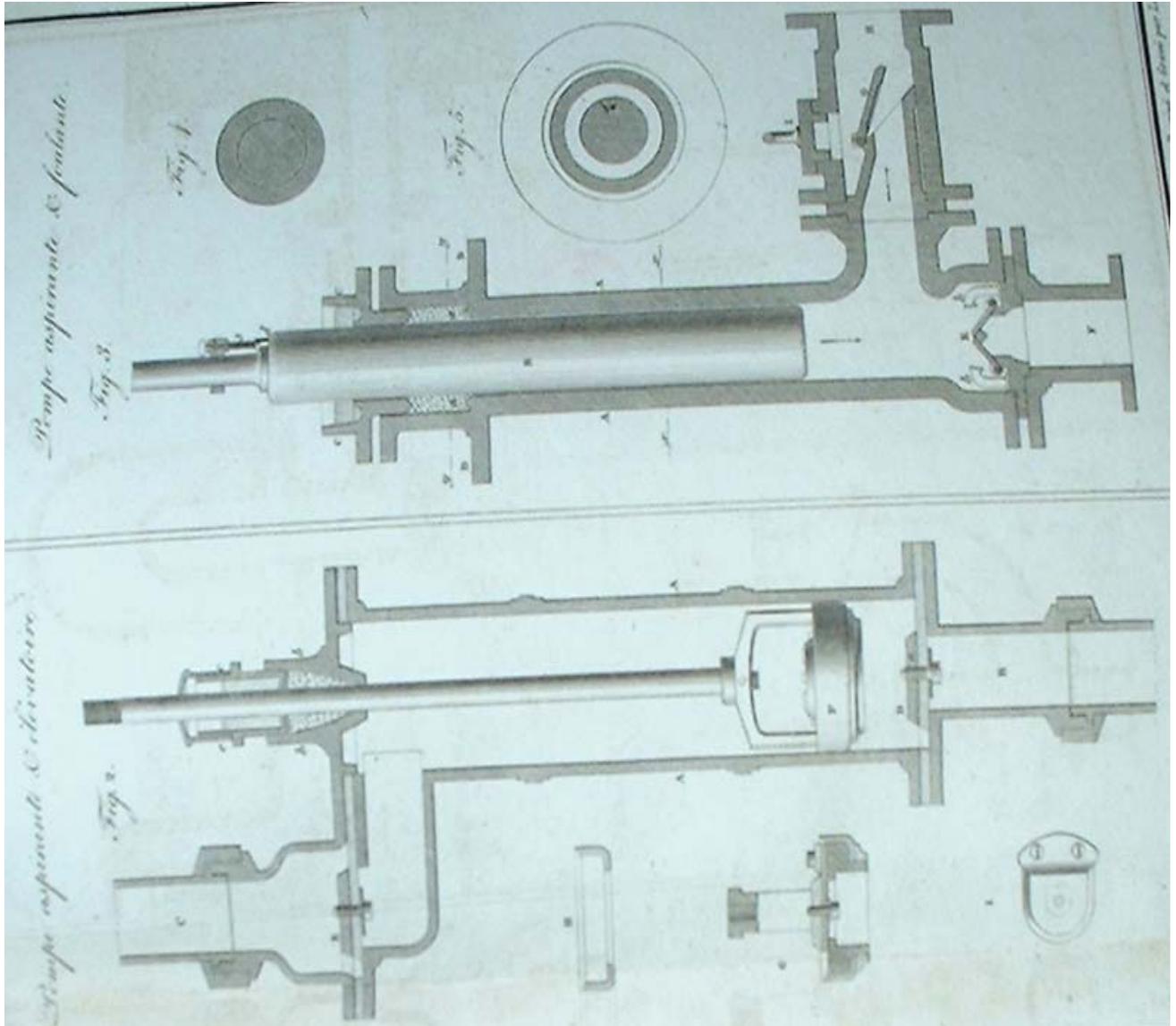


Illustration 0.15, extrait, Pl 47, *Traité de mécanique industrielle*, Christian, 21 x 32 cm.

Les vues projetées, souvent en coupe longitudinale sont très explicites, et le dessinateur sait faire le choix des vues complémentaires strictement nécessaires à la définition des systèmes techniques. Des sections sorties et des vues partielles viennent compléter la définition des ensembles mécaniques. Chaque planche a sa notice explicative, mais sans nomenclature des éléments composant l'objet technique. Nous voici en présence de *documents techniques* qui s'apparentent fort à ceux que l'on peut découvrir dans un ouvrage actuel de technologie

dite de construction: des dessins, des schémas accompagnant un discours pour décrire, expliquer, dégager un principe de fonctionnement et de mise en œuvre d'objets techniques.

8. Une périodisation.

La période retenue pour l'étude que nous nous proposons d'engager sur le dessin technique s'étend de 1750 à 1850 et se caractérise par une expansion du machinisme qui constitue un des événements déterminants des situations sociales, économiques, politiques et culturelles de cette ère. L'analyse de l'évolution de la communication technique par le graphisme sur cette période est engagée en prenant en compte le développement du machinisme qui marque fortement les divers secteurs de production.

Nous avons trouvé au travers de représentations graphiques réalisées jusque vers 1780 que les objets, les produits artisanaux ou industriels sont dessinés selon nature, selon un modèle. Le dessin en perspective prédomine et les projections orthogonales sont peu ou pas utilisées. La définition demeure une *image*, une *photographie* des formes extérieures d'un modèle aux dimensions réduites ou d'un objet en vraie grandeur déjà existant. Dans le cadre de cette orientation prise par le graphisme, il est peu commode pour un observateur de s'approprier les principes de conception et de construction mis en œuvre. Cette représentation d'après nature est toujours accompagnée d'une notice descriptive très détaillée et organisée à partir de repères sur portés sur les dessins; Dassié, Bouguer²⁷, Gallon²⁸, Borgnis et tant d'autres, utiliseront cet artifice pour guider le lecteur qui souhaite mieux s'informer de l'architecture générale externe de l'objet technique décrit. Il est question d'une sorte de *technologie dictée* à caractère informatif pour élaborer un catalogue de l'existant à un moment donné. Nous analyserons donc des planches conçues par plusieurs auteurs dont celles dues aux hommes illustres que nous venons de citer.

Il semble que les concepteurs aient mesuré les limites de ces dessins pour ce qui relève de la connaissance de l'architecture interne des objets techniques. A la lecture des planches réalisées par Leblanc dans son *Recueil de machines, instruments et appareils* paru en 1826, nous

²⁷Bouguer, Pierre, né au Croisic en 1678 et mort à Paris en 1758, de l'Académie des sciences, mathématicien, physicien, hydrographe du roi au port du Croisic et au Havre, *Traité du navire, de sa construction et de ses mouvements*, 1746, Jombert libraire à Paris, Centre de recherches du musée de la marine à Paris, cote J30 et J1749, BM de Rennes cote :17317.

²⁸ Gallon, Jean-Gaffin, né à Brest le 23 août 1706 et mort à Coutances le 18 janvier 1775, issu du corps royal du génie en 1735, ingénieur en chef au Havre, *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences*, 1735. BM de Rennes, cote: 29179.

observons que chaque machine est donc définie selon plusieurs projections dont certaines sont réalisées en coupe longitudinale ou transversale. Les vues sont dessinées en correspondance l'une l'autre selon les règles du dessin technique en vigueur encore aujourd'hui. Le dessinateur a tendance à *économiser son trait*, et cherche à éviter toute surabondance de vues et compose son dessin de vues strictement nécessaires à la lecture. Les solutions technologiques retenues pour satisfaire des liaisons, des guidages, des dispositifs de transmission d'énergie et de transformation de mouvement par exemple, sont lisibles. Les tracés sont nets et nous pouvons voir naître, peu à peu, une codification, une normalisation des représentations graphiques dans un espace de production mécanique qui continue de s'étendre. Les concepteurs sont toujours plus soucieux d'exactitude pour une transmission de leurs projets aux réalisateurs et, progressivement ils établissent les bases d'un langage commun indispensable à la communication, d'autant qu'il s'agira de communiquer afin d'édifier, de fabriquer, de mettre en œuvre. Nous faisons ici un pas vers le dessin dit *dessin de définition de produit fini*, ou encore de *dessin de fabrication* qui comportent alors des dimensions, des cotes, et parfois, des prescriptions particulières.

L'apparition des projections orthogonales, des vues en coupe, de vues partielles, de la cotation, de codes communs de représentation d'éléments ou de sous ensemble constituera pour notre recherche un axe fort que nous illustrerons par des dessins choisis dans divers domaines et traduisant les idées de plusieurs concepteurs. Nous verrons également quelles sont les exigences réciproques des créateurs et des exécutants et selon quelles modalités s'opèrent leurs échanges.

Les projets techniques complexes se multiplient et dans bien des cas ils peuvent être considérés comme ambitieux. La création de systèmes nouveaux ou l'amélioration de performances de systèmes existant conduiront les concepteurs à envisager de construire en prenant en compte les concepts, les principes, les règles et les lois établis par la mécanique. L'analyse de l'ouvrage réalisé entre 1818 et 1820 par J.A.Borgnis et composé de huit tomes pourra nous aider à introduire un débat à propos de ce constat. Cet ouvrage porte ce titre: *Traité complet de mécanique appliquée aux arts*²⁹, contenant l'exposition méthodique des théories et des expériences les plus utiles pour diriger le choix,

²⁹ Borgnis, Giuseppe-Antonio, né vers 1780 à Domo d'Ossola, au pied du Simplon, mécanicien piémontais puis ingénieur, professeur de mécanique à l'université de Paris et membre de plusieurs académies, *Traité complet de mécanique appliquée aux arts*, 1818/1820, Bachelier libraire à Paris, BM de Rennes cote:54285. *Théorie de la mécanique usuelle*, 1821, cote:10745. *Dictionnaire de mécanique appliquée aux arts*, 1823, cote: 17416.

l'invention, la construction et l'emploi de toutes les espèces de machines.

Ce mécanicien piémontais, ingénieur puis professeur de mécanique à l'université de Paris, publiera en 1821, dans le prolongement du précédent, un livre de mécanique intitulé: *Théorie de la mécanique usuelle, ou introduction à l'étude de la mécanique appliquée aux arts, contenant les principes de statique, de dynamique, d'hydrostatique et d'hydrodynamique, applicables aux arts industriels; la théorie des moteurs, des effets utiles des machines, des organes mécaniques intermédiaires, et l'équilibre des supports.*

Un dictionnaire vient clore, en 1823, cette série de livres, traduction du travail d'un illustre ingénieur aux origines italiennes: *Dictionnaire de mécanique appliquée aux arts, contenant la définition et la description sommaire des objets les plus importants ou les plus usités qui se rapportent à cette science, l'énoncé de leurs propriétés essentielles, et des indications qui facilitent la recherche des détails plus circonstanciés, ouvrage faisant suite au traité complet de mécanique appliquée aux arts.*

Au début du 19^{ème} siècle, Hachette, Lanz et Béthencourt, et Christian, entre autres, abordent des questions relatives aux fonctions, au classement et l'association de mécanismes élémentaires. Les résultats de leurs travaux seront sans doute utile, au milieu du 20^{ème} siècle, pour une esquisse des bases d'une technologie dite technologie de construction orientée vers *une théorie des mécanismes*. Nous consacrerons un chapitre à l'analyse de cette théorie qui paraît constituer une ressource essentielle à la création de nouveaux systèmes, de nouvelles machines par l'usage d'outils logiques d'analyse et de synthèse; afin d'illustrer ce propos, retenons d'ores et déjà, quelques lignes extraites du *Traité élémentaire des machines* de J.N.P.Hachette³⁰, professeur de géométrie à l'école polytechnique et à la faculté des sciences de Paris qui dit *avoir fait voir*:

que l'on parvenait à l'énumération complète des machines élémentaires en les classant en dix séries. Cette division est fondée sur la considération que tout mécanisme, quelque composé qu'il soit, est formé de mécanismes simples, dont chacun est la combinaison de deux quelconques de ces quatre mouvements, circulaire continu, rectiligne continu, circulaire alternatif, rectiligne alternatif. Le tableau des machines élémentaires, formées sur ce système, a servi d'introduction au premier cours sur les machines à l'école polytechnique.

(*Avant propos page 1, Sur la science des machines , J.N.P. Hachette.*)

³⁰ Hachette, Jean-Nicolas-Pierre, 1769-1834, géomètre et professeur de géométrie, *Traité élémentaire des machines*, réédition sans changement, 1819, BM de Rennes cote: 15858. La première édition date de 1811.

Au moment où l'expansion du machinisme se confirme et dans un ouvrage de petit format intitulé: *Vues sur le système général des opérations industrielles*³¹ Christian examine deux opinions qui, selon lui, se font jour:

L'une sur l'emploi et l'abus des machines, l'autre sur l'exubérance de la production manufacturière en Europe; opinions qui circulent avec d'autant plus d'autorité et de faveur, quelles sont professées par des hommes de beaucoup d'esprit et de philanthropie.

(Pages 2 et 3, *vues sur le système général des opérations industrielles*).

Prenant le contre-pied de ces opinions, il milite pour que s'engagent des recherches susceptibles de faire progresser les arts industriels et surtout de proposer des solutions pour une communication plus efficace entre concepteurs et réalisateurs:

Il y a si peu de rapprochement et de méthode et de langage entre le savant qui conçoit et l'homme industriel qui exécute, qu'on explique facilement pourquoi toutes les branches de la production sont restées si longtemps sans adhérence et sans qu'on ait pu les réunir et les étayer les unes par les autres dans un système raisonné.

(page 34, *Vues sur le système général des opérations industrielles*).

La classification des mécanismes, selon un rangement méthodique utilisant le dessin, constituera pour Christian un centre d'intérêt de tout premier ordre. Ses travaux se concrétiseront dans deux de ses ouvrages, le *Traité de mécanique industrielle* et les *Vues sur le système général des opérations industrielles ou plan de technonomie*³². Dans le texte, Christian nomme également ce plan par: "tableau synoptique de technonomie" et le dit résulter d'idées établies par Francis Bacon³³ à propos de l'invention de machines utiles; ces idées figurant dans son ouvrage: *De dignitate et augmentis scientiarum* auquel est joint son *Novum organum*. Christian fait d'ailleurs référence, dès les premières lignes de son *Plan de technonomie*, au philosophe anglais Francis Bacon, qu'il cite en ces termes.

Lorsque Bacon, par une force d'esprit singulier, fit cette belle et importante remarque, il était plus de deux siècles en avant du sien. Il saisissait, comme d'un coup d'œil, cette immensité de progrès que les arts industriels ont fait depuis cette époque.

³¹ Christian, Gérard, *Vues sur le système général des opérations industrielles, ou plan de technonomie*, 1819, CNAM de Paris, cote:8°Ky4.

³² Technonomie: une science de la technique. *Gestes ouvriers, opérations et processus techniques. La vision du travail des encyclopédistes*
Picon, <http://www.encp.fr/enseignements/Picon/TravailEncyclopedie.html>.

³³ Bacon de Verulam, Francis, 1561-1626, chancelier d'Angleterre, philosophe et homme d'Etat anglais, un des créateurs de la méthode expérimentale ou inductive. *Novum organum*, traduction et commentaires de Michel Malherbe, Bibliothèque universitaire de Rennes 1, cote : 192 BAC, S32737.

Les connaissances qui les concernent ont subi le sort de toutes les sciences d'observation: elles ont été longtemps un recueil de faits isolés, de documents pratiques qui, faute de liaison entre eux, occupaient la mémoire sans exercer la raison, et qui même semblaient résister aux efforts tentés à diverses reprises pour les soumettre à une classification.

(Extrait, pages 33 et 34, *Plan de technonomie*, Christian).

Christian introduit son *Plan de technonomie*, par une citation³⁴ qu'il emprunte à François Bacon; c'est dire tout le crédit qu'il accorde aux propos de l'éminent philosophe.

Toujours en ce début de 19^{ème} siècle, nous constatons que l'expression graphique par le *schéma*, parfois appelé *dessin simplifié*, tend à se développer et surtout dès qu'il s'agira d'explicitier l'architecture mécanique de systèmes techniques élémentaires tels que ceux assurant des transformations de mouvements: poulies, cames, engrenages, pignon et crémaillère, roue et vis sans fin, etc. La lecture de ces schémas est généralement commode et la lisibilité des fonctions est très satisfaisante. La terminologie retenue alors est celle toujours en usage aujourd'hui. Les appellations d'éléments ou de sous-ensembles constituant les systèmes techniques font progressivement l'objet d'une sorte d'unification, de standardisation, et ceci est vérifiable pour l'ensemble des domaines techniques que nous parcourons. Il nous semble toutefois que l'adoption d'une terminologie commune par les concepteurs et par les constructeurs est précoce et particulièrement développée en architecture navale. Dans son premier livre paru en 1677 et composant *l'architecture navale*, F. Dassié explique les termes de géométrie, de la construction et de la marine en général. Quant à Pierre Bouguer³⁵, il consacra, en 1746, les trois premiers chapitres de son *traité du navire, de sa construction et de ses mouvements* à la définition des mots et expressions en usage dans la construction navale: "varangue", "escare", "endenture", "queste de l'étambot" et autre "allonge de revers". Duhamel du Monceau aura la même préoccupation pour ce qui est de la recherche d'un langage commun en architecture navale, c'est ainsi que dans la préface de son ouvrage édité en 1752: *Eléments de l'architecture navale ou traité pratique de la construction des vaisseaux* il conseille au lecteur de se tourner vers le travail de

³⁴Rien ne serait plus capable de produire une sorte de pluie d'inventions utiles, et, qui plus est, neuves et comme envoyées du ciel, que de faire des dispositions telles que les expériences d'un grand nombre d'arts vinssent à la connaissance d'un seul homme, ou d'un petit nombre qui, par leurs entretiens, s'exciteraient mutuellement et se donneraient des idées, afin qu'à l'aide de cette expérience guidée dont nous parlons ici, les arts pussent se fonder, et pour ainsi dire s'allumer par le mélange de leurs rayons.

Bacon de Verulam, *de la Dign, et Accroiss. Des Sciences*.

l'ingénieur hydrographe Pierre Bouguer; concernant une terminologie commune pour les marins et pour tous ceux qui s'intéressent aux *choses de la mer*, il s'exprime en ces termes:

Je renvoie entièrement au traité du navire, ce que j'ai dit étant suffisant pour faire comprendre combien l'Ouvrage de M. Bouguer est utile aux constructeurs qui seront capables de l'entendre.

(Page xlij, préface, chapitre neuvième, *Eléments de l'architecture navale*, Duhamel du Monceau).

Jeter les bases d'un langage *universel* et opter pour une représentation graphique standardisée des objets techniques afin de promouvoir une information scientifique et technologique accessible au plus grand nombre de personnes, telles semblent être alors les premières préoccupations des savants et des ingénieurs. A ce titre, se référer au contenu graphique de l'*Encyclopédie* de Diderot et de d'Alembert, ouvrage accessible en son entier dès 1766, nous paraît une bonne démarche. Sur une période allant de 1750 à 1850 un certain nombre de dictionnaires, guides, aide-mémoires sont également publiés. Ainsi, Bélidor³⁶ conçoit en 1760 son *Dictionnaire portatif de l'ingénieur où l'on explique les principaux termes des sciences les plus nécessaires à un ingénieur*. Les champs retenus par Bélidor vont de l'arithmétique à la pyrotechnie en passant par l'algèbre, la géométrie, l'architecture civile, la charpenterie, la serrurerie, l'architecture hydraulique, l'architecture militaire, les fortifications, l'attaque et la défense des places, les mines, l'artillerie et la marine. Nous rapportons quelques définitions liées à l'art graphique:

Dessinateur: est, en fortification, celui qui dessine et met au net les plans, profils et élévations des ouvrages projetés par un ingénieur en chef, ou par un directeur.

Perspective: c'est une science qui enseigne, par règles, à représenter sur une superficie plane, les objets tels qu'ils paraissent à la vue.

Projet: est généralement tout ouvrage nécessaire à faire tant au dehors qu'au-dedans d'une place; on rend ces projets sensibles par des plans et des profils qu'on lave de jaune, ou de gomme-gutte, afin de voir que se sont des ouvrages à faire; ces projets sont envoyés en Cour par les ingénieurs, afin d'obtenir les fonds nécessaires pour leur exécution.

Vue à plomb: C'est une inspection perpendiculaire du dessus des combles et terrasses d'un bâtiment, considérés dans leur étendue sans raccourci, ce que quelques uns nomment improprement plan des combles.

Vue de bâtiment: C'en est l'aspect, qu'on nomme vue de front, lorsqu'on le regarde du point milieu; vue de côté, lorsqu'on le voit par le flan; et vue d'angle, lorsqu'il est aperçu par l'encoignure.

³⁶ Bélidor Bernard-Forest de, né en Catalogne en 1697 et mort en 1761, colonel d'infanterie, professeur, commissaire provincial d'artillerie, *Dictionnaire portatif de l'ingénieur*, 1760. BM de Rennes, cote:71566.

Remarquable également ce *Dictionnaire des sciences et des arts*³⁷ que Lunier fera paraître en 1805 sous la forme de trois volumes contenant l'étymologie, la définition et les diverses applications des termes techniques usités en technologie, en mécanique, dans les arts et métiers, etc. Un tableau historique de l'origine et des progrès de chaque branche des connaissances humaines est joint, ainsi qu'une description abrégée des machines, des instruments et des procédés anciens et modernes employés dans les arts. En préface, Lunier justifie le bien fondé de son tableau, mais ajoute que son dictionnaire évoluera et sera même remplacé compte tenu de l'évolution des connaissances humaines:

Lorsque les sciences et les arts étaient ignorés ou dédaignés des gens de ce monde, on voyait peu de dictionnaires, et ceux qui existaient ne passaient guère les bornes de la langue commune: mais aujourd'hui que tout le monde est instruit ou désire le paraître; aujourd'hui qu'il n'est point de brochure ou de feuille périodique qui ne renferme quelques termes scientifiques ou techniques, dont la nouveauté ou la bizarrerie peut arrêter le lecteur, les dictionnaires qui en donnent l'explication sont devenus d'un usage général et même indispensable. (*Extrait de la préface du Dictionnaire de Lunier*).

Dix années plus tard, Jean-Régnauld Armonville, secrétaire du conservatoire royal des arts et métiers, propose un outil qu'il dit, dans sa préface, utile:

aux personnes qui se livrent à la recherche de quelques nouvelles découvertes, celles qui s'occupent du perfectionnement des machines ou des procédés imaginés par d'autres, celles enfin qui désirent se livrer avec succès à l'exercice d'un art quelconque, et qui ont besoin de connaître ce qui existe déjà qui peut avoir quelque rapport avec l'objet qui les occupe.

Il est question du *Guide des artistes, ou répertoire des arts et manufactures*³⁸ paru en 1818. L'auteur y a répertorié les ouvrages, les objets techniques, les machines, les idées et enfin les productions du moment au sens large. Cet ouvrage annonce le suivant qui paraîtra en 1825 : *La clef de l'industrie et des sciences qui se rattachent aux arts industriels*. Il est précieux à tous ceux qui s'occupent de recherches industrielles, de construction et de fabrications diverses. Cette *clef*, présentée sous forme de deux tomes, traite de l'établissement du conservatoire des arts et métiers, des brevets et inventions, de perfectionnement et d'importation, délivrés en France depuis 1791

³⁷ Lunier, *Dictionnaire des sciences et des arts*, 1805, Gide et Nicolle libraires à Paris, BM de Rennes, cote:56406 et CNAM de Paris, cote :Ky33.

³⁸ Armonville, Jean-Régnauld, 1786-1837, secrétaire du conservatoire des arts et métiers, *Guide des artistes ou répertoire des arts et manufactures*, 1818, BM de Rennes, cote: 54398 et CNAM de Paris, cote: 12Ky1.

jusqu'à la fin de l'année 1824; de cent trente et huit livres et périodiques français et anglais, *parmi les plus estimés*.

Nous analyserons certains contenus de ces dictionnaires et autres guides. Des éléments d'une telle observation peuvent nous aider à mieux cerner l'évolution et les caractéristiques d'une communication scientifique et technologique par le moyen des outils graphiques.

Mais il ne faut pas oublier les techniques mêmes du dessin, nous limitant naturellement à celles situées dans le domaine du *dessin industriel*. Nous découvrons dans le dictionnaire des arts et manufactures de Laboulaye, ouvrage daté de 1854, pas moins de dix huit pages dédiées au dessin industriel.

Si les instruments de base pour exécuter un dessin linéaire sont, et pendant un temps, la règle, l'équerre et le compas; nous trouvons dans les instructions sur le dessin linéaire de Claude-Louis.Bergery³⁹ une panoplie plus étoffée pour ce qui est de l'outillage recommandé pour réaliser un dessin sur le papier - un dessin dépourvu d'explication doit se faire comprendre par lui-même -: *règle en bois dur, équerre en bois dur, double décimètre, compas de quatre pouces, crayon de mine de plomb, plumes, tire-lignes, gomme élastique, encre de chine, différentes couleurs pour l'enluminure des dessins, etc.* Nous notons que les conseils pratiques ainsi formulés par C.L.Bergery pour bien mener un dessin sont repris dans leur intégralité par Laboulaye dans son dictionnaire.

Ce matériel, auquel vient s'ajouter un outillage spécifique déjà répertorié dans *l'Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, sera mis à disposition d'artistes dont nous tenterons de cerner le statut. Ils sont qualifiés de graveurs ou de sculpteurs ou tout simplement de dessinateurs et leur nom figure au bas de nombreuses planches. Selon les techniques de réalisation du graphisme original des moyens adaptés pour une reproduction sur papier ou sur autre support, sont mis en œuvre. Le tracé des perspectives, le tracé des ombres, les types de traits, les hachures, feront également l'objet de développements dans les pages à venir.

Au milieu du 18^{ème} siècle le graphisme suscite un grand intérêt et cet engouement se concrétise par l'ouverture de plusieurs écoles gratuites

³⁹.Bergery Claude-Lucien, polytechnicien, professeur à l'école d'artillerie de Metz, *Géométrie des écoles primaires comprenant le dessin linéaire, les projections, le lever des plans de terrains et de bâtiments, l'arpentage, le partage des propriétés et le jaugeage* . 1833, seconde édition, Bachelier Paris, Mme Thiel Metz, CNAM de Paris, cote:8°Pa19.

de dessin. Les instructions relatives aux Ecoles Centrales⁴⁰ mettaient en relief, dès 1795, un enseignement du dessin en ces termes:

Une instruction encyclopédique afin de construire l'homme nouveau, responsable et citoyen à part entière. L'instruction embrasse tout ce qui peut aider à l'enseignement complet des sciences, des lettres et des arts. Elle doit être universelle, aucune connaissance ne doit être rejetée ou négligée. L'enseignement des arts et métiers est souligné comme peut l'être celui du dessin. L'école centrale privilégie une conception utilitaire du dessin, au détriment d'une conception plus esthétique... La classe de dessin n'est pas proprement destinée à développer les talents d'un Raphaël ou d'un Rubens...Le professeur doit s'attacher à ce qui est le plus utile pour les citoyens comme le trait de l'architecture pour les maçons, les menuisiers...L'élève qui embrasse une profession mécanique fait communément assez en se livrant aux mathématiques et au dessin. Dans les écoles centrales, une distinction s'opère entre le dessin destiné aux ouvriers et aux artisans, c'est-à-dire le dessin utile, et le dessin "plus gratuit" et proche de "l'art pur". Tout ouvrier tire du dessin un secours infini, il produit la fécondité de l'imagination et donne la facilité de l'exécution.

(Extrait de la loi du 25 février 1795 relatif aux Ecoles centrales).

Initialement, l'enseignement du dessin était résolument orienté vers l'architecture et vers les arts non mécaniques. Au cours des années qui ont suivi la création des écoles centrales, le cours de dessin, composante d'un enseignement complet des sciences industrielles, connaît un réel succès et ses effectifs sont supérieurs à ceux des autres cours. Le prospectus de 1829 que nous citons et qui concerne l'école centrale de Paris est destiné à l'information des futurs élèves d'une école dont l'objet est de former des ingénieurs civils, des directeurs d'usines, des chefs de manufactures. L'établissement dirigé à la rentrée 1829 par Mr Lavallée est placé sous la surveillance d'un conseil de perfectionnement composé, entre autres, de Chaptal, Arago, Molard l'ainé, Poisson...La géométrie et la géométrie descriptive sont placées sous la responsabilité de Mr Olivier, fondateur et ancien élève de l'école polytechnique, la mécanique industrielle est enseignée par Mr Benoit, fondateur et aussi ancien élève de l'école polytechnique et ingénieur civil, le cours relatif à l'exploitation des mines est assuré par Mr Bineau, polytechnicien et ingénieur des mines, et enfin le dessin est enseigné par Mr Leblanc, professeur de dessin au conservatoire royal des arts et métiers. Nous observons que l'organisation des enseignements dispensés à l'école centrale est construite en prenant pour modèle celle de l'école polytechnique mais en écartant tout ce qui concerne:

⁴⁰ Ecoles Centrales, premier texte de loi: 7 ventôse de l'an 3 (25 février 1795), le décret du 11 ventôse de l'an 4 créait 5 écoles centrales à Paris et 96 en province; l'école centrale se substituant au Collège. *Instructions*, Archives départementales 35, cote:2J405 et *Prospectus de l'école centrale des arts et manufactures établie à Paris en 1829*, BM de Rennes, cote:54915.

les théories mathématiques trop élevées, l'expérience ayant démontré que les théories sont rarement utiles dans les applications, et que, dans le cas contraire, le plus simple énoncé des résultats obtenus par une analyse transcendante peut suffire. Dès lors, en supposant que la durée des études reste la même, les élèves pourrons donner beaucoup plus de temps aux travaux graphiques, aux expériences et aux manipulations, et recevoir une instruction plus développée sur les diverses applications des sciences aux arts industriels.

(Page 1 du prospectus de 1829 sur l'école centrale des arts et manufactures).

Les travaux graphiques se composent d'épures à la règle, au compas et à l'échelle, de croquis tracés à main levée et cotés. Tous les élèves sont assujettis à exécuter la totalité des dessins. L'idée de projets industriels à mettre en œuvre par les élèves est retenue. Durant la première année ils sont confrontés à des problèmes techniques à résoudre, en seconde année les projets sont de plus en plus compliqués et les conduisent à se familiariser avec les détails des constructions industrielles. L'exécution de dessins à partir de l'observation d'un élément réel extrait d'une machine est encouragée. Il s'agit de préparer ces élèves à diriger des travaux industriels et d'accroître la compétitivité de la France. Au seuil du 19^{ème} siècle, la France compte un nombre insuffisant d'ingénieurs civils et il est urgent qu'elle se dote, pour son industrie d'hommes:

d'une grande instruction théorique et pratique, exclusivement occupés d'un petit nombre d'industries...la supériorité de l'industrie en Angleterre tient principalement à l'existence dans ce pays d'un grand nombre d'ingénieurs civils presque inconnus en France.

(Page 2 du prospectus de 1829 sur l'école centrale des arts et manufactures).

Nous observons sur les emplois du temps des élèves de première et de deuxième année d'études que l'enseignement du dessin y figure, chaque jour, de onze heures trente à quinze heures. Par ailleurs, chaque matinée à raison de deux heures, les élèves sont concernés, soit par la géométrie descriptive, soit par la mécanique. L'instauration d'un enseignement du dessin à orientation technique prend appui ici sur une présentation du cas des écoles centrales. Nous serons conduits à élargir notre champ d'étude et à analyser différentes structures d'enseignement qui s'établiront au milieu du 18^{ème} siècle et jusque 1850. Nous traiterons de l'évolution des contenus de cet enseignement. Le statut des élèves et celui des enseignants ainsi que l'évolution des outils graphiques feront régulièrement l'objet de développements.

La communication scientifique et technique se conçoit sans qu'une quelconque frontière géographique ou sociale ou culturelle ou politique soit établie entre tel concepteur et tel réalisateur. La diffusion d'informations ne s'accommode pas d'un quelconque bornage et, sauf cas d'exception, se veut empreinte d'une universalité. La transmission

de connaissances scientifiques et techniques est l'affaire de tous, même s'il y a lieu d'apporter quelques nuances pour ce qui relève du niveau d'appropriation du contenu des messages rédigés en un tel langage graphique.

9. Le contexte breton.

Ce choix est pour une bonne part motivé par la récente parution des trois tomes qui composent l'ouvrage: *La Bretagne des savants et des ingénieurs*⁴¹, réalisé sous la direction et la coordination de Jean Dhombres entre 1991 et 1999. La lecture du premier tome nous montre combien le passé scientifique et technique de la Bretagne a intéressé les historiens, une Bretagne où les effets de la révolution industrielle seront souvent limités. L'expansion du machinisme, caractéristique fondamentale du siècle 1750-1850 en France et en Europe, entraînera alors peu d'évolutions significatives dans les domaines d'activités bretons tels que l'agriculture, l'exploitation minière et les activités textiles. A propos d'un mémoire⁴² présenté à l'académie des sciences en 1835 par Juncker, ingénieur des mines et chargé de l'exploitation de la mine de plomb et d'argent de Huelgoat, nous lisons dans un rapport signé par Arago⁴³ :

La machine d'Huelgoat a réalisé toutes les prévisions de la science. La douceur, la régularité, le moelleux de ses mouvements, l'absence complète de bruit, ont été un juste sujet d'admiration pour les ingénieurs de différents pays qui l'ont examinée. Il est vraiment regrettable qu'une machine si belle, si puissante, si habilement exécutée, et qui fait tant d'honneur à notre industrie, soit reléguée à l'une des extrémités de la France, dans un canton rarement visité. (*Extrait du Mémoire sur les machines à colonnes d'eau de la mine de Huelgoat*).

⁴¹Dhombres, Jean, directeur de recherche au CNRS, directeur d'étude à l'Ecole des hautes études en sciences sociales, *La Bretagne des savants et des ingénieurs*, trois volumes, 1991/1999. CCSTI Rennes, éditions Ouest-France.

⁴² Juncker, ingénieur des mines, *Mémoire sur les machines à colonne d'eau de la mine de plomb argentifère de Huelgoat dans le Finistère, tome VIII des annales des mines*, 1835, BM de Rennes, cote : 48349.

⁴³Arago, Dominique François, 1786-1853, polytechnicien, astronome, membre de l'Académie des sciences.

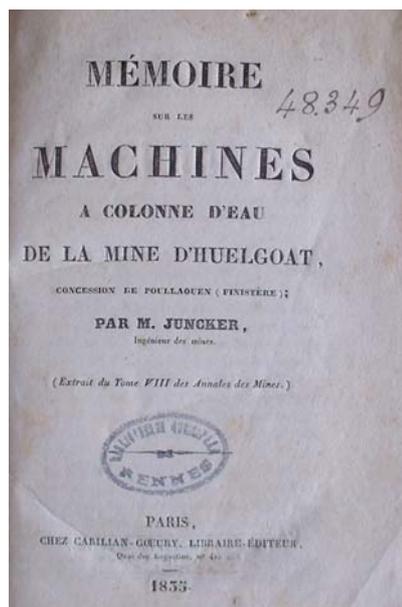


Illustration 0. 16.

L'architecture navale française a bénéficié des contributions de nombreux architectes et constructeurs navals prestigieux. Nous retiendrons six d'entre eux : Pierre Bouguer, Henri-Louis Duhamel du Monceau, Blaise Ollivier, François-Camille de Duranti de Lironcourt, Honoré-Sébastien Vial du Clairbois et Jean Noël Sané. Nous observerons les résultats de leurs travaux et nous tenterons de cerner la place que chacun de ces hommes illustres accorde au graphisme et par là même nous apprécierons l'influence de ce langage sur la construction proprement dite des vaisseaux.

La vocation maritime de la Bretagne est confirmée par les progrès enregistrés en matière de construction navale. La réalisation des vaisseaux sur le site du port de Brest a bénéficié d'innovations mises en œuvre par les constructeurs à partir de réflexions d'ingénieurs et de savants. Ainsi, Honoré-Sébastien Vial du Clairbois, recommandé par Borda et Bezout, devient ingénieur constructeur à Brest en janvier 1777 et fait paraître dix années plus tard le : *traité élémentaire de la construction des vaisseaux*. Il récidive dans l'édition en 1805 avec son : *Traité élémentaire de la construction de bâtiments de mer*. Né à Paris en 1733, il finira ses jours à Brest en 1816. La Bretagne, et la ville de Brest en particulier, hébergeront aussi deux autres grands constructeurs que seront Blaise Ollivier et Jean-Nicolas Sané⁴⁴ et qui influenceront durablement la construction des vaisseaux. Plus tard, au cours de la première moitié du 19^{ème} siècle , l'ingénieur naval Dupuy de Lôme⁴⁵,

⁴⁴ Sané, Jacques, né à Brest en 1740, mort à Paris en 1831, nommé ingénieur-constructeur de la marine en 1774.

⁴⁵ Dupuy de Lôme Stanislas, 1816-1885, lorientais, ingénieur naval, *bâtiments en fer*, 1843, Service historique de la marine à Brest, cote:R6930.

conscient des limites de performances d'une marine à voiles, allait provoquer de fortes transformations en matière de construction navale en orientant les recherches pour une construction de vaisseaux cuirassés, le métal suppléant le bois, et pour mettre en œuvre la propulsion par hélice.

En architecture navale, les ingénieurs-constructeurs dessinent et font dessiner, dans l'optique de la construction effective d'un vaisseau. La liaison, la communication entre le concepteur et le constructeur est permanente. Les contraintes dimensionnelles et également, par voie de conséquences, de forme, sont initialement définies à l'aide des outils graphiques. Nous retrouvons dans les divers traités de construction de vaisseaux ce souci d'établir avec précision les prescriptions que doit respecter le constructeur. Les plans participent à la composition d'un véritable contrat qui unit le concepteur et le constructeur. Nous proposons une analyse des publications effectuées par quatre illustres ingénieurs-constructeurs: Dassié, Bouguer, Duhamel du Monceau et Vial du Clairbois. Au travers de leurs ouvrages, nous tenterons de cerner la place qu'ils accordent au graphisme dans le processus de réalisation de vaisseaux.

CHAPITRE 1

Des outils graphiques pour construire, études de cas liés à l'architecture navale.

L'historien, être naturellement curieux, éprouve parfois le besoin de s'informer de faits antérieurs à la période d'étude qu'il s'est initialement fixée. Cette volonté de savoir "l'histoire d'avant" nous semble devoir être admise dès l'instant où elle entre dans le travail projeté, constituant une aide à la compréhension d'évènements dans le contexte que l'on s'est proposé de cibler. C'est dans cet esprit que notre étude, qui se situe entre les années 1750 et 1850, prendra parfois appui sur des observations et sur des analyses de situations repérées en amont. Ainsi, retiendrons nous les réflexions et les travaux de François Dassié, relatifs à la construction navale et rapportés dans son livre, *L'architecture navale*.

1.1: François Dassié, un marin-constructeur et maître de dessin.

L'architecture navale, ouvrage édité en 1677 par Dassié, fait une place à la communication par le graphisme (*illustration 1.1*), et l'auteur dit que son œuvre est enrichie de figures. Les dessins utiles pour la construction des vaisseaux composent les six planches de ce livre. Dassié retient deux techniques de représentation: celle des projections orthogonales et celle des coupes transversales. Nous verrons que les concepteurs et les constructeurs de vaisseaux feront des choix de vues identiques pour définir leurs projets et transmettre les techniques de construction tout au long du 18^{ème} siècle.

Le vaisseau est dessiné par Dassié selon deux vues : une vue de face traduisant l'aspect général et une vue de dessus projetée dans son intégralité ou selon une demi vue. La galère rapportée dans notre préambule, (*illustration 0.2*), est projetée en vue de face avec son gréement et en vue de dessus. La position des couples est repérée par des points portés par des droites parallèles tracées entre les deux projections de la galère. La correspondance des vues est respectée, des lettres et des chiffres portés sur le dessin guident le lecteur afin qu'il distingue mieux qu'au travers d'un simple écrit, les éléments constitutifs du vaisseau. Cette lecture des formes est nécessaire, comme le sont les indications dimensionnelles qui permettent au constructeur

de procéder aux tracés des *couples*. Ces couples, obtenus par les coupes ou sections transversales du navire, déterminent le profil des membrures. Dassié réalise quatorze coupes transversales pour permettre au constructeur de tracer puis de réaliser, sur plan et en vraie grandeur, les gabarits nécessaires à la réalisation des membrures (*illustration 0.3*). La représentation des couples, effectuée sur une seule planche, est particulièrement soignée, mais Dassié les dessine séparément en les nommant et ne les rapporte pas sur une seule et même vue. Une note jointe au graphisme vient expliciter les tracés à effectuer à l'aide de la règle et du compas. Ces membrures, ou encore membres, sont liées à la quille selon les espacements fixés par le plan certes, mais aussi et surtout par des tableaux portant les différentes dimensions à respecter. Ces membrures ainsi assemblées donnent une première idée de la forme de la carène du vaisseau et surtout une appréciation du respect des proportions. Soucieux de réaliser un navire performant aux formes harmonieuses, Dassié élabore une *table pour trouver les proportions que l'on observe en la construction des navires* (*illustration 0.1*). Nous ferons remarquer que les planches proposées par Dassié sont distinctes et livrées à titre d'exemples de représentations graphiques, les profils de membrures ne correspondent pas à l'un quelconque des vaisseaux dessinés sur d'autres planches du livre.

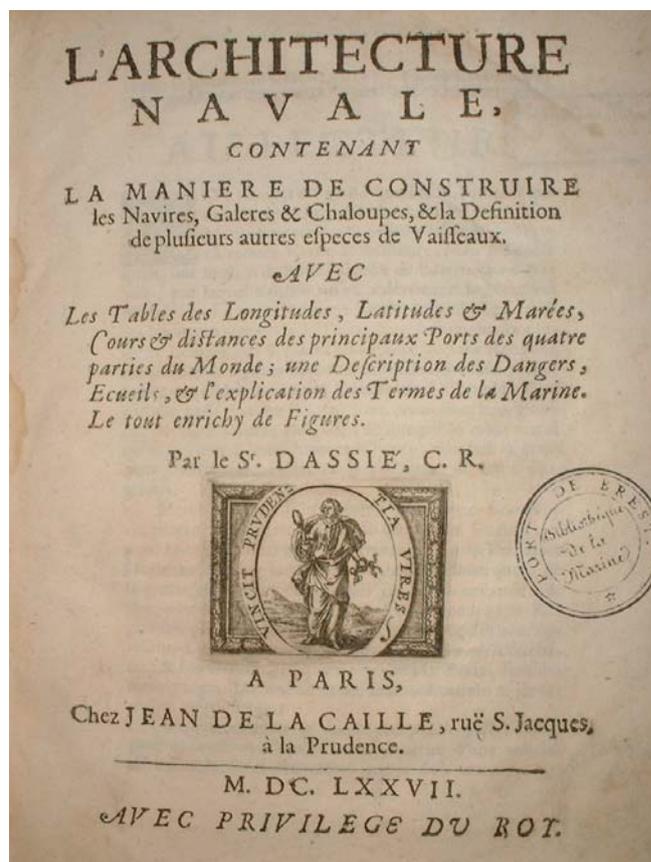


Illustration 1. 1.

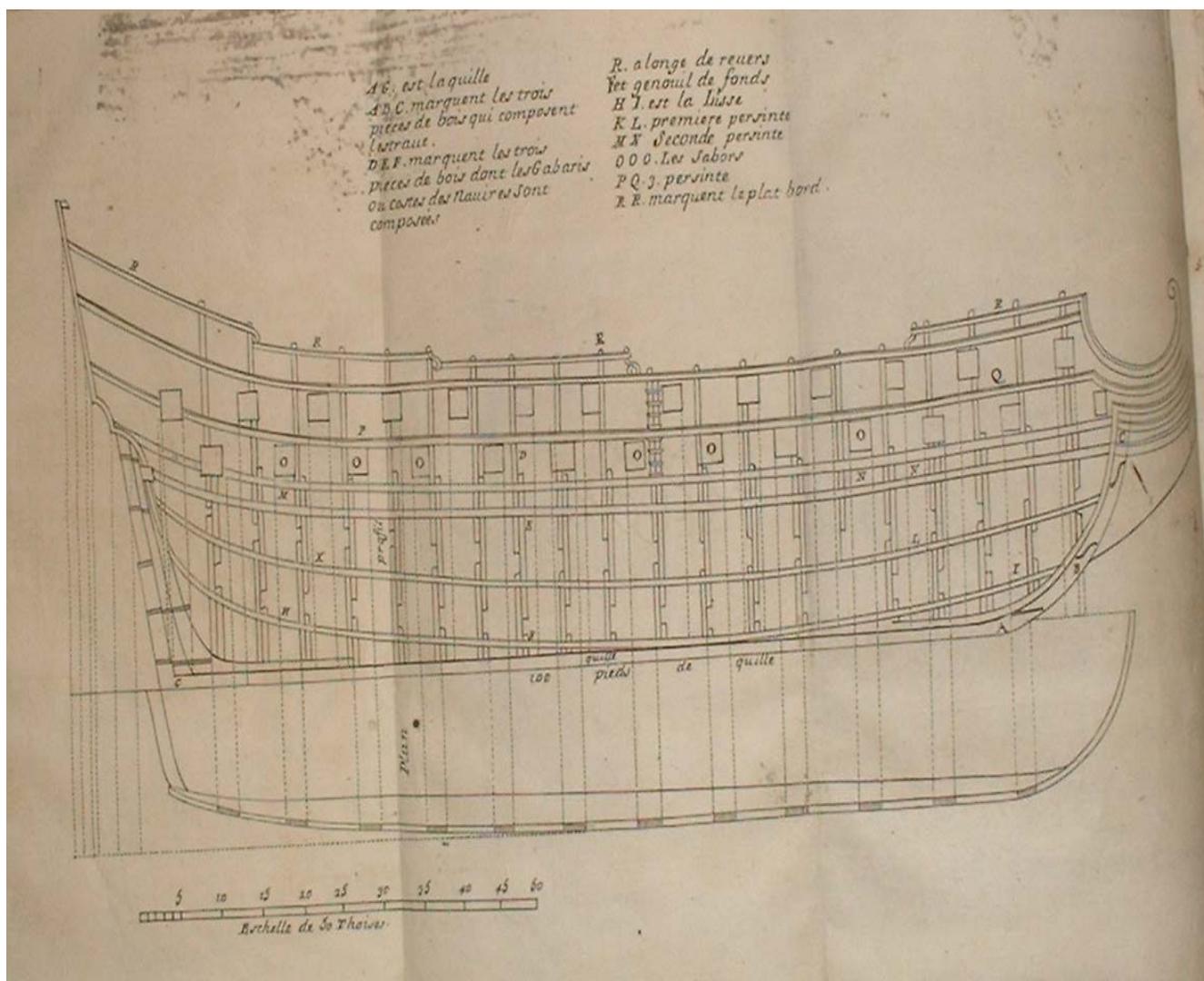


Illustration 1. 2. positionnement des couples, Architecture navale, Dassié, 34 x 21cm.

Le dessin ci-dessus (illustration 1.2), est celui d'un vaisseau en vue de face en coupe longitudinale et en demi-vue de dessus en coupe. La correspondance des vues nous fait dire que le plan de coupe, pour la vue de dessus, correspond à la ligne de flottaison. L'échelle indiquée permet au constructeur de positionner les membrures sur cette quille de cent pieds de longueur. Un tableau des proportions, tel celui précédemment signalé, donne les cotes utiles principales établies en fonction du type de vaisseau à construire.

Sur ce tableau dimensionnel les navires sont classés selon leur rang: navire du premier rang, frégate du premier rang, frégate légère, etc. Dassié y distingue huit types de vaisseaux (La classification des navires évoluera dès 1723 alors que la marine de guerre française commence à renaître). Les dimensions des éléments constitutifs sont exprimées en

pieds et en pouces. Pour un navire de premier rang dont la longueur de quille est de 135 pieds, la hauteur d'*étrave* mesure 33 pieds 9 pouces, la hauteur d'*estambot* 30 pieds 4 pouces, le *creux* 20 pieds 3 pouces. Les données de cette table sont répétées par Dassié au chapitre XII du premier livre. Craindrait-il que les constructeurs éprouvent des difficultés pour extraire de son tableau les dimensions appropriées des éléments à assembler?

Les maîtres les plus éclairés, sans doute, y pourront découvrir des défauts; mais enfin je me persuade qu'ils me pardonneront volontiers, quand je leur aurai dit que je n'ai pu trouver d'auteur que j'ai pu suivre dans mon entreprise, pour me tirer des difficultés qui s'y sont rencontrées, et qu'aussi le principal sujet de mon dessein n'a été que de réduire en art le plus méthodiquement qu'il m'a été possible, une science si nécessaire et utile à l'Etat, de le rendre familier, d'inciter ces savants mathématiciens et ces illustres ingénieurs de l'académie royale, à chercher des moyens infaillibles pour rendre les vaisseaux plus légers à la voile, et trouver le juste poids des tonneaux et la véritable symétrie, afin de rendre *l'architecture navale* au plus haut point de la perfection.

(Page 6, note au lecteur, extraite de *l'Architecture navale de Dassié*).

L'ouvrage de Dassié comporte les planches strictement nécessaires à la compréhension de l'organisation d'un vaisseau et à la préparation de sa réalisation. Les dessins portent les informations relatives aux formes et à certaines dimensions du vaisseau, informations indispensables pour jeter les bases de l'élaboration d'un projet de construction. La finesse et la précision des tracés sont à souligner. Par contre l'unique planche, (*illustration 1.3*), traitant des renforts de membrures, des éléments de liaison des ponts et des cabestans est moins précise et prend la forme de schémas non dimensionnés associant des vues en projection et des perspectives. Comme il est question de la précision et du sens du trait, nous rapprochons la représentation d'un cabestan faite par Dassié en 1677 de celle du *cabestan à écrevisses* réalisée en 1741 par un certain Delorme, membre de l'académie de Lyon qui obtint le prix de l'académie royale des sciences pour son invention. Ce dispositif de transmission d'actions mécaniques, composant de l'équipement d'un vaisseau, va bénéficier d'innovations technologiques successives. Sa représentation ne pourra plus se limiter à une silhouette générale et approximative, sans échelle, comme celle exécutée par Dassié, elle devra traduire les détails liés à l'agencement des éléments constitutifs. Nous ferons observer que le cabestan inventé par Delorme et retenu par Gallon, comporte une échelle, (*illustration 1.4*). Cette contrainte va faire naître de nouvelles exigences dans la définition des objets techniques. Le dessinateur sera conduit à imaginer, inventer et appliquer de nouvelles règles. Avant de développer ce point lié à l'évolution des outils graphiques, nous nous satisferons ici d'une simple observation des dessins retenus par Dassié, Borgnis, Christian, et Gallon, et

concernant un objet technique conçu pour répondre à cette même fonction globale, à savoir, déplacer une charge.

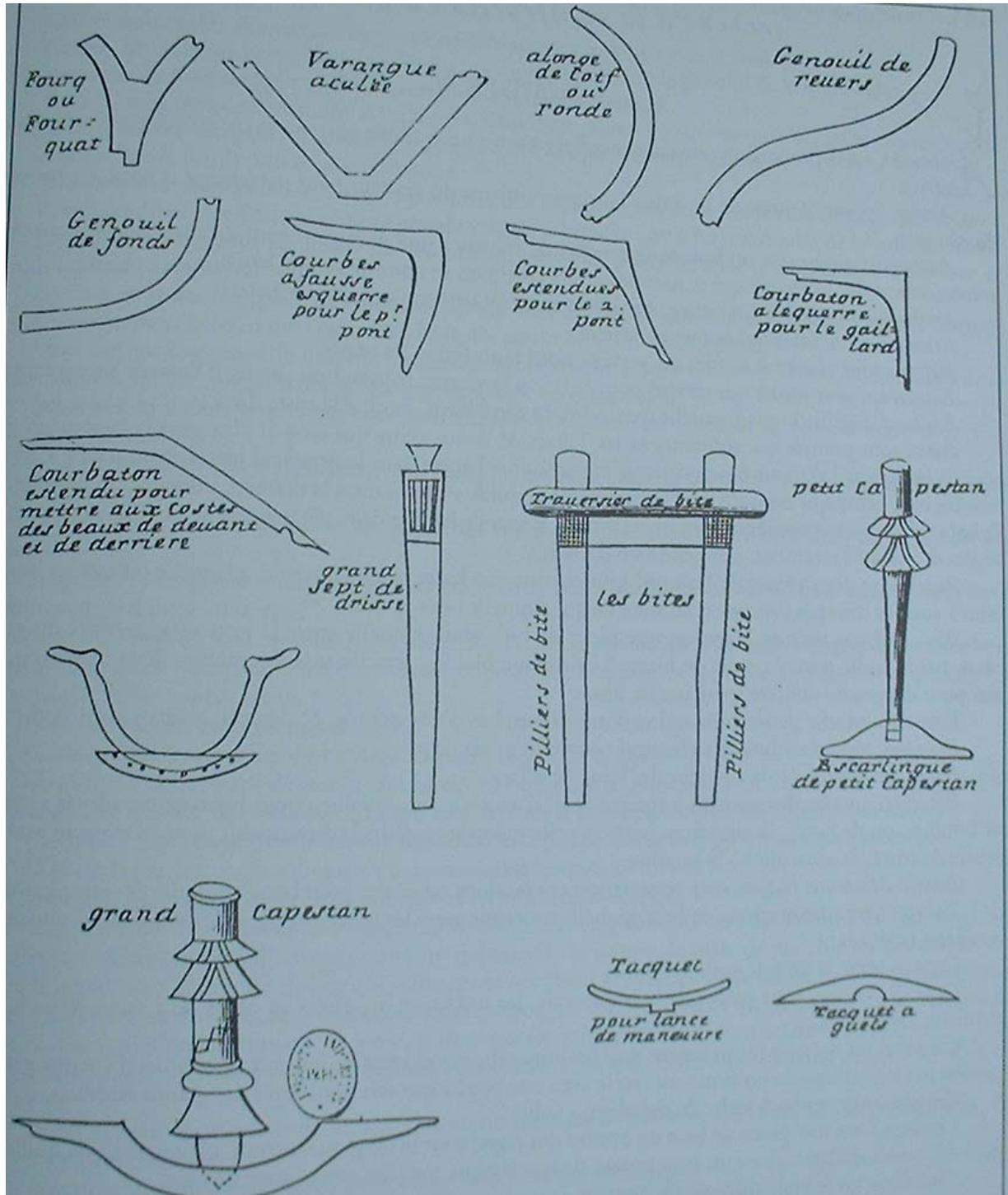


Illustration 1.3, Architecture navale, divers pièces, Dassié, 34 x 21 cm.

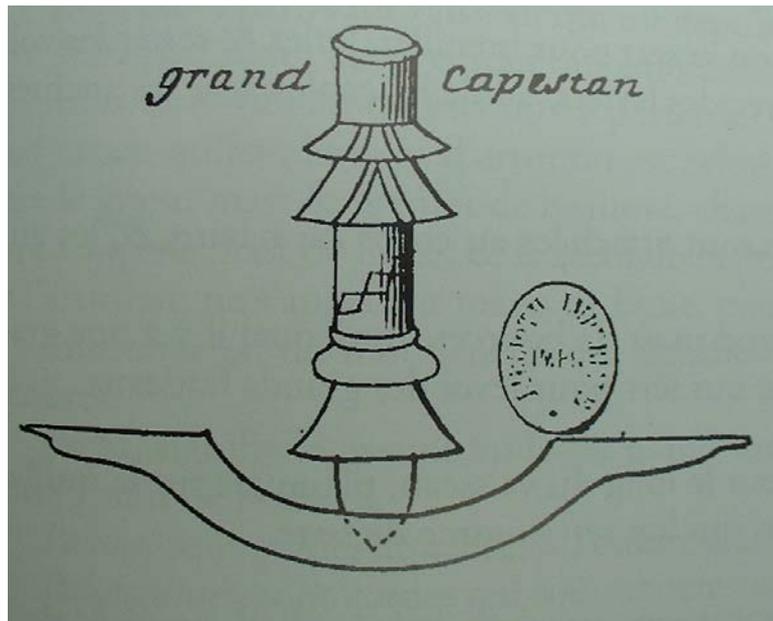


Illustration 1. 3 bis, extrait, Pl 1.3, Cabestan, Dassié, 34 x21cm.

Le dessin du cabestan, par Dassié, participe à la composition d'une planche sur laquelle figurent d'autres équipements et accastillages. L'unique vue extérieure donne seulement sa silhouette, et Dassié n'avait sans doute pas l'intention de détailler son fonctionnement par des tracés complémentaires. Cette unique vue du cabestan constitue peut-être une aide à l'établissement d'un inventaire de l'accastillage principal d'un navire?

Par contre le cabestan, inventé par un lyonnais, un certain Delorme, et rapporté par Gallon dans son recueil des prix de l'académie royale des sciences, est autrement représenté et défini. Cette planche nous donne une idée des évolutions des outils graphiques. Le dessinateur a recherché les vues les plus représentatives des pinces afin que le lecteur en saisisse le principe mécanique. Les projections du cabestan, non équipé de ses pinces, aident à comprendre les formes de leur logement. Les coupes et les projections en traits interrompus courts complètent l'explicitation du fonctionnement d'un ensemble complexe. Christian fait usage des outils graphiques (*illustration 1.6*), pour associer à une représentation générale, selon une vue extérieure de l'objet, le principe de mécanique appliquée mis en œuvre. Le choix du type de trait est chaque fois lié aux intentions de son auteur. Borgnis représente son cabestan selon deux vues, dont une coupe, certes incomplète, mais suffisante pour souligner la réalisation en deux pièces du fût de cabestan et leur liaison rigide démontable par cerclage. Par ce bref parcours, nous souhaitons souligner les exigences différentes des auteurs, dans le

temps certes, mais aussi en fonction du sens qu'ils assignent au tracé, au graphisme.

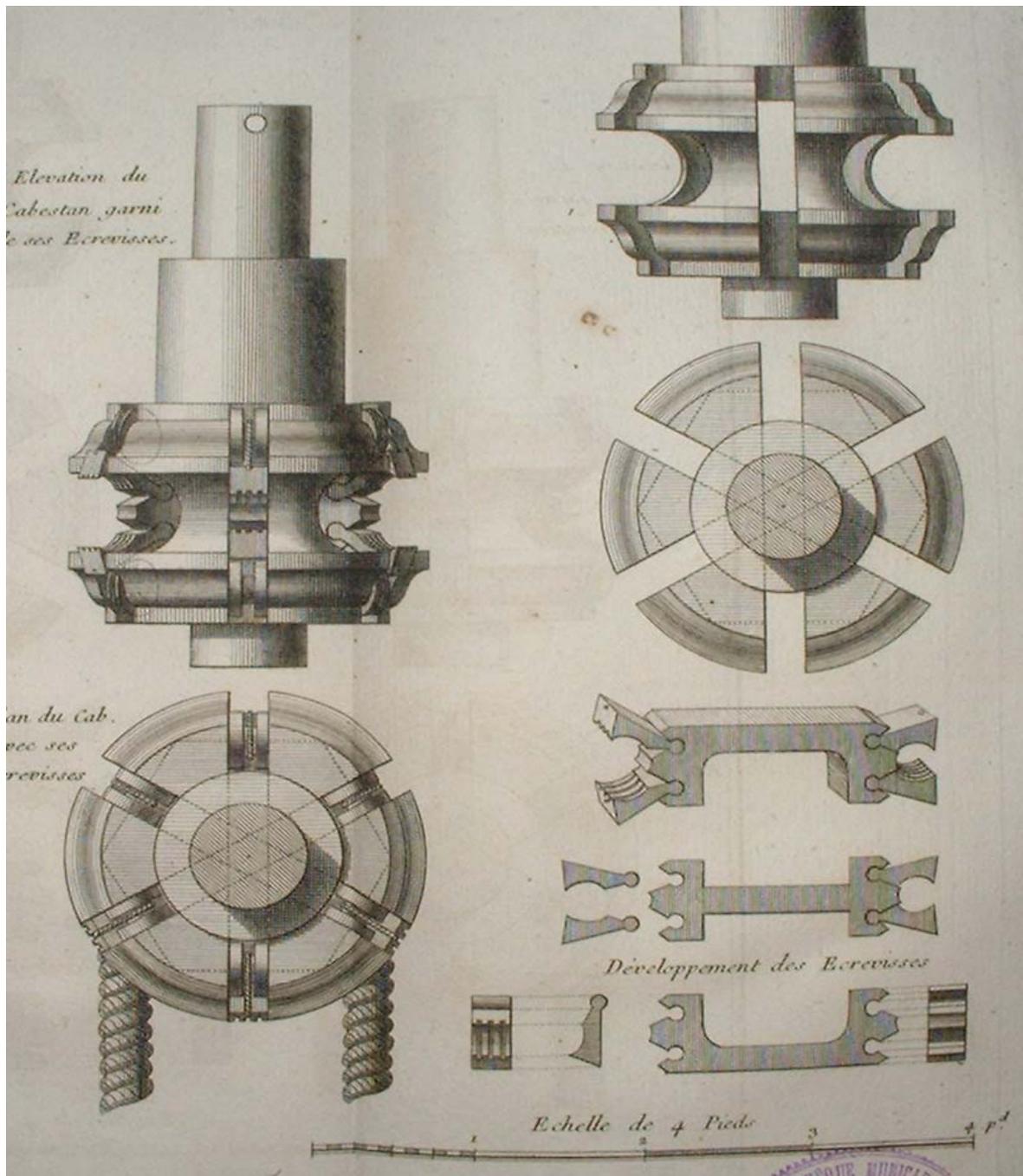


Illustration 1. 4, cabestan à écrevisses, 1741, Gallon, 20 x16 cm.

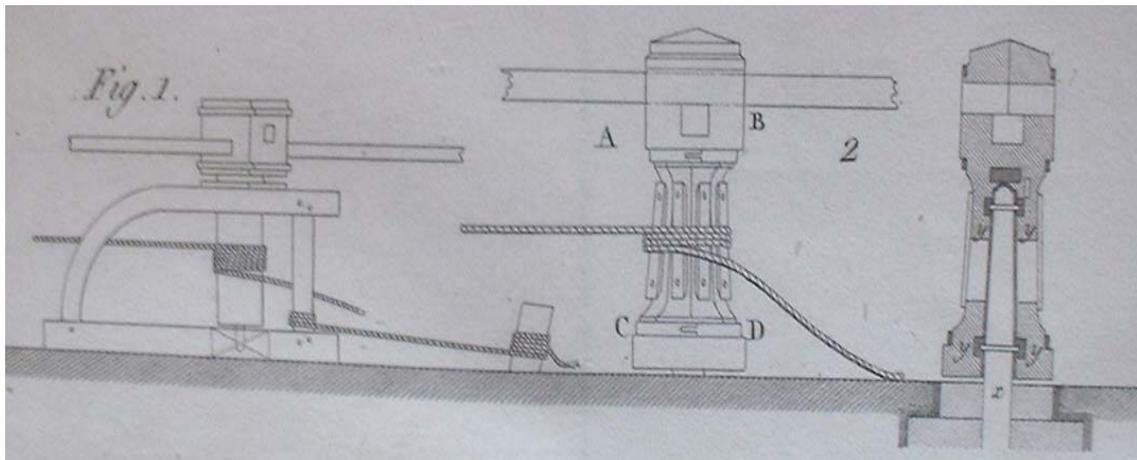


Illustration 1.5, cabestan, extrait Pl 18, *Mouvements des fardeaux*, Borgnis,
20,5 x 15 cm

Borgnis fait des *mouvements des fardeaux*, un centre d'intérêt pour aborder, au second tome (paru en 1818), de son *Traité complet de mécanique appliquée aux arts*, les problèmes liés à la détermination des caractéristiques des actions mécaniques. Au dessin du cabestan présenté isolé, vient s'ajouter celui du cabestan mis en situation dans son environnement. Cette dernière représentation s'avère bien utile pour définir les efforts mis en jeu dans un tel système.

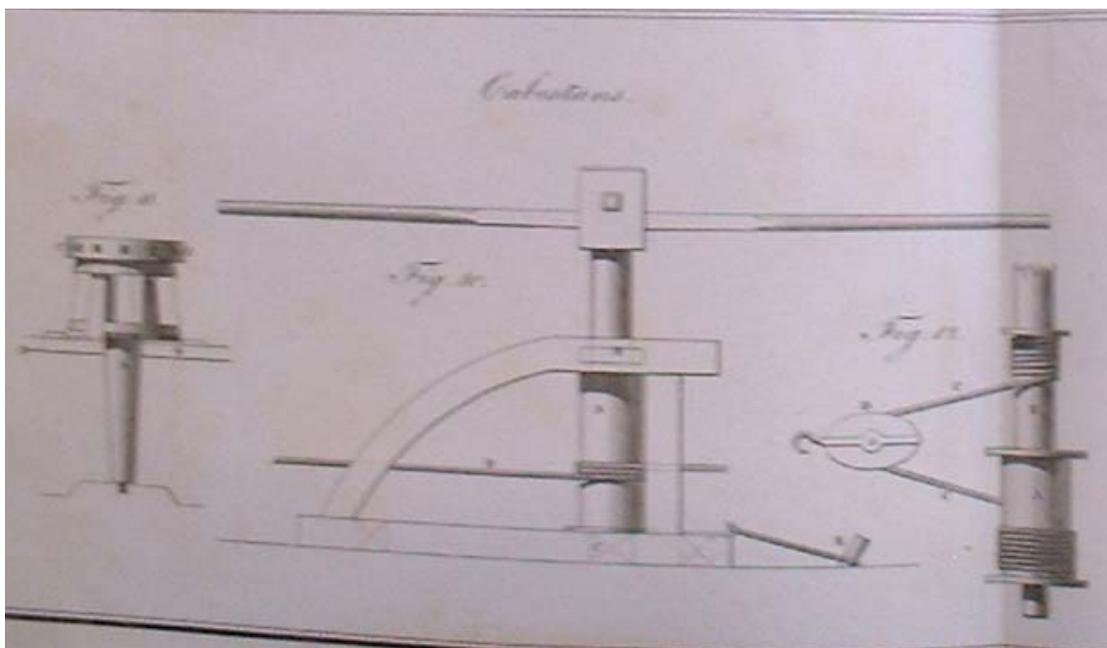


Illustration 1.6, cabestan, extrait Pl37, *opérations mécaniques*, Christian,

Christian opte pour un cheminement identique à celui de Borgnis, en accordant à la mécanique appliquée les développements nécessaires pour justifier des choix technologiques en matière de conception et de construction de systèmes. Son traité de mécanique industrielle, bâti à partir de systèmes techniques existant, sera édité en 1822.

Dans son ouvrage, *L'architecture navale*, Dassié dresse également un inventaire des vaisseaux construits depuis 1671 dans les ports de Brest, Rochefort, Toulon et, exceptionnellement au Havre. Son bilan traduit le ralentissement que connaît la construction navale française à la fin du 17^{ème} siècle et montre combien la marine de Louis XIV s'est appauvri. La reprise d'activité des chantiers navals sera cependant observable dès 1720 et de nouvelles exigences en matière de tracé et d'exécution seront demandées aux constructeurs. A partir d'observations faites sur les chantiers anglais, il est souhaité que les arrières plats des vaisseaux français soient abandonnés au profit d'arrières ronds qui se généraliseront d'ailleurs dès 1730. Cette idée de copier les usages anglais va modifier la forme des carènes et contraindre les charpentiers à faire de réels progrès dans la conception, le tracé et la réalisation de la charpente de l'arcasse, charpente de la poupe d'un vaisseau comprenant l'étambot et les pièces qui s'y assemblent. Si la pratique du dessin est exceptionnelle au 17^{ème} siècle, elle s'impose aux constructeurs et devient courante dès 1720⁴⁶.

Quelques années plus tard, l'inspecteur général de la marine, Duhamel du Monceau, dans un souci de rationalisation de la construction navale et s'agissant du dessin technique, s'exprime en ces termes dans son livre, *Eléments de l'architecture navale*, édité en 1752 :

L'architecture navale exigeant encore plus de précision et d'exactitude que les bâtiments qui sont fondés sur un terrain solide, les constructeurs sont plus indispensablement obligés d'être guidés par des plans et coupes qui ayant été faites avec toute l'exactitude possible, qu'on ait examiné par les calculs les plus exacts, et qu'on ait soumis à la critique la plus sévère.

(Extrait, page27, *Eléments de l'architecture navale*, 1752, Duhamel du Monceau).

Duhamel du Monceau demande que le nombre de modèles de vaisseaux soit réduit et que les concepteurs et les constructeurs optent pour une standardisation des dimensions et des proportions des vaisseaux. Il souhaite également, ainsi que le montre l'extrait ci-dessus, qu'une attention toute particulière soit accordée aux calculs qui doivent fournir un ensemble de données pour orienter le concepteur dans ses choix.

⁴⁶ Boudriot, Jean, *La mer au siècle des encyclopédies, construction navale française au 18^{ème} siècle*, Bibliothèque municipale de Brest, cote: C 2843.

1.2: Pierre Bouguer, (1696-1758), hydrographe-constructeur en charge au Croisic.

La pratique du dessin, exceptionnelle en construction navale au 17^{ème} siècle, va se développer tout au long du 18^{ème} siècle. Les recherches puis la publication des travaux de Pierre Bouguer, hydrographe du Roi au Croisic et au Havre de Grâce et plus jeune professeur à l'école d'hydrographie du Croisic, joueront un rôle déterminant en matière de conception de vaisseaux.

Dès l'âge de vingt neuf ans Pierre Bouguer fait paraître son *Traité de la mâture des vaisseaux*⁴⁷ écrit à partir du prix reçu de l'Académie des sciences, le 26 septembre 1727. Il s'agit d'une étude relative aux effets du vent sur les voiles et à ceux de l'eau sur la carène du navire. Il est question dans la première section du traité:

Des mâts considérés comme leviers, et des points qui leur servent d'hypomocliions.

(*Titre du chapitre premier du traité.*)

De la manière dont les chocs du vent sur les voiles, et de l'eau sur la proue se réduisent à un seul effort.

(*Titre du chapitre II du traité.*)

....

Le point de vue est largement mathématique, selon une théorie déjà enseignée par Jean Bernoulli⁴⁸, mais les développements de Pierre Bouguer prennent appui sur de nombreux schémas annotés qui aident à la compréhension de ses calculs et de son analyse. Ce graphisme scientifique est fin et précis. Les représentations graphiques ne sont certes pas liées à la construction des vaisseaux, mais leur qualité, (*illustration 1.7*), est telle que nous n'hésitons pas à les signaler ici. Il est vrai qu'au Croisic, Pierre Bouguer a été tout jeune confronté à l'enseignement par l'intermédiaire de son père Jean Bouguer. Associé géomètre de l'académie des sciences en 1731 puis pensionnaire de la dite académie en 1735, Pierre Bouguer ne peut faire publier son *Traité du navire, de sa construction, et de ses mouvements* qu'en 1746, à son retour du Pérou, où il a participé à l'expédition relative à la mesure du méridien terrestre. L'ambition du traité est soulignée par l'auteur dès les premières lignes d'un ouvrage composé de trois livres:

Nous nous proposons en traitant de la construction des vaisseaux, et de la mécanique de leurs mouvements, de substituer, s'il se peut, des règles exactes et précises, aux pratiques obscures et tatonneuses qui sont en usage dans la marine. L'architecture navale, à parler dans la rigueur, n'a point été un art jusques à présent; nous voulons

⁴⁷ Bouguer, Pierre, 1698-1758, hydrographe du Roi au port du Croisic et au Havre de Grâce, de l'Académie royale des sciences, Honoraire de l'Académie de Marine, *Traité de la mâture des vaisseaux*, 1727, Jombert Paris, BM de Rennes cote:173 et Centre de recherche du musée de la marine à Paris, cote:J1749.

⁴⁸ Bernoulli, Jean, 1667-1748, mathématicien, professeur de mathématiques à l'université de Bâle

faire en sorte qu'elle en devienne un, et qu'on n'agisse désormais dans toute cette matière qu'avec lumière et pleine connaissance de cause.

(Extrait, page 1, livre premier, *Traité du navire, de sa construction et de ses mouvements*).

Le premier livre donne une *Idée générale sur la construction, avec diverses remarques sur les règles ordinaires*; le second examine la *pesanteur du vaisseau et l'espace qu'il occupe dans la mer* et enfin le troisième considère *le navire en mouvement*.

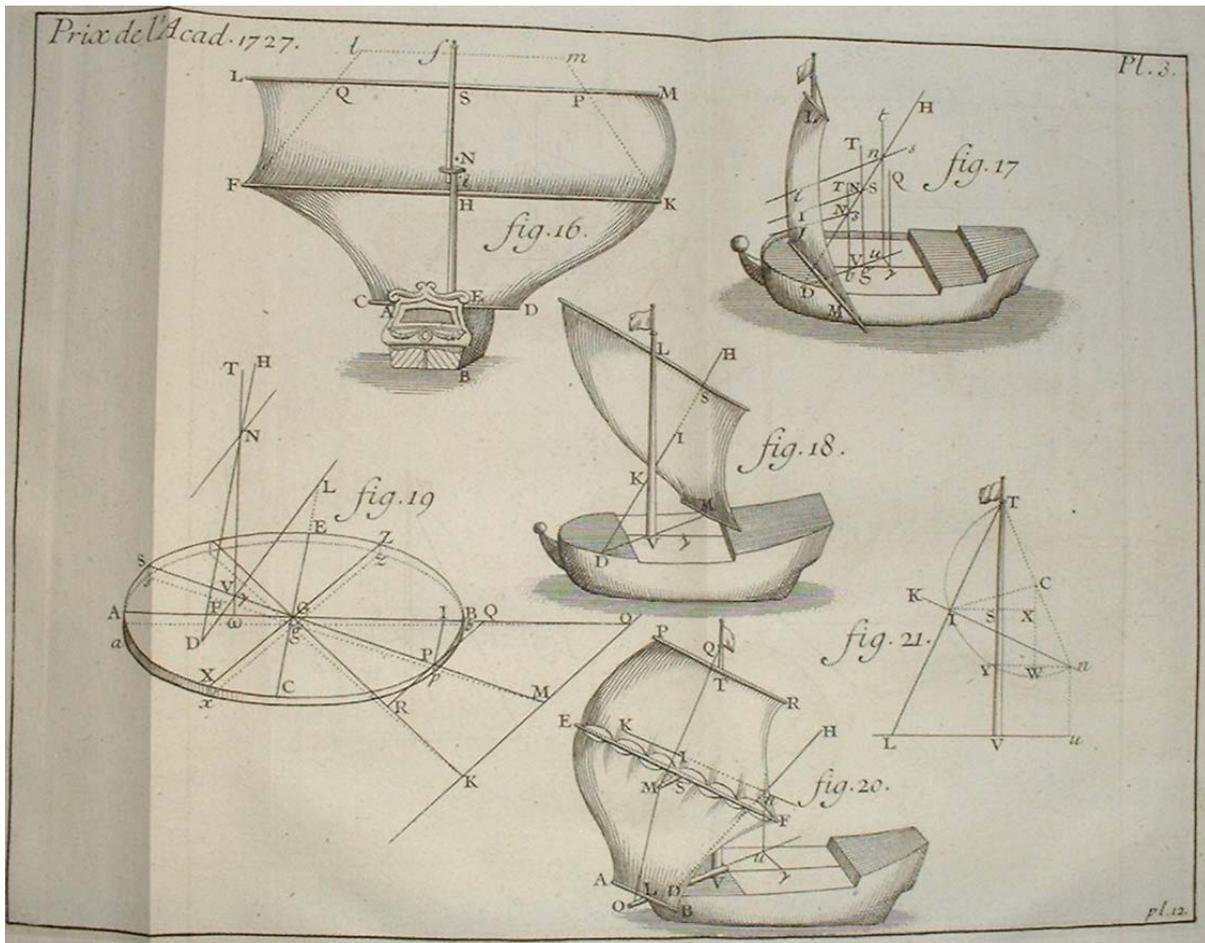


Illustration 1.7, *Traité de la mâture des vaisseaux*, P. Bouguer, 1727, 16 x 21 cm.

Pierre Bouguer admet que l'on retienne les éléments positifs appartenant aux méthodes anciennes de conception et de réalisation de navires, (*illustration, fig 3, page 63*), mais il est fortement animé de cette volonté d'introduire chez les constructeurs plus de rigueur, plus de *théorie* afin que soient établis des lois, des règles et de principes scientifiques pertinents. Il milite pour une diffusion du savoir et supporte mal les actions des constructeurs dès l'instant où elles s'engagent dans des contextes fortement marqués de confidentialité. Après avoir établi un état des travaux de plusieurs *constructeurs habiles et officiers fameux* il insiste quant à cette nécessité d'introduire plus durablement *la mécanique et la géométrie...et les plus simples*

opérations d'arithmétique au cœur même de l'architecture navale, il en va des *progrès de cet art* qu'est la construction des navires:

La construction restant de cette sorte dans le même état, se trouva renfermée dans ses pratiques grossières, et a outre cela été traitée d'une manière extrêmement imparfaite dans quelques écrits que nous avons. Soit défiance de la part des constructeurs, ou dessein formé de tenir leurs maximes secrètes pour s'en prévaloir contre leurs concurrents, ils déclarent bien les principales dimensions qu'ils donnent à leurs vaisseaux; mais nous n'avons aucun livre qui entre dans le détail de la figure qu'on leur donne actuellement....

On sent combien ce silence des gens de métier est nuisible: on voit assez qu'il empêche de profiter des connaissances de fait qu'ils ont au moins dû acquérir par leur long usage. Ils disputent volontiers et avec chaleur sur des choses de peu de conséquence; pendant que l'essentiel de la construction reste enseveli sous d'épaisses ténèbres; au lieu que si chacun communiquait ce que lui a appris l'expérience; si on se faisait réciproquement part de ses observations, comme on le fait dans toutes les autres matières, où l'on s'enrichit mutuellement des vues les uns des autres, on ne tarderait pas à éprouver le fruit considérable qui naîtrait de cette heureuse communication.

(Pages xv et xvj de la préface du *Traité du navire, de sa construction, et de ses mouvements*).

Ce point de vue correspondait d'ailleurs exactement à l'ambition de création de l'Académie des sciences en 1666. Malgré le ton parfois pessimiste des appréciations qu'il porte sur l'état de la construction navale, Pierre Bouguer se montre toutefois confiant au vu des *nouveaux chemins* que certains constructeurs sont en passe d'ouvrir. Il fait surtout l'éloge de Blaise Ollivier⁴⁹, habile architecte qui suit la construction de vaisseaux au port de Brest. Dans les faits, Pierre Bouguer et Blaise Ollivier contribueront tous deux à faire progresser durablement la conception et la réalisation en architecture navale. Il s'agit bien, pour l'un comme pour l'autre, de ne plus réaliser de plans sans s'appuyer sur des calculs justificatifs et d'appliquer les lois et les règles de la physique et celles de la géométrie. Selon Bouguer les modifications apportées à l'architecture d'un navire, sans justification, à la hâte ou après bien des hésitations ne sont pas admissibles.

...on ajoute un nouveau pont ou on le retranche, on altère aussi totalement la figure de leur carène, et on consent à faire tous ces changements sans savoir quel en sera l'effet immédiat, ou celui qui doit se manifester dans le port même; pendant qu'on pourrait se déterminer d'une manière aussi précise qu'infailible, en employant les moindres connaissances de géométrie et les plus simples opérations d'arithmétique.

(Page xvij de la préface du *Traité du navire de Bouguer*).

Le maître mot auquel Bouguer demeure fortement attaché, comme l'était Dassié, est le mot *proportion*, qui est un mot clé de l'architecture navale. La question principale est qu'on ne peut pas, pour passer d'un navire d'une taille donnée à un navire d'une autre taille, se contenter d'opérer une similitude. Les proportions sont donc établies pour une

⁴⁹ Ollivier, Blaise, né à Toulon en 1701, décédé à Brest en 1746, grand ingénieur français, constructeur de vaisseaux aux qualités manœuvrières particulièrement brillantes. Affecté à Brest, il y construit également de nombreux ouvrages: batteries, forges, cales de construction de Pontaniou.

classe de navires, elles correspondent à un rang donné. Le second chapitre de son premier livre s'intitule d'ailleurs: *Des principales parties du vaisseau et leurs proportions selon les règles ordinaires*. L'établissement de la nomenclature des éléments constitutifs d'un navire s'effectue en prenant appui sur des figures porteuses de repères. La représentation spatiale, (*illustration 1.8*), donne la forme générale de la structure du squelette du vaisseau. Les autres tracés figurant sur cette première planche sont relatifs aux couples. Les dimensions des pièces telles que la quille, l'étrave, l'étambot, les varangues, les genoux, les allonges sont exprimées en pied et en pouce et correspondent à une longueur de quille d'environ cent cinquante pieds pour un de nos grands vaisseaux; ceux du premier rang. Les consignes établies par Bouguer quant aux proportions à retenir peuvent surprendre par leur caractère approximatif:

Les constructeurs donnent pour l'ordinaire autant de pouces de largeur et de hauteur à la quille que la septième partie de sa longueur contient de pieds: c'est-à-dire, pour exprimer la chose d'une manière plus simple, qu'on fait l'épaisseur la quatre-vingt-quatrième partie de sa longueur. Si la quille a cent quarante pieds de long, on lui donnera vingt pouces de hauteur et autant de largeur.

(Page 12, chapitre II, *Traité du navire, de sa construction, et de ses mouvements*).

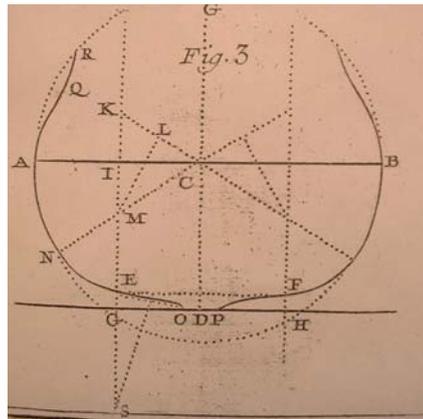
Le couple constitue un élément fondamental dans la construction d'un navire. Il est la traduction de coupes fictives successives effectuées perpendiculairement à la quille, selon des espacements réguliers. Chaque couple est composé de la varangue, des genoux, des allonges et enfin des revers d'allonge. Les lisses qui donneront la forme de la carène du navire prennent appui sur chaque couple et y sont rigidement liées. Les poutres, les baux, qui supportent les ponts sont assemblées aux couples (*illustration 1.8, fig 2*), autrement nommées membrures ou membres. Le bau correspondant à l'endroit le plus large du navire est appelé maître bau. Le maître bau ou la maîtresse couple ou encore la maîtresse varangue limite l'avant du vaisseau de son arrière.

Le tracé des courbures des couples est de première importance et Pierre Bouguer consacre un chapitre à l'exposé de quatre méthodes en usage pour obtenir sur un plan les profils nécessaires aux tracés en vraie grandeur et à l'exécution des gabarits qui guideront le charpentier naval. Nous sommes en présence d'une exploitation immédiate de données graphiques. Le sens du trait des dessins se déduit aisément par simple lecture, mais les informations ainsi fournies par le concepteur ne suffisent pas au constructeur, et il est essentiel que les dimensions à respecter et que les procédés de tracés retenus soient par ailleurs décrits, le graphisme ne fournissant que les formes générales des couples successives. Pour chacune des méthodes, Bouguer donne la marche à suivre pour mener à bien les tracés de couples. Les deux premières

méthodes s'inspirent des résultats connus du Père Fournier ⁵⁰ (fig 4, PlI) et conduisent à tracer des profils de membrures constitués de droites et de cercles, lignes que trace le dessinateur. Pour les cercles, l'essentiel est de donner le centre et le rayon. On le voit sur la figure ci-dessous. A propos de la première méthode de tracé des membrures, Pierre Bouguer écrit:

Le P. Fournier après avoir tiré la droite AB (fig.3) qui représente la longueur du maître bau, décrit un cercle RANB qui a cette ligne pour diamètre, et élève au milieu de cette ligne une perpendiculaire CD égale au creux ou à la profondeur qu'on veut donner au vaisseau...

(Extrait, page 28, *Traité du navire*).

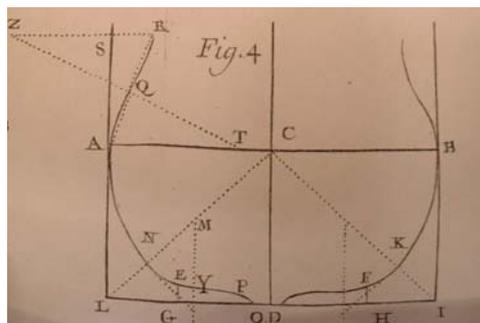


(Extrait PlI, *Traité du navire*).

Quant à la seconde méthode de tracé exposée par Bouguer, elle commence par ces mots:

De notre temps plusieurs constructeurs tracent encore comme le P. Fournier, un cercle ANFB (fig.4) qui a la longueur entière AB du maître bau pour diamètre. Mais après avoir formé un rectangle ABIL, qui a pour largeur la longueur du bau, et pour hauteur le creux...

(Extrait, page 29, *Traité du navire*).

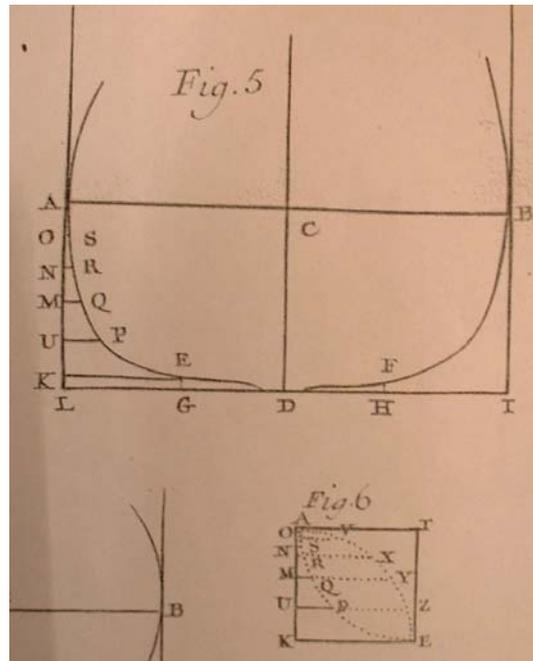


(Extrait, PlI, *Traité du navire*).

Pierre Bouguer emprunte la troisième méthode qu'il décrit à de Pulmi, un homme de Brest. Ce dernier exploite les propriétés géométriques des

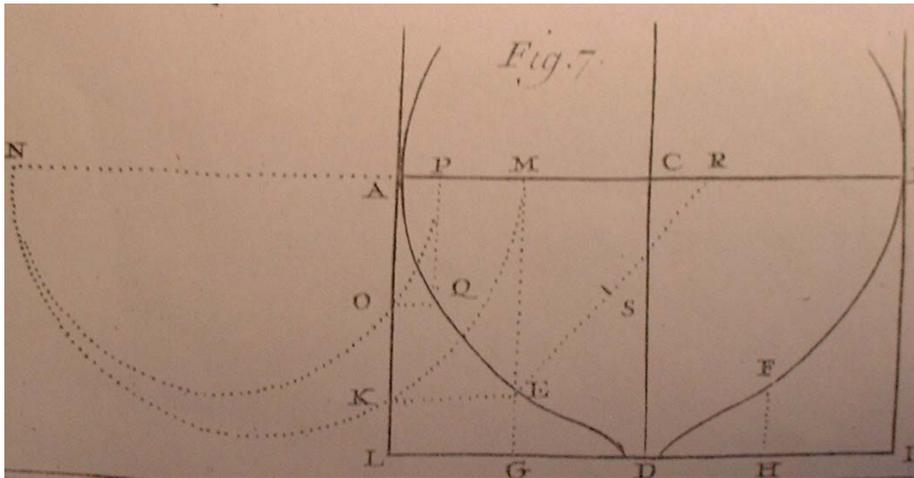
⁵⁰ Fournier, Georges, 1595-1652, père jésuite, professeur de mathématiques à La Flèche de 1629 à 1640, aumônier de la marine royale il s'intéresse à la formation des officiers de marine. Il publie son *Hydrographie contenant la théorie et la pratique de toutes les parties de la navigation* en 1667, cet ouvrage à été refait à Nice vers 1980.

lignes courbes et détermine précisément les points d'inflexion comme E et F (fig5, P11). Les valeurs des segments tels que KE, UP, etc sont construites, on ne se situe donc plus dans le graphisme du dessinateur, à la règle et au compas, mais dans le report de valeurs numériques.



(Extrait, P11, Traité du navire).

La quatrième et dernière méthode retenue et présentée par Pierre Bouguer paraît être destinée aux projets *de vaisseaux auxquels on veut donner beaucoup de façons, et dont on veut rendre la carène très fine*. Les profils de membrures sont ici composés de paraboles dont le tracé est précisé sur cette même planche. (Fig7, P11). Ce tracé de la parabole utilise des cercles successifs de diamètre NP, NH, etc, utilisant la puissance d'un point par rapport à un cercle, donc obtenant la parabole $y^2=2px$. Cette méthode, bien connue en géométrie au 16^{ème} siècle, semble nouvelle en construction navale.



(Extrait, PlI, Traité du navire).

Les quatre tracés rapportés ci-dessus sont regroupés sur une seule planche dans le livre de Bouguer. Les procédures de traçage à retenir y sont dictées jusqu'au moindre détail.

Pierre Bouguer utilise ensuite la vue en projection des couples successives pour mener le tracé des lisses et *faire en sorte que la courbure entière des lisses depuis la première coupe jusqu'à l'étrave appartienne à la même courbe*. Il s'inspire, dit-il, du manuscrit de M. de Pulmi et au huitième chapitre il s'engage dans une énumération des différents tracés à entreprendre (*illustration 1.8*). Il estime alors que *cette manière de projeter tout le vaisseau sur un plan vertical perpendiculaire à la longueur suffit pour en connaître la figure, et pour mettre les constructeurs en état de bâtir*. Les couples successifs sont projetés sur une seule vue, (*fig 10*, page 67). Cette vue de profil livre au constructeur tous les éléments pour tracer en vraie grandeur les gabarits auxquels les charpentiers doivent se conformer pour tailler les pièces de bois qui composeront chaque membrure. Les sections ne sont pas cotées sur le dessin lui-même, mais les coordonnées des points remarquables figurent dans le texte d'accompagnement.

Les figures repérées 1 et 2 sur la planche récapitulative (*illustration 1.8*) sont à rapprocher pour mieux saisir les appuis et liaisons des lisses sur les couples. Les zones de contact sont notées par des lettres majuscules. La représentation, *fig 1*, se présente sous forme d'une sorte de dessin perspectif et donne au lecteur une idée du profil de carène du vaisseau à construire.

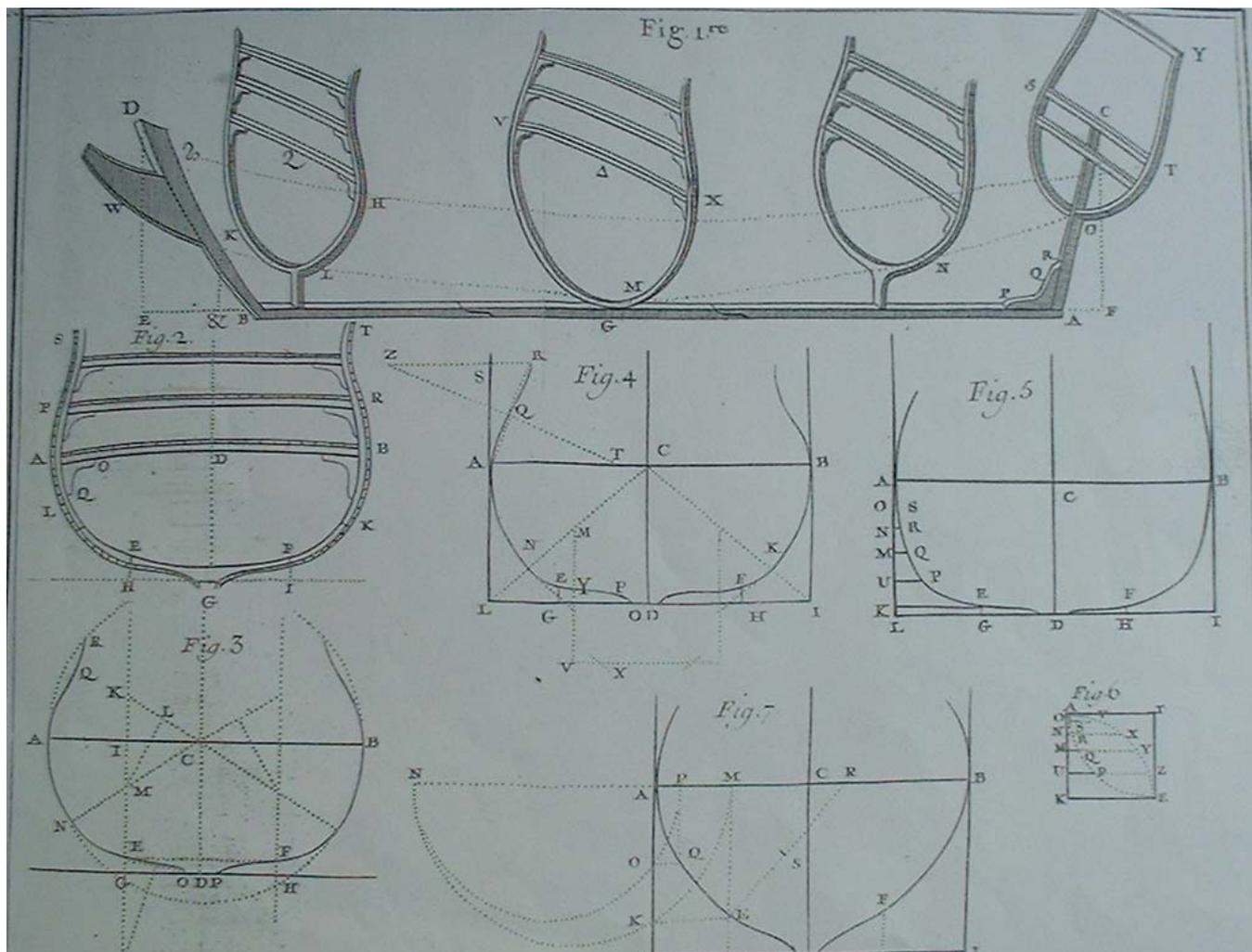


Illustration 1. 8, PlI, récapitulation des quatre méthodes pour tracer des gabarits, *Traité du navire*, Bouguer, 1746, 16 x 21 cm.

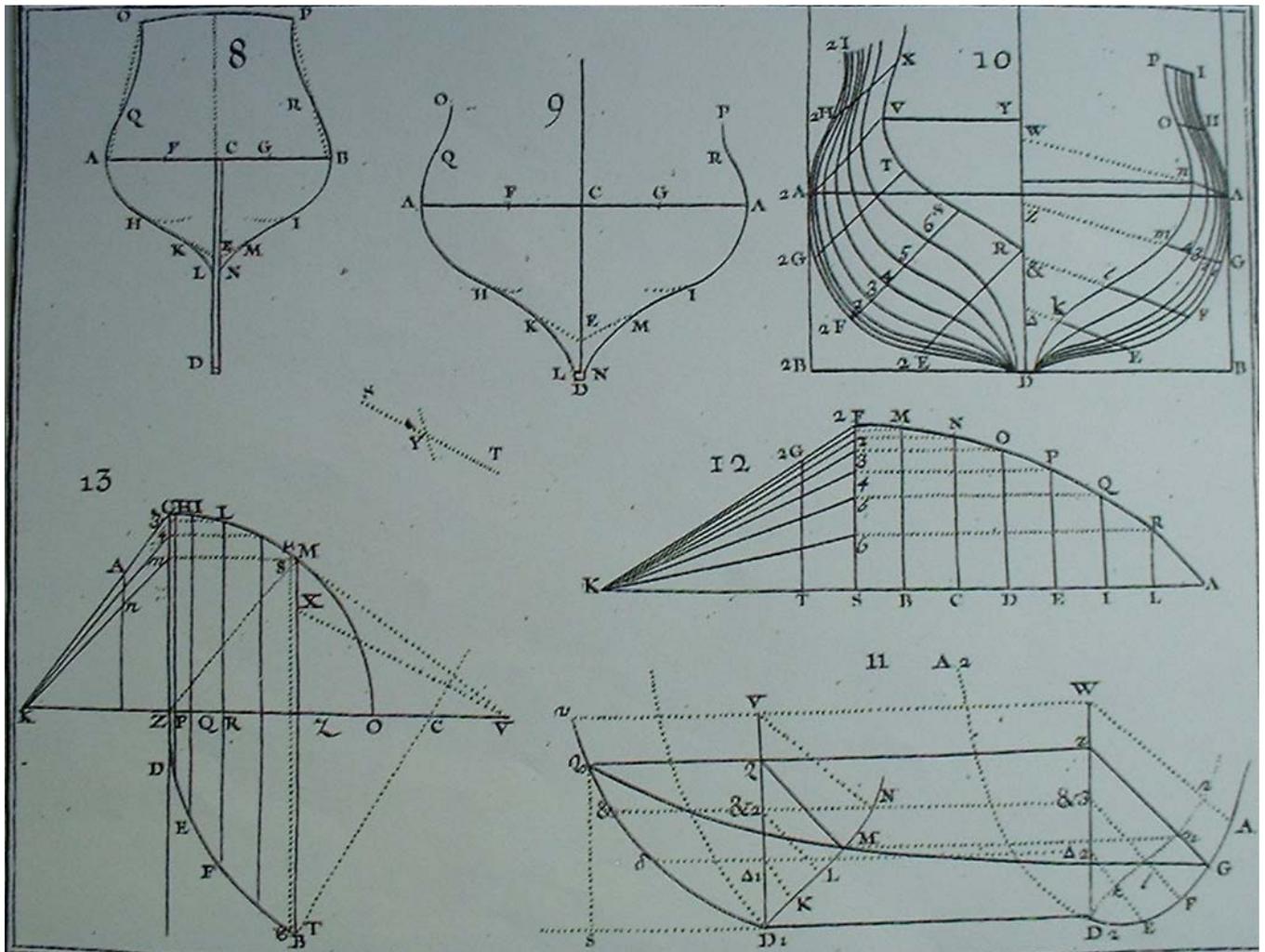


Illustration 1.9, tracé de gabarits et des lisses, *Traité du navire*, Bouguer, Pl 2, 16 x 21 cm.

C'est ainsi que Pierre Bouguer fournit aux hommes de l'art de l'architecture navale les outils de communication utiles pour construire. Les représentations graphiques traduisent essentiellement des tracés de figures et d'éléments de figures géométriques. La projection des couples sur une même figure est réalisée selon un trait qui ne prend pas en compte les épaisseurs, les dimensions et les positions des pièces à assembler et qui composeront le navire projeté. La planche 2 est, en particulier, destinée à expliquer comment *faire en sorte que la courbure entière des lisses depuis la première coupe jusqu'à l'étrave appartiennent à la même ligne courbe*. Pierre Bouguer développe en cinq pages la procédure à retenir pour faire passer une lisse telle GM par trois points G, M, ζ (fig 11) et dit emprunter la méthode *au manuscrit de M. de Pulmi, cet homme de Brest dont on a déjà parlé*. Nous sommes en présence d'un graphisme exécuté dans une perspective de mise en chantier; les données du dessin, renforcées et complétées par l'écrit suffisent au constructeur.

1.3: Henri Louis Duhamel du Monceau, (1700-1781), un acteur de la rationalisation et de la promotion de la construction navale.

Les contributions en matière de construction navale se multiplient en cette première moitié du 18^{ème} siècle. Intéressons-nous, ainsi que nous l'annoncions, à celles d'un agronome, mais aussi membre de l'Académie de marine de Brest: Henri Louis Duhamel du Monceau⁵¹. Son parcours de scientifique ne le prédestinait pas à exercer des fonctions étroitement liées à la mer et pourtant il sera nommé inspecteur de la marine en 1739. Inspecteur général et membre de l'Académie royale des sciences, il crée en 1742 pour les jeunes constructeurs, une école de perfectionnement au Louvre, à Paris. Dans cet établissement, les élèves, sélectionnés dans les ports, reçoivent une formation de trois années les préparant à exercer les fonctions d'ingénieur en construction navale. Cette démarche va dans le sens déjà préconisé par Pierre Bouguer qui milite pour une architecture navale qui s'appuie plus fortement sur les sciences mathématiques. Après quelques vicissitudes, cet établissement de formation sera officiellement créé en 1765. Duhamel du Monceau fait publier en 1752 son livre: *Eléments de l'architecture navale, ou traité pratique de la construction des vaisseaux*, et il insiste sur l'aspect "pratique", en réaction au livre de Bouguer, jugé trop théorique. Ses fonctions au sein de la marine le conduisent inéluctablement à s'intéresser à la construction navale, mais il se présente comme un autodidacte.

La place que j'occupe dans la marine m'ayant obligé de travailler sur la construction des vaisseaux, je me déterminai (pour conserver les connaissances que j'acquerrais, et pour mettre de l'ordre dans mes idées) à faire des cahiers qui ne devaient servir qu'à ma propre instruction.

(introduction de la préface, *Eléments d'architecture navale de Duhamel du Monceau*).

Encouragé par quelques officiers et par des constructeurs il conçoit ce traité qu'il destine aux jeunes gens désireux d'apprendre la construction navale, "et d'éviter de s'abandonner à une pratique aveugle qui est toujours préjudiciable aux progrès des arts". L'organisation de l'ouvrage de Duhamel du Monceau est donc de même type que celle retenue par Dassié et par Bouguer. En un premier temps il présente sa *distinction en rangs* des vaisseaux pour aborder ensuite les dimensions qu'il précise sous forme de discours et sans faire usage d'un graphisme comportant une quelconque cotation. Il insiste sur les proportions à retenir en fonction du rang et de l'ordre des vaisseaux, ainsi, concernant par exemple le gouvernail:

⁵¹ Duhamel du Monceau, Henri Louis, 1700-1781, agronome, membre de l'académie royale des sciences, *Eléments de l'architecture navale ou traité pratique de la construction des vaisseaux*, 1752, Jombert Paris, Centre de recherche du musée de la marine Paris cote: J5670 et SHM de Brest cote:R3176.

Nous avons dit à l'occasion des proportions du gouvernail qu'elles devraient être établies sur la longueur des vaisseaux, et il y a lieu de présumer que quelques constructeurs de Brest ont agi de même, car je vois qu'il y a des vaisseaux dont le gouvernail est un peu plus large qu'il ne devrait l'être si (en suivant l'usage ordinaire) on l'avait proportionné à la largeur.

(*Préface de: Eléments d'architecture navale de Duhamel du Monceau*).

Les directives de Duhamel du Monceau relatives au choix des dimensions vont dans le sens d'une *standardisation* afin de limiter le nombre de types de navires, et ceci dans un souci d'économie et de simplification des accès dans les ports. Concernant la charpente des vaisseaux il dit ne pas souhaiter s'engager dans un approfondissement et qu'il compte d'autant plus *que les planches suppléeront à la brièveté du discours*. Les images qui suivent, (*illustrations I.10; I.11; I.12; I.13*) sont extraites des planches que cite Duhamel du Monceau. La première est la traduction du vaisseau en coupe longitudinale, la seconde est la vue de dessus correspondant à la vue précédente, on en apprécie d'emblée la qualité. Le vaisseau est ainsi projeté dans ses moindres détails. Les deux illustrations suivantes concernent le *maître couple* et une *vue éclatée des pièces de bois* qui composent la membrure. Dans un texte joint aux dessins, Duhamel du Monceau fournit toutes les dimensions utiles au tracé des gabarits et à la réalisation matérielle des membrures.

Nous sommes attentifs quant à recueillir son point de vue sur la place qu'il accorde au dessin: *On ne pourrait exécuter les édifices civils et militaires, si avant de les commencer on n'avait pas fait des plans et des profils qu'on change et qu'on rectifie jusqu'à ce qu'on soit parvenu au point de perfection qu'on désire*. La connaissance de la terminologie en usage en construction navale et celle des procédés d'assemblages des pièces constitutives d'un vaisseau lui apparaissent absolument nécessaires. Il s'agit des éléments de base qui composent une culture commune pour les concepteurs et pour les constructeurs: *Les constructeurs sont plus indispensablement obligés d'être guidés par des plans et des coupes-*. De plus, la formation professionnelle des jeunes gens, futurs constructeurs, doit être établie afin qu'il apprennent à dessiner: *de leur apprendre à faire les différents plans et coupes du vaisseau qu'ils se proposeront d'exécuter*. Ainsi, la technique du dessin fait partie du métier de constructeur, qui va bientôt être appelé ingénieur. Le troisième chapitre de son livre ne compte pas moins de quarante six articles utiles pour déterminer et représenter graphiquement un vaisseau.

Duhamel du Monceau se fait pédagogue et fournit des éléments d'explication susceptibles de conduire le lecteur à *mieux voir dans l'espace*, notamment pour la construction des lisses.

Le plan qui représente le vaisseau vu de côté perpendiculairement à la quille, qui en fait apercevoir toute la longueur, se nomme plan d'élévation. Pour la courbure verticale des membres, on a représenté que leur projection sur un plan que l'on a imaginé élevé verticalement sur la longueur de la quille. On conçoit que la figure et la capacité de la carène dépendent beaucoup de celle qu'on donne au maître couple et il est bon de savoir varier la figure suivant l'espèce de bâtiment qu'on se propose de construire.

(Page xxvij, préface de: *Eléments d'architecture navale de Duhamel du Monceau*).

L'expression graphique joue tout son rôle dès que le constructeur connaît et maîtrise les différentes méthodes de tracé de projection de tous les couples, et en tout premier lieu le tracé du couple de plus grande capacité: *le maître couple*, puis le couple *de coltis* à l'avant et le couple *de l'estain* à l'arrière. Concernant les procédés de tracé des couples, Duhamel du Monceau dirige le lecteur vers le traité conçu par Pierre Bouguer quelques années plus tôt, tout en mentionnant la difficulté de l'ouvrage de Bouguer, par l'utilisation des mathématiques:

Je renvoie entièrement au traité du navire, ce que j'ai dit étant suffisant pour faire comprendre combien l'ouvrage de Bouguer est utile aux constructeurs qui seront capables de l'entendre. Les planches 6 et 7 qu'on a eu soin de faire assez grandes pour qu'on pût suivre le discours compas à la main.

(*Préface de:Eléments de l'architecture navale de Duhamel du Monceau*).

Les deux illustrations qui suivent appartiennent à la même planche N°6 du livre de Duhamel du Monceau. Pour des raisons liées à nos capacités limitées en matière de reprographie, nous présentons des vues partielles. Malgré cet inconvénient, nous soulignerons la netteté du trait et la qualité du dessinateur. L'auteur a le souci de la définition la plus complète qui soit, les pièces de bois qui forment la quille sont dessinées avec précision, jusque dans le détail des formes des surfaces d'assemblage. Les lisses, les bordés, l'étrave, l'ancrage de la mâture, les ponts, les sabords, les anneaux d'arrimage des canons, etc, sont finement dessinés.

Duhamel du Monceau espère trouver plus de rigueur sur les chantiers de construction navale dans la mesure où les concepteurs s'attacheront à proposer aux charpentiers des plans précis qui puissent les éclairer et les guider dans la fabrication.

Après avoir exposé dans le premier chapitre les considérations qui peuvent guider pour fixer les principales dimensions du corps d'un vaisseau la longueur, la largeur et le creux aussi bien que les proportions des différentes parties qui le composent, comme la longueur d'étrave, de l'étambot, de la lisse d'hourdi, l'élévation des ponts, la rentrées des œuvres-mortes, etc. Nous avons crû qu'il convenait de traiter dans un

chapitre particulier de l'usage, des dimensions et de l'échantillon des pièces de charpente qu'on employe pour la construction des vaisseaux.

(Extrait, page 26, *Eléments de l'architecture navale*).

La correspondance des vues est parfaite. La symétrie est utilisée en vue de dessus afin de dessiner les éléments du pont supérieur d'une part et la *charpente* qui le reçoit, d'autre part.

Les illustrations 12 et 13 composent une seule planche (Pl. 7). Elles fournissent les dessins de détail de chaque élément qui entrent dans la réalisation de l'étrave et dans celle de la membrure principale ou maître-bau.

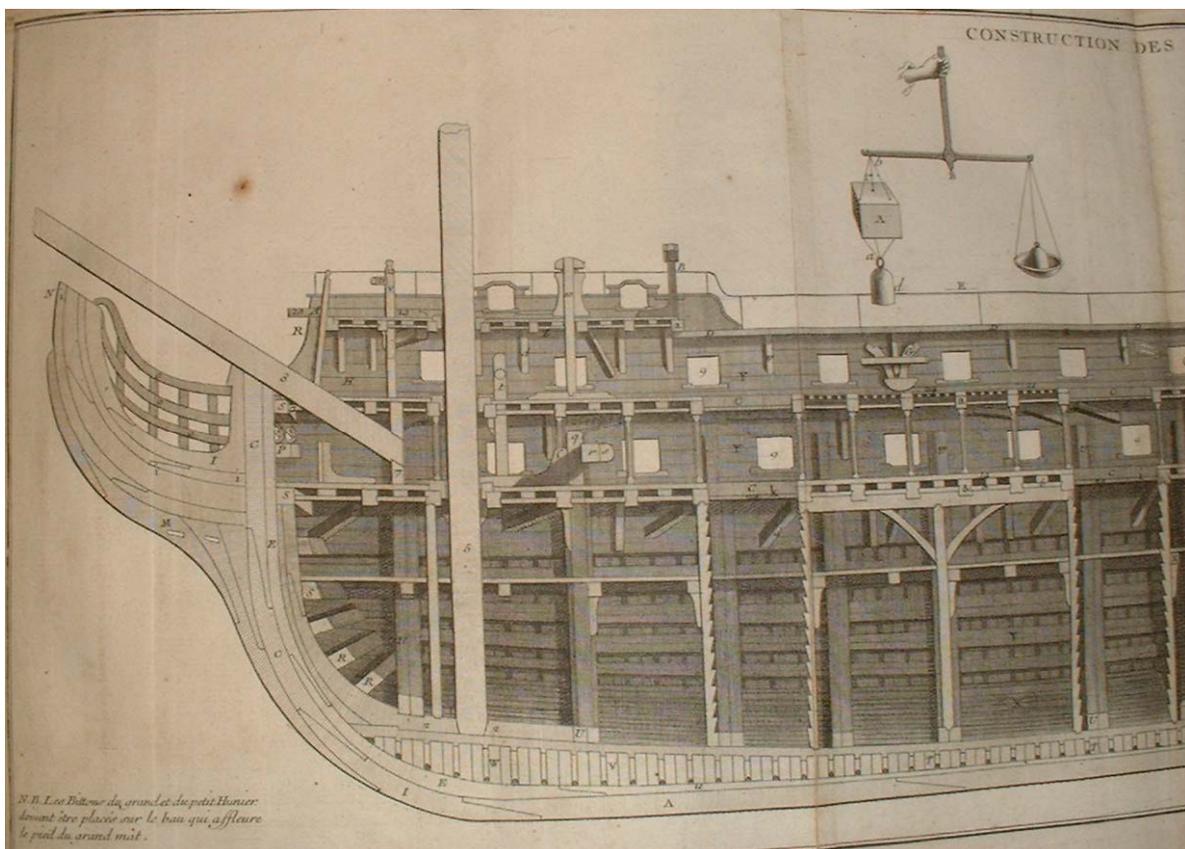


Illustration 1.10, vue partielle, chap 1, PlI, page 88, Eléments de l'architecture navale, Duhamel du Monceau, 22 x 63 cm.

Par ailleurs, chacun aura observé le dessin symbolique du levier, donc de la précision souhaitée. L'illustration 1.12 est le dessin de détail des différents éléments qui composent un couple. Chacune des pièces est repérée et porte un nom.

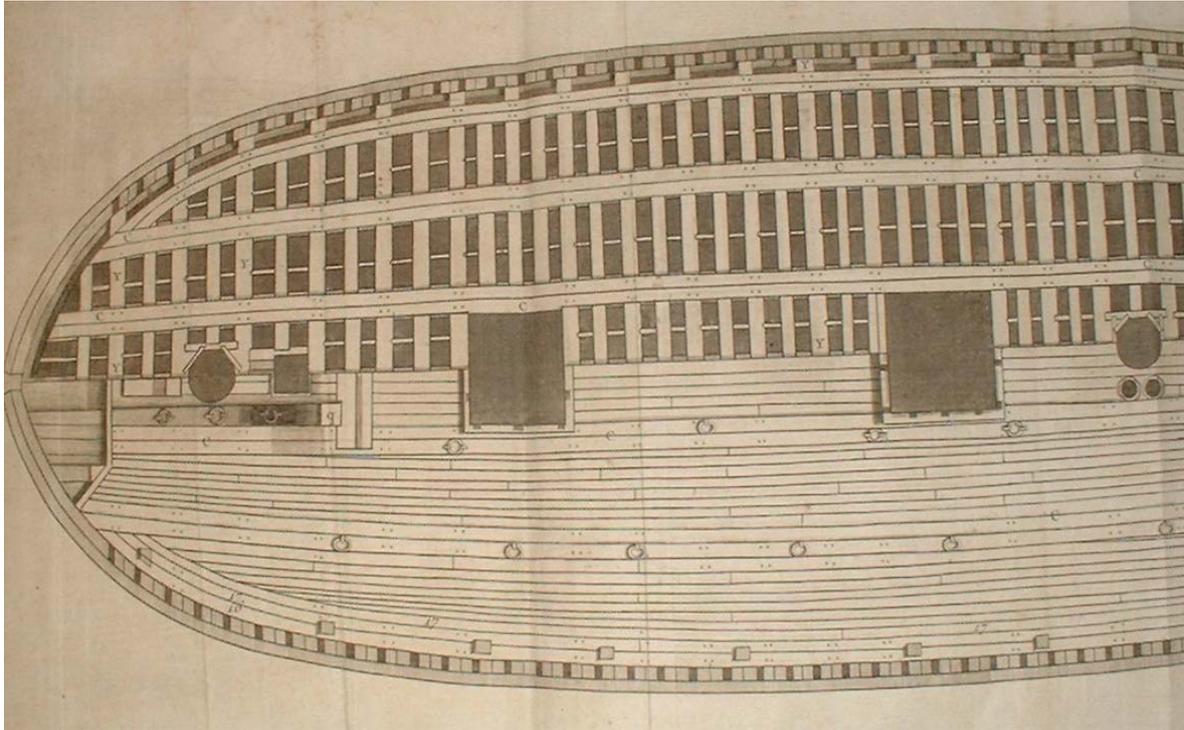


Illustration I.11, vue partielle, chap 1, Pl2, page 88, *Eléments d'architecture navale*, Duhamel du Monceau, 18 x 54 cm.

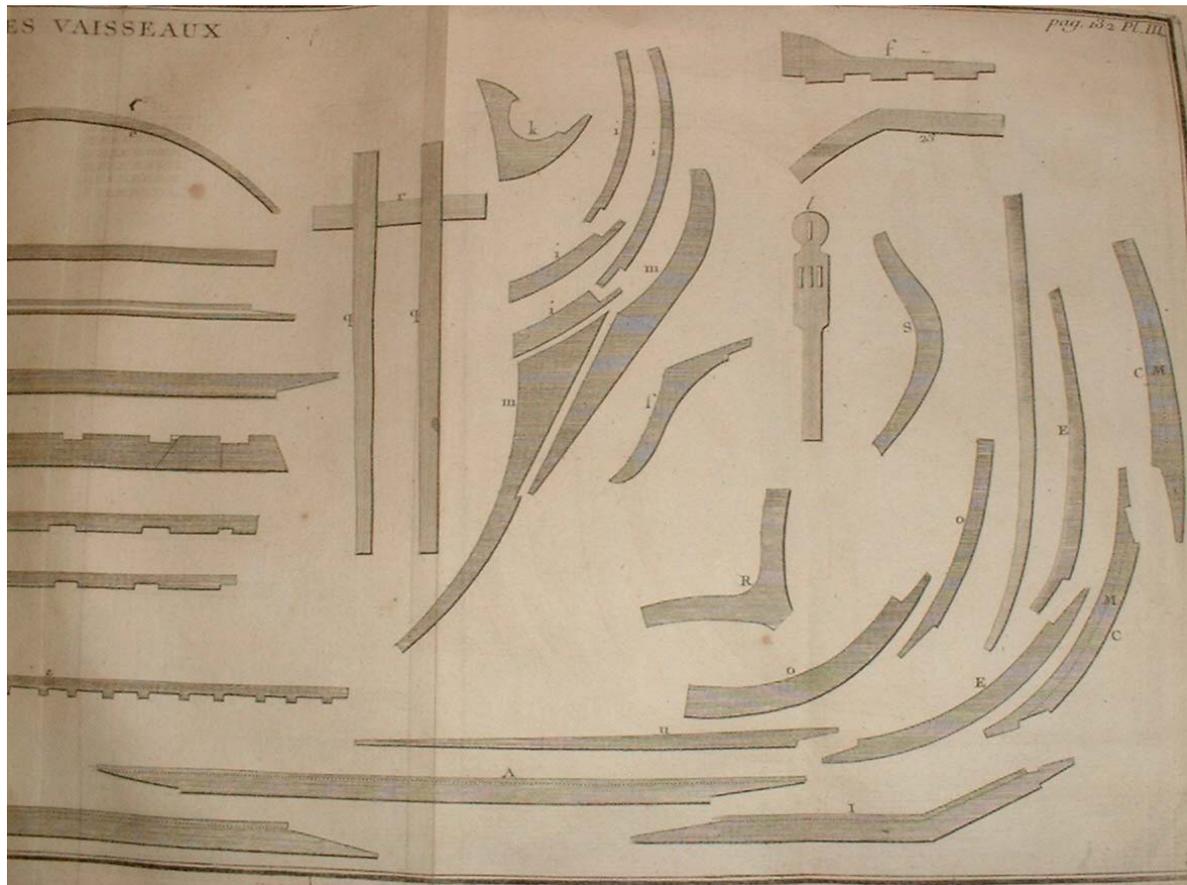


Illustration I.12, vue partielle, Pl 3, page 132, *Eléments d'architecture navale*, Duhamel du Monceau, 21 x 59 cm.

Chaque élément est ainsi repéré et une note jointe fournit les caractéristiques dimensionnelles. Les représentations éclatées aident le constructeur pour la composition matérielle de cette sorte de puzzle.

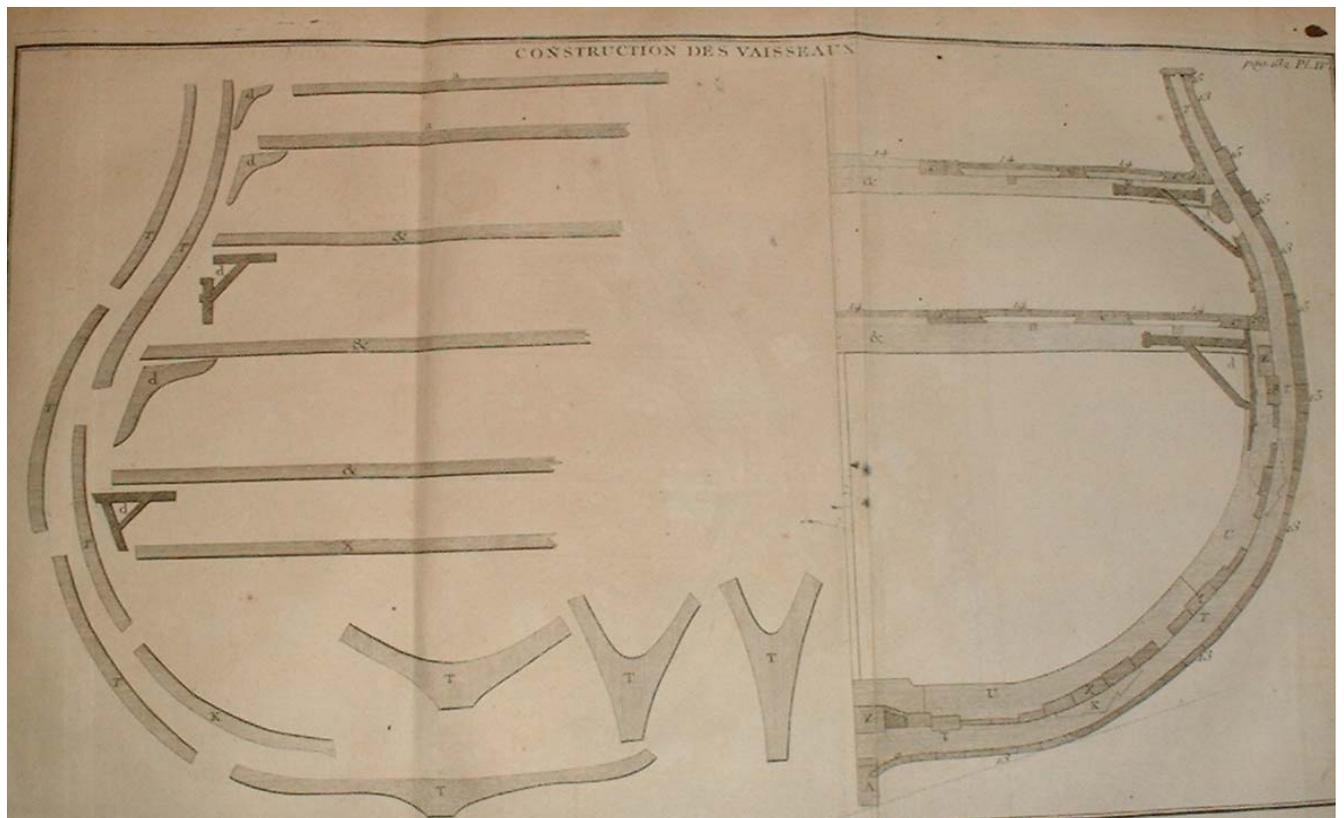


Illustration I.13, Pl 4, page133, *Eléments d'architecture navale*, Duhamel du Monceau, 21 x 36 cm.

Les dessins sont bien réalisés à des fins de construction des vaisseaux. Le profil des couples et l'harmonie générale, ce *respect des proportions du navire* demeurent des données fondamentales et constituent la traduction, par le trait, des exigences du concepteur. Le graphisme est l'outil de communication que privilégient avec force, Bouguer et Duhamel du Monceau, tout particulièrement. Cependant, ce point de vue ne semble pas être toujours partagé par l'enseigne de vaisseaux, Duranti de Lironcourt, si nous nous référons à ses écrits sur les questions relatives à la construction navale.

Ainsi, dans son ouvrage: *Instruction élémentaire et raisonnée sur la construction-pratique des vaisseaux, en forme de dictionnaire*, de Duranti de Lironcourt estime que les meilleures figures sont les vaisseaux eux-même et il est bon, selon lui, que *Mrs les gardes aillent, le livre à la main, dans les chantiers de construction*. Le livre de

Duranti de Lironcourt ⁵² ne comporte pas de figures. Il estime que les gardes de la marine disposent dans leurs écoles de suffisamment de *petits modèles* qui se montent et se démontent facilement. Ce point de vue n'était pas celui de Bouguer qui dénonce les limites d'une transmission de connaissances et de savoir faire par le biais de l'observation du vaisseau réalisé à une échelle réduite:

Car il est impossible de faire réussir un petit navire de quelques pieds de longueur, destiné à servir de modèle.

(Page xix, préface du *Traité du navire de Bouguer*).

C'est le point essentiel des proportions: le passage aux dimensions réelles d'un navire ne peut s'effectuer par l'application d'une simple règle de trois. Ainsi, la stabilité d'un navire, Bouguer l'a établi, change même si l'on respecte les proportions. Dans son dictionnaire, de Duranti de Lironcourt passe en revue l'ensemble des pièces qui composent un vaisseau. Il y précise les nom, fonction, dimensions, modes d'assemblage de ces différents éléments du navire. Il s'agit de descriptions ne s'appuyant pas sur un quelconque graphisme et en avant-propos, Duranti de Lironcourt renvoie d'ailleurs le lecteur vers les auteurs *connus dans la marine et ayant composé sur la théorie*. S'il s'est attaché aux *faits de pratique de l'architecture navale*, il demeure convaincu de cette indispensable liaison de la théorie et de la pratique et il conseille vivement aux constructeurs de prendre appui sur le *traité* de Duhamel du Monceau et surtout de s'approprier les méthodes de tracé sur le chantier.

La construction -pratique est intimement liée et soumise à la théorie. L'étude attentive du traité de M Duhamel sur l'architecture navale, ouvrage qui contient des réflexions très étendues et très justes; la lecture d'autres ouvrages qui traitent en général des vaisseaux, et surtout une fréquentation assidue des chantiers, m'ont guidé et éclairé dans mon travail.

(Page viij de l'avant-propos de: *Instruction élémentaire de Duranti de Lironcourt*).

Les contradictions qui pourraient apparaître dans les propos de ces différents experts de l'architecture navale sont susceptibles d'être levées si nous prenons en compte le point de vue essentiel formulé par Duranti de Lironcourt et concernant cet incontournable et permanente liaison de la théorie et de la pratique. Cette détermination est à souligner depuis les contributions de Bouguer.

⁵²Duranti de Lironcourt de, François-Camille, 1733-1802, enseigne des vaisseaux, Evêque de Bethléem, *Instruction élémentaire et raisonnée sur la construction -pratique des vaisseaux, en forme de dictionnaire*, Musier, Paris, 1771, Service historique de la marine à Brest, cote: R3008.

1.4: Honoré Sébastien Vial du Clairbois, (1733-1816), un ingénieur constructeur, acteur dans le développement de l'arsenal du port de Brest.

Un ingénieur constructeur de talent, Vial du Clairbois⁵³, marquera aussi de son empreinte la construction navale française et aura une influence très forte sur l'évolution de cette activité au port de Brest. Vial du Clairbois est fortement animé de cette volonté de promouvoir l'accès à la connaissance par le livre et en 1776 il fait paraître un *Essai de géométrie pratique de l'architecture navale*. Cinq années plus tard il traduit l'ouvrage du célèbre ingénieur suédois Frederick Henry Chapman, *Architectura navalis mercatoria*⁵⁴, livre imprimé à Stockholm en 1768 et qui est composé essentiellement de planches- ce même ouvrage sera également traduit par Lemonnier en 1779-. Enfin un dictionnaire encyclopédique de marine sera mis à l'actif de Vial du Clairbois en 1793.

Intéressons nous au traité élémentaire de construction des vaisseaux paru en 1787. Le dessin y occupe une place de tout premier ordre, avec ce souci d'instaurer un langage commun entre les constructeurs eux même, puis entre les concepteurs et les constructeurs et enfin entre les marins. L'auteur y intervient en pédagogue et s'il souhaite l'offrir à l'Académie des sciences, il le destine surtout aux élèves de la marine, à ces futurs *ingénieurs de vaisseaux*, nouveau nom donné aux constructeurs. Dès l'avant propos il souligne la nécessité d'acquérir des connaissances, à la fois *sur les choses de théorie* et *sur la pratique des chantiers*. Il réserve une place significative à la définition du vocabulaire en usage en construction navale et accorde au dessin une réelle mission *dans plusieurs états différents relativement au progrès de l'ouvrage*.

Pour faire la description des objets des arts, et surtout de ceux qui ont rapport aux différentes constructions, on s'aide ordinairement de divers dessins, qu'on appelle *plans*, parce que les objets en sont représentés sur un plan. Si on suppose les objets de face, les dessins qui les représentent sous cet aspect, sont des plans verticaux ou d'élévation. Les objets en face peuvent se présenter au spectateur par différentes de leurs parties; si c'est leur longueur qu'on considère, la représentation en est appelée *plan longitudinal*; si c'est leur largeur, *plan latitudinal*. Si l'on suppose le spectateur perpendiculairement au-dessus

⁵³ Vial du Clairbois, Honoré-Sébastien, né à Paris en 1733 et mort à Brest en 1816, Directeur de l'école des ingénieurs de vaisseaux et chef du génie maritime à Brest, ingénieur constructeur en chef en 1793.

Traité élémentaire de construction des vaisseaux à usage des élèves de la marine, 1787, Clousier Paris, centre de recherche du Musée de la marine à Paris, cote:J1160 et BM de Rennes cote:17318.

⁵⁴Chapman Frederick-Henry, vice amiral suédois, *Architectura navalis mercatoria*, 1768, Service historique de la marine à Brest, cote:R3391. Chapman a publié en 1775 un *Traité de construction des vaisseaux*, service historique de la marine à Brest cote:R3308.

de son objet, les dessins qui en sont faits, sont dits à *vue d'oiseau*, et imaginés dans des plans horizontaux.

(Page 8, première section du: *Traité élémentaire de Vial du Clairbois*).

La première section du traité de Vial du Clairbois prend la forme d'un cours de dessin relatif aux vues projetées et à la perspective. C'est une première en architecture navale. Il est question des *plans du dedans des édifices*, en d'autres termes il s'agit des coupes qui permettent de projeter les formes internes d'un objet. Cette technique de représentation graphique, " résultat d'une opération fictive de l'esprit " entre dans le cadre des coupes et des sections dont il est toujours fait usage dans les différents domaines de production. Vial du Clairbois use d'un langage simple et imagé pour aider le lecteur au décodage des dessins comportant des vues en coupe.

On fait aussi des coupes ou des sections pour représenter la figure selon ces sections. La coupe, par exemple, d'une poire selon sa queue, représente une espèce de cœur; et perpendiculairement à cette queue, à peu près un cercle: on imagine dans le vaisseau, pour plusieurs objets de sa construction, des sections analogues.

(Page 9, première section du: *Traité élémentaire de Vial du Clairbois*).

La planche 1 du traité de Vial du Clairbois, (*illustration 1.14*), associe une vue en perspective du squelette du navire et des projections partielles relatives aux différents assemblages. Les dessins sont réalisés sous la direction de Bénard qui est également le dessinateur des planches de l'encyclopédie (marine) et de l'encyclopédie méthodique. Il semble que la dite perspective soit le résultat d'une espèce de compromis entre le dessin aux instruments et le dessin à main levée. Au sujet de cette perspective particulièrement agréable à l'œil, Vial du Clairbois écrira: *La figure 1 représente, en perspective infinie, vu par la hanche, un bâtiment auquel il ne manque que les remplissages pour être monté en bois tors*). Ce dessin est suggestif, mais il n'est pas coté. Concernant les méthodes de tracé d'une perspective, Vial du Clairbois s'exprime aussi en langage imagé, sans donner pour outil une quelconque méthode à suivre pour l'exécuter. Cela signifierait qu'il préfère la représentation en plan.

Lorsqu'on veut représenter les objets en perspective, on les suppose à une certaine distance et à une certaine position à l'égard de l'œil; mais comme dans les arts, en les représentant, on a souvent besoin de conserver les dimensions relatives de toutes leurs parties, on ne fait ordinairement que les projeter sur des plans: pour cela on suppose l'œil du spectateur dans un éloignement infini; au moyen de quoi, l'effet de la perspective, de diminuer de dimension les objets éloignés, relativement à ceux qui sont sur le devant de la scène, n'ont plus lieu.

(page 8, première partie du: *Traité élémentaire de Vial du Clairbois*).

Les projections composent un *mode* opératoire pour le constructeur. Nous retrouvons le dessin d'un couple dont la représentation se superpose à celle retenue par Duhamel du Monceau. Le nombre de pièces de bois à assembler est impressionnant et chacun peut imaginer le vocabulaire que les concepteurs et les constructeurs doivent posséder en commun, chaque pièce portant un nom.

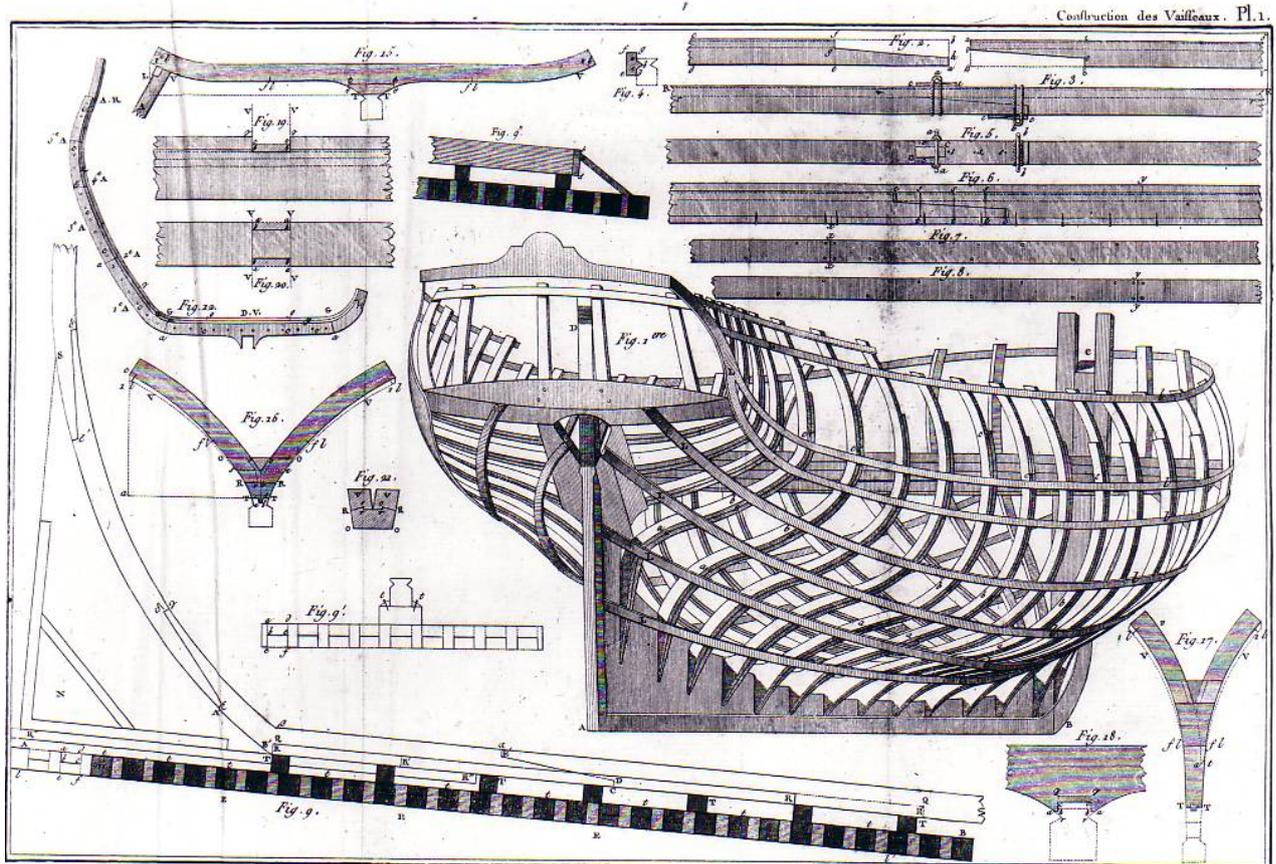


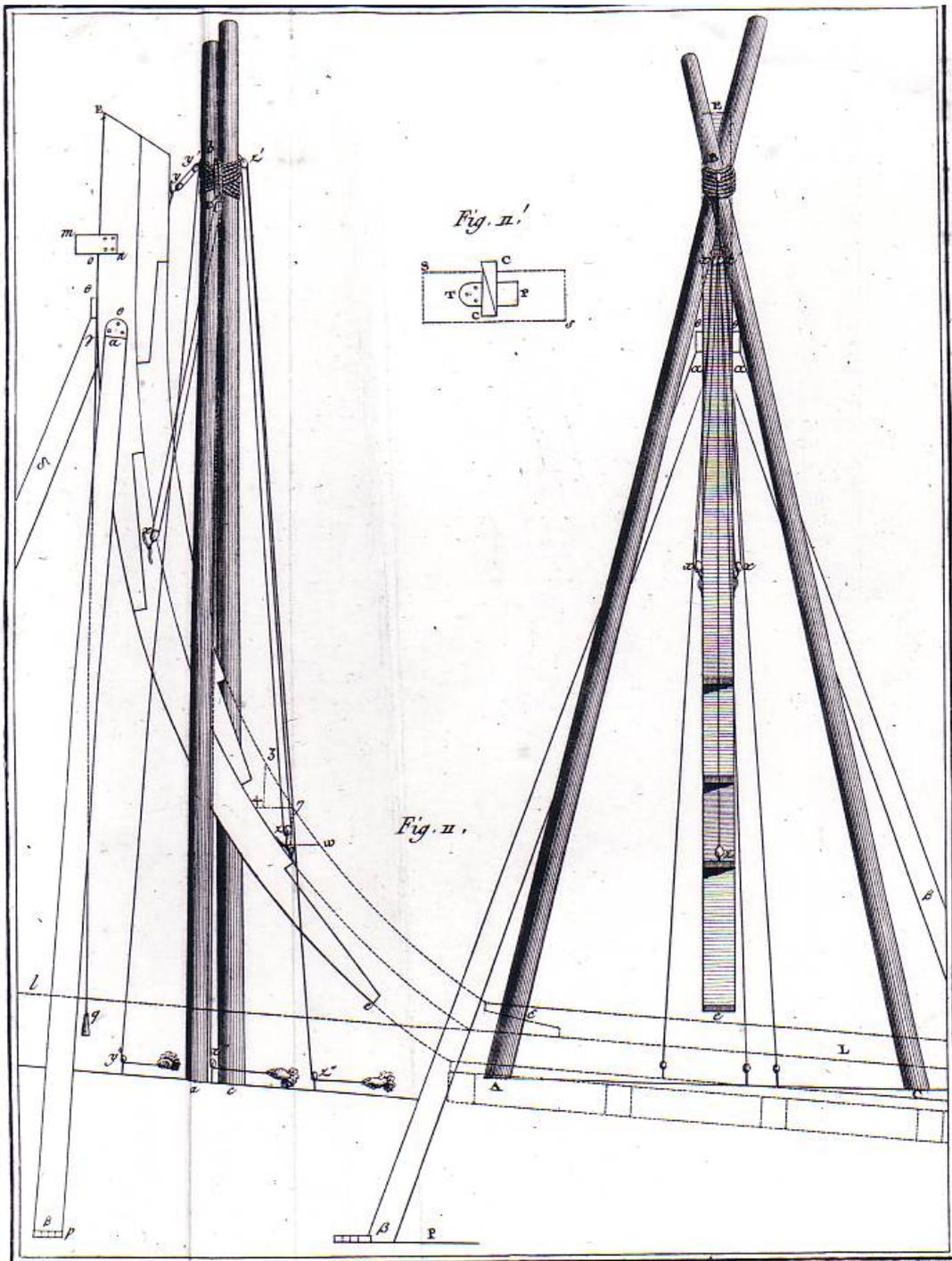
Illustration 1.14, *Traité élémentaire de la construction des vaisseaux*, Pl 1, Vial du Clairbois, 22,5 x 33,5 cm.

Le dimensionnement des éléments ne figure pas sur les dessins du traité de Vial du Clairbois mais dans le corps du texte. Il écrira qu'il faut prendre sur telle pièce une *quantité de 6 pieds*, que la quille *en tel endroit fournira au-delà de 17 pouces*, on ne leur donne pas *en cet endroit tout à fait 13 pouces*... Nous observons que la précision en matière de cotation n'est pas de mise et il semble que l'essentiel réside en ce respect des proportions afin de construire un navire fonctionnel et harmonieux, les cotes d'encombrement des éléments constitutifs du vaisseau étant systématiquement imposées.

Ce traité expose les procédés de réalisation des différentes pièces et les moyens techniques pour les assembler. Cette présentation d'une technologie théorique illustrée par de nombreux dessins va de pair,

selon Vial du Clairbois, avec l'indispensable observation des espaces où l'on réalise. Les techniques de mise en œuvre sur le chantier sont explicitées par des dessins. La planche 3, (*Illustration I.15*), correspond à l'étalement de l'étrave mise en position et assemblée à la quille. Deux vues, une vue de face et une vue de gauche, permettent de situer les étais et leur assemblage par rapport aux pièces maîtresses que constituent la quille et l'étrave. Nous sommes face à une technologie très descriptive susceptible de réduire les initiatives sur le chantier, mais pouvant conduire à une certaine standardisation des installations de chantier. Nous avons, ci-après, deux planches gravées et dessinées par Bénard qui montrent toute l'attention apportée à ces installations. Ces dessins constituent des éléments d'une sorte de cahier des charges portant des prescriptions à respecter par le charpentier de marine pour réaliser rationnellement une installation de chantier.

Le rôle joué par le graphisme se situe aux différents stades de la construction du vaisseau. Sur le chantier, il y est sans cesse fait référence aux plans. Le graphisme est outil au stade de la définition du projet de construction, il est la base même du *gabariage* et il dicte les procédures de mise en chantier. Concernant le positionnement et le maintien d'une pièce constitutive du vaisseau, nous nous reportons à la fig 2 de *l'illustration I.15*. La pièce de bois P est mise en place, par rapport à la pièce fixe T, à l'aide de deux cales montées en opposition, cales que l'on frappe dès que le réglage est obtenu. Ce seul dessin partiel montre combien il est porteur d'un message. Le dessin est bien devenu un incontournable pour les indispensables échanges, en construction navale, entre les concepteurs et les constructeurs. Les outils graphiques ici utilisés peuvent avoir *effet de discours*.



*Illustration 1.15, Traité élémentaire de la construction des vaisseaux,
Vial duClairbois, Pl 3, 23 x 17cm.*

Les montages traduits sur plans, dans le détail technique, constituent de précieux guides ayant valeur de modes opératoires décrits et commentés. En matière de préparation de tâches d'exécution sur le chantier, les marins-constructeurs se présentent en précurseurs, au même titre que les architectes et les constructeurs d'ouvrages d'art et de prestigieux édifices, de toute nature.

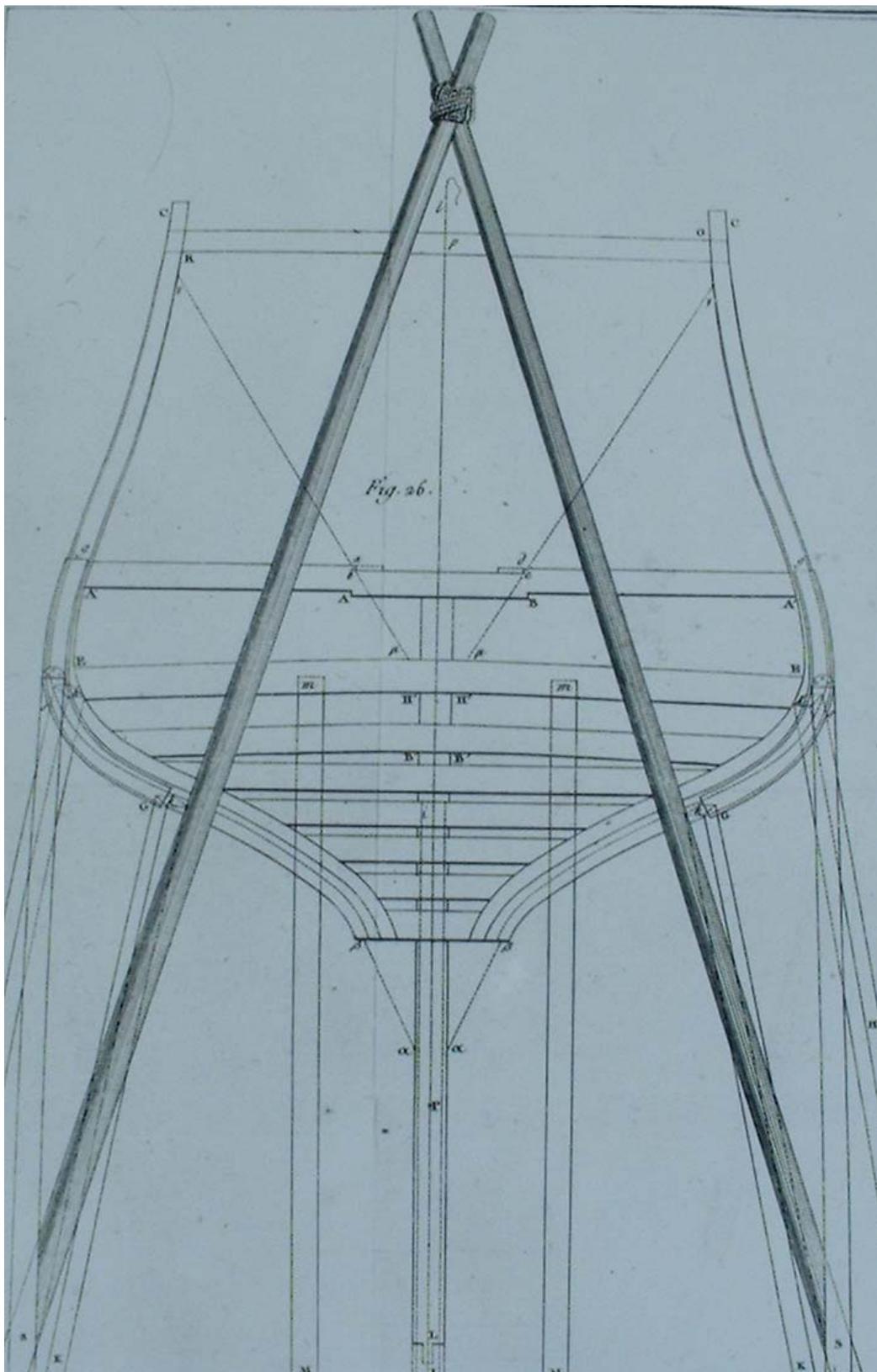


Illustration 1.16, *Traité élémentaire de construction des vaisseaux*, Pl8, Vial du Clairbois, 26 x 18 cm.

La planche 18 rapportée ci-dessus, (*illustration 1.16*), montre la manière dont l'étambot se met en position, dans l'espace et par rapport à la quille. Le plan horizontal de référence créé à même le sol du chantier porte deux perches ligaturées constituant un fil à plomb. La barre d'arcasse, AA, et les barres d'écusson telles BB, composent la charpente arrière et croisent l'étambot appliqué sur le dernier couple. L'entaille sur l'arcasse reçoit le timon ou barre de gouvernail. Les pièces Mm sont retenues afin de rigidifier les barres d'écusson, avant la pose de l'étambot. Les perches repérées K viennent en appui et maintiennent les lisses par arc-boutement.

Vial du Clairbois dit avoir exploité certains dessins qu'il a su se procurer auprès de constructeurs, ces dessins étant exécutés à partir du vaisseau construit:

Plusieurs excellents dessins m'ont été fournis par M.de Gay, sous-ingénieur-constructeur, qui les a fait d'après nature dans les constructions qu'il a suivies, il présentent quantité de détails que l'on chercherait vainement ailleurs ; et qui au surplus ont le mérite d'être conformes à la chose : il n'y a pas une cheville qui n'y ait été placée en même temps et de la même façon que dans le vaisseau.

(*Extrait, avant-propos, page 4, Traité élémentaire de construction des vaisseaux, Vial du Clairbois*).

Nous observons en consultant différents ouvrages traitant de l'architecture navale et parus au cours de la première moitié du 20^{ème} siècle, que la représentation des vaisseaux *d'après nature* demeure exceptionnelle même si Pierre Bouguer en fait grand usage dans son mémoire présenté à l'Académie royale des sciences en septembre 1727 et relatif à la mâture des vaisseaux. Le vaisseau *se construit d'abord sur papier* et ceux sont les analyses successives des dessins qui orienteront les décisions politiques certes, mais également financières. Les dessins constituent des pièces précieuses pour l'élaboration des devis.

1.5: Le dessin de définition du vaisseau pour l'étude de son coût (devis estimatif).

Cet outil de communication va aussi permettre aux hommes politiques et aux financiers de juger sur plans de l'opportunité et de la pertinence des projets de construction de navires et de faire des choix lorsque plusieurs études se trouvent en concurrence. Cette démarche est celle retenue lors qu'il s'est agi du projet de construction du vaisseau *Le Bretagne*⁵⁵. Ce vaisseau fut offert au Roi par les Etats de Bretagne. Deux plans se trouvèrent en concurrence, celui de Groignard⁵⁶, ancien élève de Duhamel du Monceau à Paris, constructeur pour le Roi au port de Lorient et celui de Geoffroy l'aîné, constructeur pour le Roi à Brest. Le *conseil de construction* établi à Versailles et présidé par le Duc de Choiseul avait pour mission d'étudier les deux projets, tant du point de vue fonctionnel que du point de vue financier, le Roi ayant transmis ses principales exigences, à savoir un coût n'excédant pas un million pour 180 pieds de longueur, 50 pieds de large et 24 de creux et disposant de 100 canons. Les plans et les devis les accompagnant furent examinés à Versailles, par la dite commission, le 19 novembre 1763. Même si un abondant courrier effectivement échangé entre les constructeurs et les responsables désignés par le Roi, nous pouvons supposer que le dessin constituait un lien majeur entre les deux constructeurs en compétition et l'ordonnateur en la personne du Roi.

Le plan de l'avant projet du vaisseau *le Bretagne* proposé par Groignard fût approuvé, sous réserve de modifications. Une lettre du duc de Choiseul précise les modifications attendues par le Roi, en voici quelques extraits:

Quant aux dimensions des bois et des fers, on estime que le gabariage des membres doit être de 13 pouces $\frac{1}{2}$ à la première batterie, 10 pouces à la seconde et 8 pouces au bout de l'allonge....

Que l'intervalle entre eux ne doit être loin au plus que de 4 pouces $\frac{1}{2}$...

Que les clous doivent entrer les $\frac{3}{5}$ dans les membres partout vu le rapport des bordages aux membres ou aux baux pourra le permettre...

Qu'à chaque membre depuis la quille jusqu'à la flottaison il est nécessaire d'y mettre 2 clous et 2 gournables pour tenir les bordages...

Liberté est donnée de varier la longueur de 2 pieds et le creux de 6 pouces.

La construction, initialement envisagée à Lorient, sera réalisée à Brest. Un courrier adressé à Groignard le 26 avril 1765 par le Duc de Choiseul vaudra *bon pour une mise en chantier* au port de Brest et le vaisseau *Le Bretagne* sera mis à l'eau le 24 mai 1766.

⁵⁵ La construction du vaisseau le Bretagne, 1763/1766, Archives départementales d'Ille et Vilaine, cote : 4711

⁵⁶ Groignard, Antoine, né à Sollies-Pont en 1727, mort à Paris en 1799, Sous-constructeur à Brest en 1747, ingénieur-constructeur en 1754 puis ingénieur-constructeur en chef à Lorient en 1765.

En architecture navale, les ingénieurs-constructeurs ont compris, très tôt, l'importance à accorder aux outils graphiques. Dès qu'il est question d'engagement dans la réalisation d'un navire.

L'*Encyclopédie méthodique. Marine*⁵⁷, éditée en 1783, consacre environ cinquante pages à sa rubrique: *construction des vaisseaux*, et le tome 5 édité en 1787, recueil de planches de cette encyclopédie, vient accompagner les textes. Les techniques de *tracé à la salle* des pièces constitutives d'un vaisseau y sont dictées en prenant appui sur les plans du vaisseau et surtout sur les plans des couples. L'analyse des éléments du devis n'est pas écartée puisque les dimensions y sont portées. Ce devis détaille donc les cotes de chaque pièce alors que les plans en précisent les formes et orientent les constructions géométriques et les tracés à effectuer. Les outils graphiques mis en œuvre par les constructeurs au niveau de l'avant-projet suffisent pour entreprendre le tracé en vraie grandeur des pièces et procéder à leur fabrication, à leur façonnage.

Le tracé à la salle est la délinéation des plans de vaisseaux, de grandeur naturelle, sur le plancher d'une grande salle construite dans les arsenaux de marine, et disposée pour cet effet. Ce plancher en est fort uni, on y trouve des règles de toutes grandeurs, des équerres, des lattes, etc. Pour tracer un vaisseau il faut en avoir le devis et les plans.

(Extrait, page 774, *Encyclopédie méthodique. Marine*).

L'extrait rapporté ci-dessus comporte le mot *délinéation*, signifiant une action ou une manière de *délinéer*, c'est-à-dire de tracer au trait le contour d'un objet. Nous rapprocherons du verbe délinéer, (*latin, delineare; préfixe, de et linea, ligne*), le mot *delineavit*, mot latin signifiant, *dessiné par*. Les dessinateurs font suivre leur nom de ce mot qu'ils abrègent en, *del* ou encore en *delt*.

⁵⁷ Vial du Clairbois, la Coudraie, Savérien, Bourdé de Villehuet, Bellin, L'Escalier, Aubin et Blondeau, *Encyclopédie méthodique. Marine*, 1783-1787, Panckouke Paris, 3 volumes dont un de planches, Bibliothèque municipale de Rennes, cote: 14397.

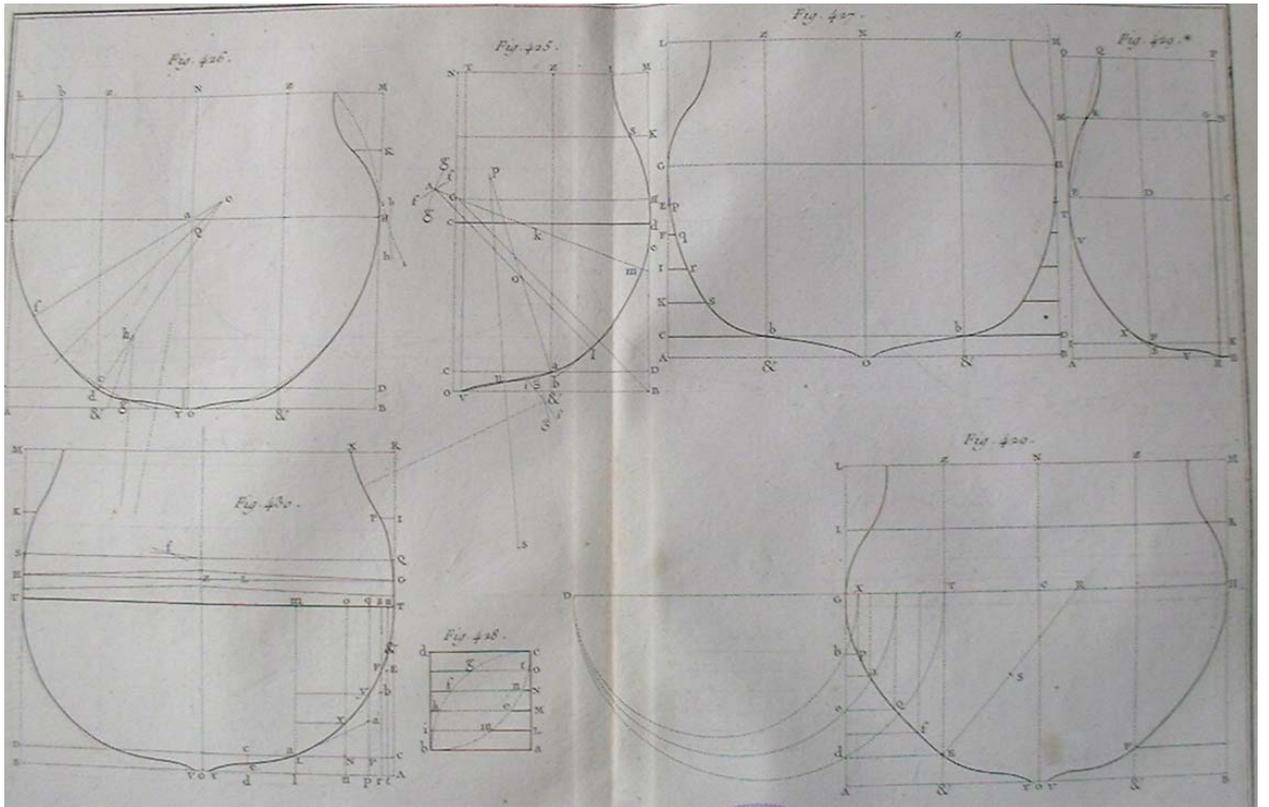


Illustration 1.17, Pl 42, Encyclopédie méthodique. Marine,

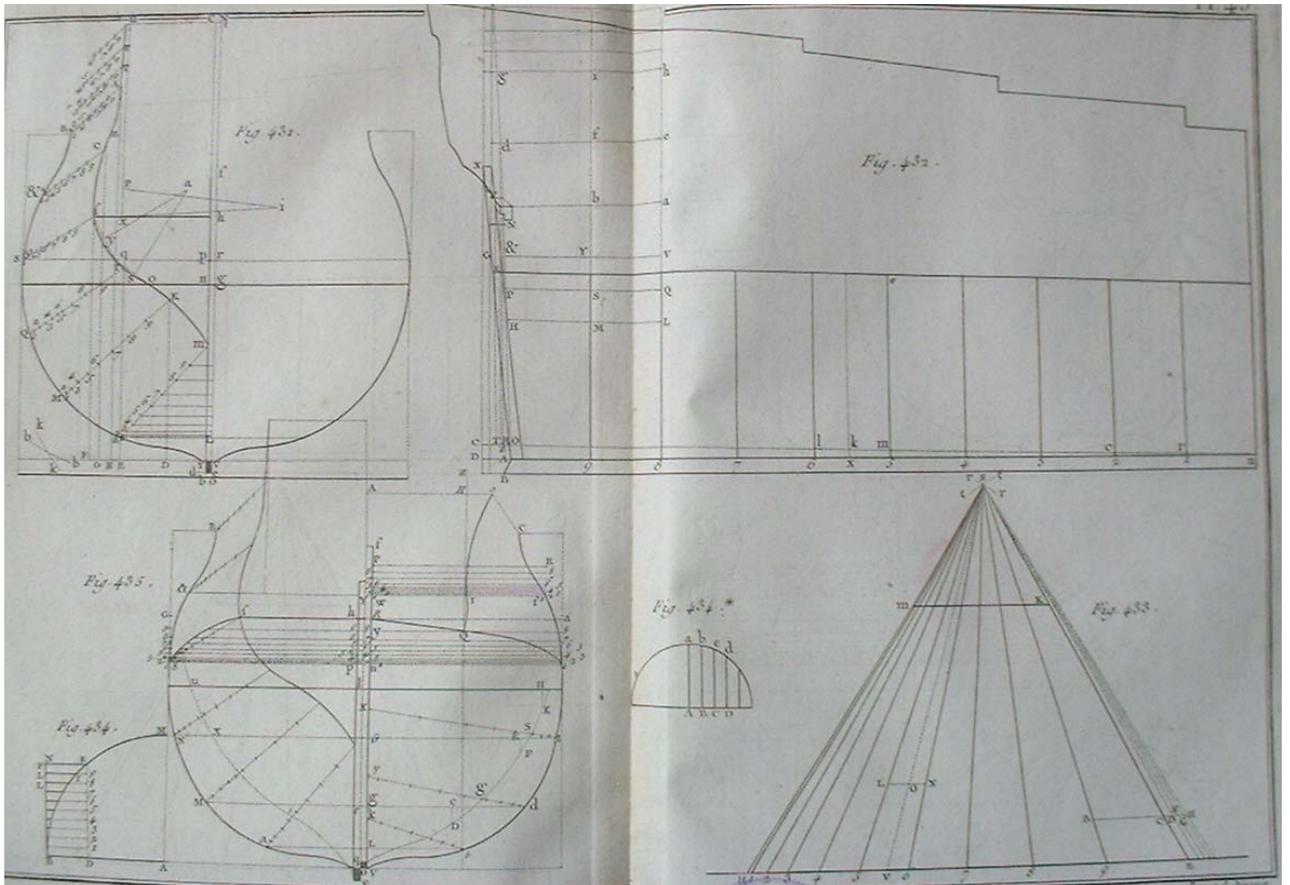


Illustration 1.18, Pl 43, Encyclopédie méthodique. Marine,

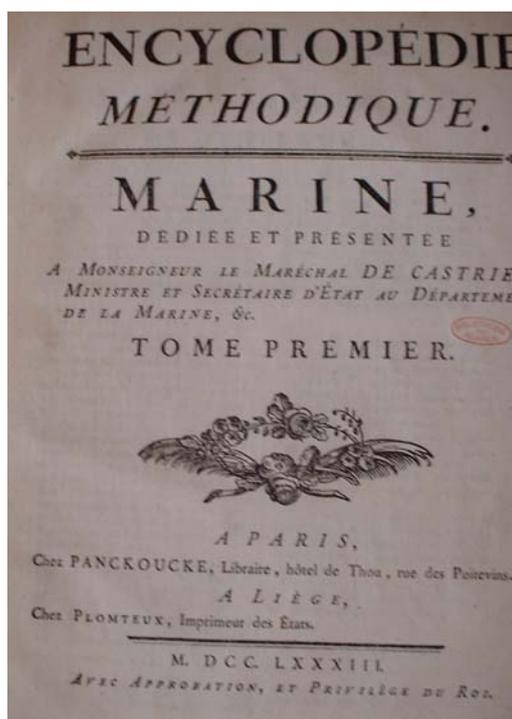
Devis de construction d'un vaisseau de 74 pièces de canon.

(N^o. 1.) *Tracé du maître couple.*

<i>Haut. du dessus de la quille.</i>			<i>Demi-largeur.</i>		
pds.	pouc.	lig.	pds.	pouc.	lig.
»	»	»	7	6	
»	2	»	11	»	
»	5	»	1	6	»
»	9	6 fausse lisse	5	11	5
1	1	6	11	2	»
1	7	» 1 ^{ère} lisse, ou lisse du fond	12	5	3
2	1	»	13	5	»
3	1	6	14	9	»
4	1	6	15	10	»
5	»	» deuxième lisse	16	7	»
6	4	6	17	7	9
8	2	9	18	10	9
9	6	3 troisième lisse	19	7	6
10	3	»	20	»	»
12	3	6	20	10	9
14	3	3	21	6	3

Illustration 1.19, extrait, page 774, Encyclopédie,

Les dessins de couples présentés ci-dessus, (*illustrations 1.17 et 1.18*) sont fortement inspirés de ceux réalisés par les savants hydrographes et constructeurs, en aval de la parution de l'encyclopédie méthodique, marine.



CHAPITRE 2

Un graphisme pour informer, études de cas liés à la connaissance du fonctionnement des machines.

L'architecture navale fait du dessin, nous venons de le montrer, un outil de communication, à usage quasi-immédiat, pour la construction. Il n'en va pas de même pour ce qui a trait aux autres domaines techniques et en particulier à ceux des *arts mécaniques*.

2.1: Jean Gaffin Gallon, (1706-1775), l'ingénieur d'origine bretonne et son inventaire des machines et inventions.

Un ingénieur en chef au port du Havre issu du corps royal du génie maritime, Jean-Gaffin Gallon⁵⁸, dresse un état des machines et des inventions sur une période allant de 1666 à 1754. Il compose six tomes d'un ouvrage⁵⁹ qu'il intitule: *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences, depuis son établissement jusqu'à présent* et qui paraîtra dès 1735. Un tel ouvrage était vivement souhaité par l'Académie royale des sciences. La dite Académie déposera à l'Observatoire royal les modèles et inventions qui conduiront Jean Gaffin Gallon vers cette idée consistant à dresser un état des inventions et des machines qui se sont fait jour; c'est à partir d'une analyse des ressources exposées à l'Observatoire qu'il entreprend de dresser un "inventaire commenté" de productions recensées depuis 1666 jusqu'à 1754.

Je sentis en les examinant combien il serait utile pour le public de lui faire connaître ces inventions d'une manière plus détaillée qu'elles ne le sont dans l'Histoire de l'Académie. (*Avertissement, page j*).

Gallon justifie sa démarche de promotion de cet *Arts des machines* en écrivant:

Que de gens, même qui n'auraient aucune connaissance exacte des mécaniques, comme la plupart des artisans, et autres ouvriers, pourraient contribuer par le moyen de ce recueil, à la perfection de ces machines, ou de l'art des machines en général.

(*Avertissement, page j*)

Son traité comporte une table analytique des machines répertoriées et classées par ordre alphabétique. Généralement le nom de l'inventeur, (*Amontons*), est précisé, parfois la fonction globale (*Attirer des*

⁵⁸ Gallon, Jean Gaffin, né à Brest le 23 août 1706 et décédé à Coutances le 18 janvier 1775, *Machines et inventions approuvées par l'académie royale des sciences*, 1735, Martin Coignard et Guérin Paris, bibliothèque municipale de Rennes, cote: 29179.

fardeaux), ou la matière d'œuvre, (*Air*). Nous donnons ci-après un extrait en nous limitant à la première page correspondant à la lettre A.

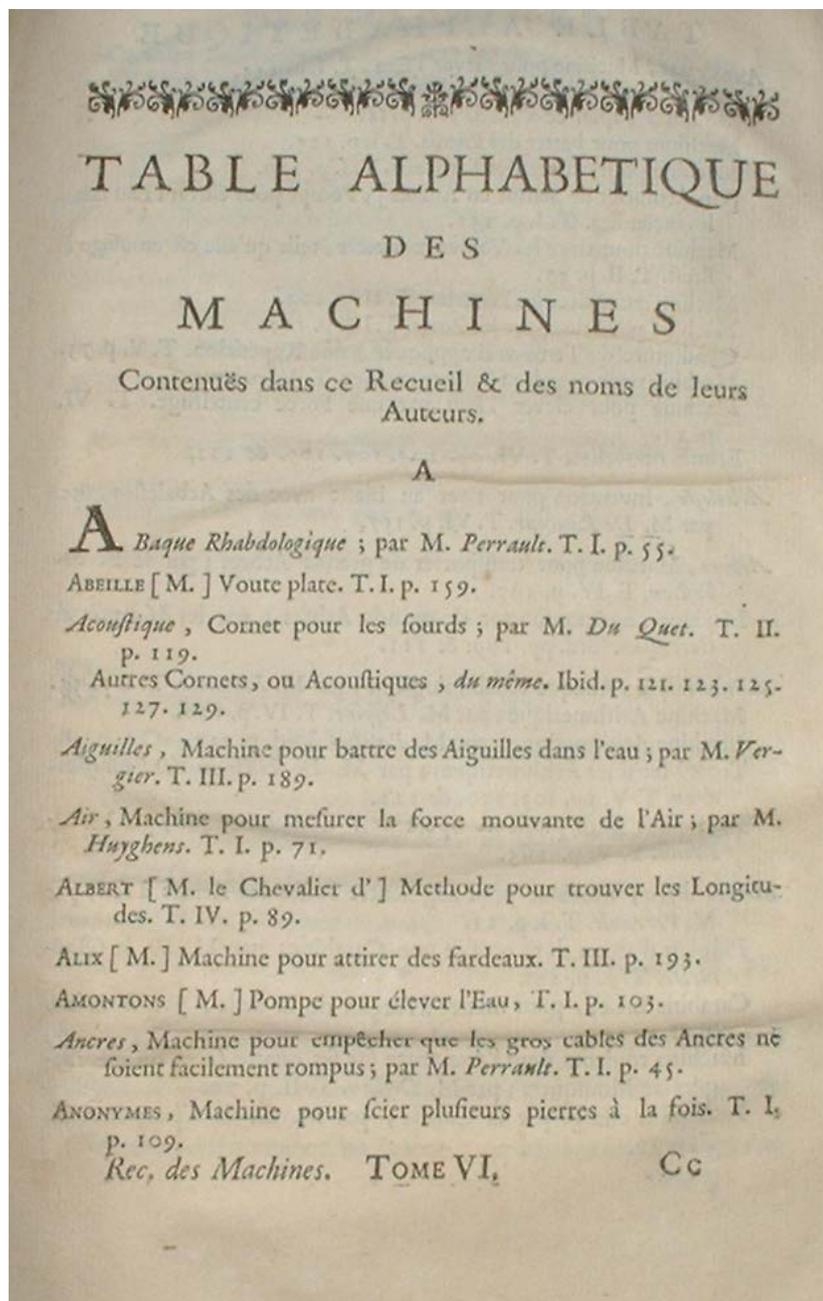


Table alphabétique des machines, extrait, Gallon.

A la mort de Jean-Gaffin Gallon, en 1775, un libraire parisien, Antoine Boudet décide de poursuivre le travail accompli par Jean-Gaffin Gallon en publiant un septième tome qu'il construit dans le même esprit que les six précédents.

L'ouvrage présente, à l'aide de dessins réalisés sur 432 planches, pas moins de 377 machines. Gallon dit les avoir suffisamment développées pour qu'on puisse *les entendre parfaitement*. En introduction à notre analyse du travail de Gallon et à titre d'exemple, nous proposons cette représentation graphique. Il est question d'un dispositif installé sur un vaisseau pour faire agir ses pompes de cales. L'invention date de 1707 et est l'œuvre d'un certain M. de Quet.

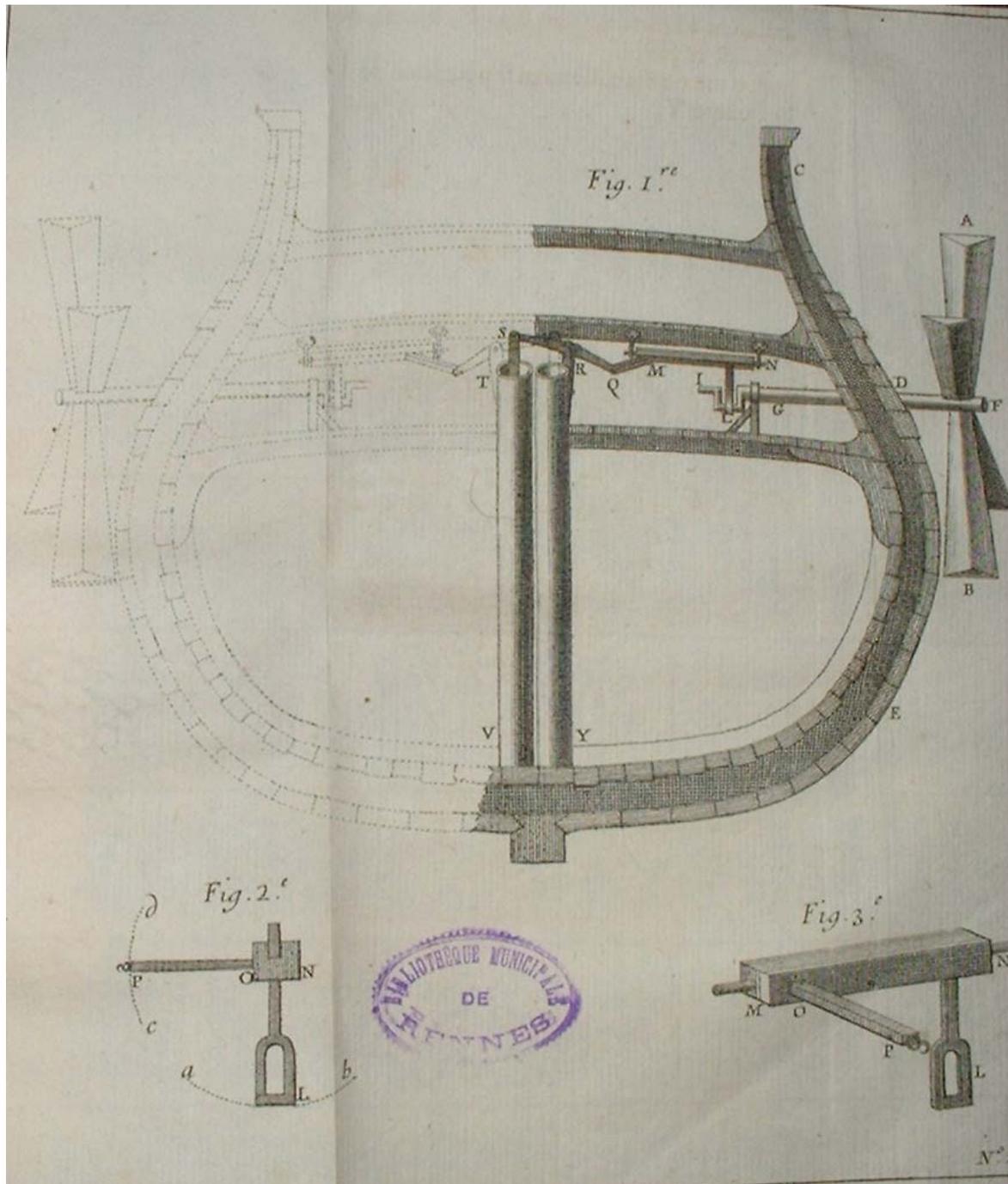


Illustration 2.0, moulin placé au coté d'un vaisseau pour faire jouer des pompes, page 137, tome 2, Machines et inventions, Gallon, 31 x 20 cm.

Ce moulin *pour faire agir les pompes d'un navire* est défini par plusieurs vues. Une demi coupe transversale situe le mécanisme qui reçoit l'action de l'eau par l'intermédiaire du moulin AB, lorsque le navire à voiles se déplace. Le trait ne définit pas le guidage de l'arbre porte moulin. La coupe par plans parallèles n'est sans doute pas encore en usage. La liaison du piston au système de transformation de mouvement n'est pas lisible sur cette coupe, aussi le dessinateur, M. Dheulland, associe-t-il une perspective et une projection du mécanisme isolé. L'auteur prend quelques libertés avec l'architecture de cette pièce intermédiaire assurant la transformation du mouvement de rotation de l'arbre horizontal en un mouvement de translation du piston de pompe. Par exemple, la lumière L n'occupe plus la même position sur la projection. La manivelle GI actionne la manivelle L de trajectoire ab, l'extrémité P du bras OP suivant la trajectoire *cd*. Le levier SRQ articulé au bras anime le piston de la pompe V d'un mouvement rectiligne alternatif. La pompe Y est actionnée par l'autre moulin. Nous observerons que la symétrie de l'ensemble conduit l'auteur à cette représentation en traits interrompus courts. La diversité d'outils graphiques mis en œuvre pour définir cette invention demeure encore insuffisante pour une définition complète du dispositif. Les vues complémentaires sont très utiles pour comprendre le fonctionnement, mais le commentaire demeure encore incontournable. Pour les machines complexes, *un peu plus composées*, Gallon dit y ajouter des *plans et différents profils* qui les présentent *aux yeux de tous les sens*. Si le dessin en projection orthogonale est utilisé par Gallon, la perspective constitue à ses yeux une technique de représentation qui donne une image assez complète des machines, même si dans certains cas il dit avoir été obligé de s'écarter des règles de la perspective; *parce qu'en les suivant j'aurais caché certaines parties essentielles à l'intelligence du dessin*. Gallon définit *certaines jeux des machines*, à savoir la cinématique des machines, par un usage de tracés en ponctués. C'est selon cette convention de trait qu'il décrit les trajectoires suivies par les pièces en mouvement et les encombrements. Les pièces principales sont repérées par des lettres en majuscule dans leur position initiale et par des minuscules si elles se sont déplacées lors du fonctionnement de la machine. Il juge avoir donné pour chaque machine suffisamment d'éléments pour en indiquer l'usage, pour en comprendre le fonctionnement et même pour *en donner la construction*. Concernant cet objectif nettement affiché par Gallon, nous proposerons un développement au cours des lignes qui suivent. Gallon fait une distinction entre *la mécanique* et *l'art des machines*: la mécanique traite des performances de la machine en termes d'énergie, de puissance, de force, de vitesse, etc, alors que l'art de la machine fait état

de l'architecture, de l'agencement des pièces constitutives. La mécanique qui englobe la cinématique, la dynamique, la fluidique, la résistance des matériaux, etc, est pour l'ingénieur et selon Gallon, un passage obligé de la conception de machines en reconnaissant qu'il souhaitait que son ouvrage soit utile, accessible, pratique et surtout lisible et compréhensible, par tous ceux qui s'intéressent aux arts mécaniques. Les aspects théoriques ne doivent pas encombrer l'ouvrage, mais cependant Gallon dira:

J'ai seulement ajouté quelques calculs des forces nécessaires pour les faire agir, et des effets qu'elles pouvaient produire. (*Avertissement, page iij*).

L'expansion du machinisme s'annonce aux alentours de 1730. L'Académie royale des sciences fait établir les bases d'un inventaire des productions scientifiques et techniques dès le début de cette période sensiblement bornée par les années 1725 et 1860 et caractérisée par ce développement de la construction de machines.

Les inventions répertoriées par Gallon peuvent être scindées, dans une première approche, en deux groupes: l'un relatif aux machines usuelles conçues afin de rendre un service à l'homme, l'autre concernant les machines de production industrielle, et en particulier les machines-outils retenues pour l'usinage ou la *conformation* des pièces mécaniques entrant dans la construction de machines usuelles.

Le premier volume fait état de machines et d'inventions situées entre 1666 et 1669. Gallon y dresse une table de machines touchant des domaines d'activité des plus variés: *Machines pour élever des fardeaux, pompes pour élever l'eau, moulins, machines pour scier, pistolets, horloges...* Nous retenons quatre représentations d'objets techniques: une machine destinée à élever des fardeaux sans frottement inventée par M.Perrault de l'Académie royale des sciences, un pont également imaginé par M.Perrault et deux crics conçus par M.Gobert. Nous trouvons ci-après les représentations dues au graveur Dheulland.

La planche N°4 représente cette machine dite: *Première machine pour élever les fardeaux sans frottement* sous forme d'une vue principale extérieure en perspective (*illustration 2.1*). Cette seule vue ne permettrait pas de saisir le principe de fonctionnement du système si deux vues partielles complémentaires en projection orthogonale ne venaient apporter des informations relatives à l'agencement des pièces *coté action* et *coté charge*. Les repères portés en lettres majuscules sur les trois vues de la figure 1 facilitent la lecture de ces dessins réalisés selon des vues extérieures. L'action de l'opérateur est reçue par le double levier L solidaire du tambour G sur lequel s'enroule le câble F. Ce dernier épouse la gorge de la poulie B liée au rouleau A qui porte la

charge par l'intermédiaire du câble D. Le tambour A animé d'un mouvement de rotation autour de son axe est combiné d'un mouvement de translation sur les deux bras R du *gruau* et entraîne la charge. Le frottement de glissement est remplacé par un frottement de roulement, ce qui fait dire à Gallon qu'il est question d'une machine *fonctionnant sans frottement*. Gallon dédie les pages 19 à 20 à une explication très détaillée du fonctionnement de ce gruau en ayant sous les yeux les dessins munis de repères. La lecture des formes des éléments est facilitée par des zones ombrées. Il nous paraît essentiel de faire observer l'absence de cotation et de renseignements relatifs aux matériaux mis en œuvre.

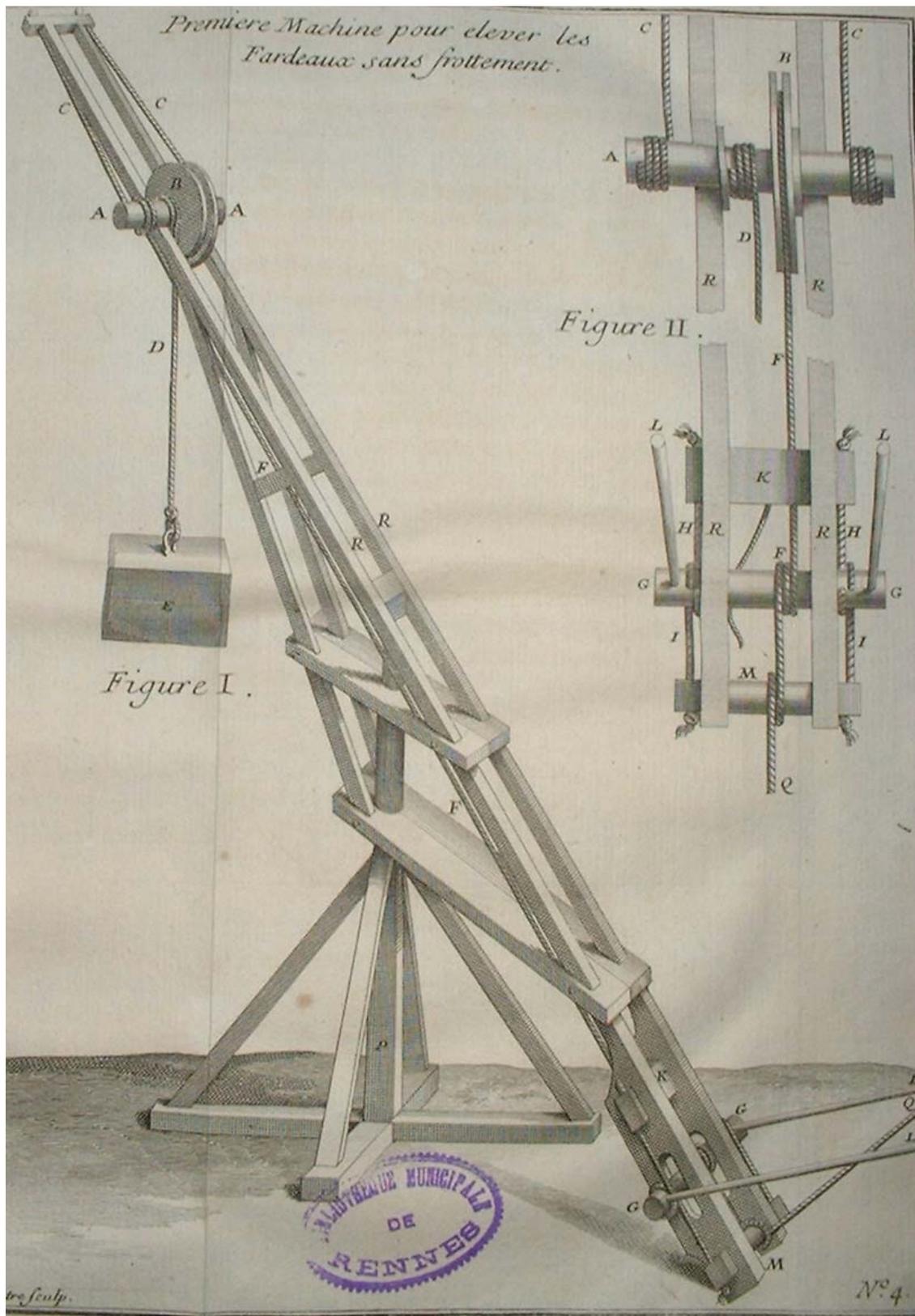


Illustration 2.1, machine à lever des fardeaux, Gallon, 20 x 31 cm.

Nous présentons, ci-après, la planche 12 (*illustration 2.2*) qui concerne: "*Le moyen de faire un pont d'une longueur extraordinaire qui se lève et qui se baisse avec une grande facilité*".

Gallon fait usage de la perspective pour définir ce pont qu'il dit *être facile à remuer*. A cette vue principale sont joints trois dessins simplifiés dont l'objet est d'expliciter la cinématique de l'ouvrage. Une vue partielle en coupe locale définit le dispositif de contre-poids retenu par le concepteur. Le choix de l'outil graphique paraît dicté par la nature de l'information technologique à transmettre, ainsi, les schémas du pont représenté dans ses positions extrêmes doivent suffire pour *énoncer* le principe de fonctionnement. La coupe partielle et la vue isolée du contre-poids sont nécessaires pour saisir l'agencement de l'ensemble *pont-levis* et établir, éventuellement, les conditions de son équilibre. Manifestement, l'auteur est soucieux de transcrire la *réalité de ce pont*, le tracé des lignes de courant l'atteste.

La planche est accompagnée de longs commentaires n'occupant pas moins de trois pages; l'auteur *raconte* le fonctionnement de ce pont, dessins et schémas en appui du discours qui porte, pour l'essentiel sur les caractéristiques mécaniques du système:

Le pont est fort facile à remuer, à cause de la disposition de toutes ses parties qui le composent. Elles sont en un équilibre qui fait que la pesanteur des uns étant contraire à la pesanteur des autres, à peu de choses près, la puissance qui les doit remuer n'a guère d'autres obstacles à surmonter que la répugnance que tous les corps ont du mouvement, laquelle n'est point causée par la pesanteur; qui est une chose que la mécanique ne peut ôter. Or la disposition de ce pont fait voir clairement que ni la pesanteur, ni le frottement des parties ne peuvent être cause d'aucune difficulté qu'il puisse y avoir à le remuer.

(*Gallon, recueil des machines, tomeI, pages 51 et 52*).

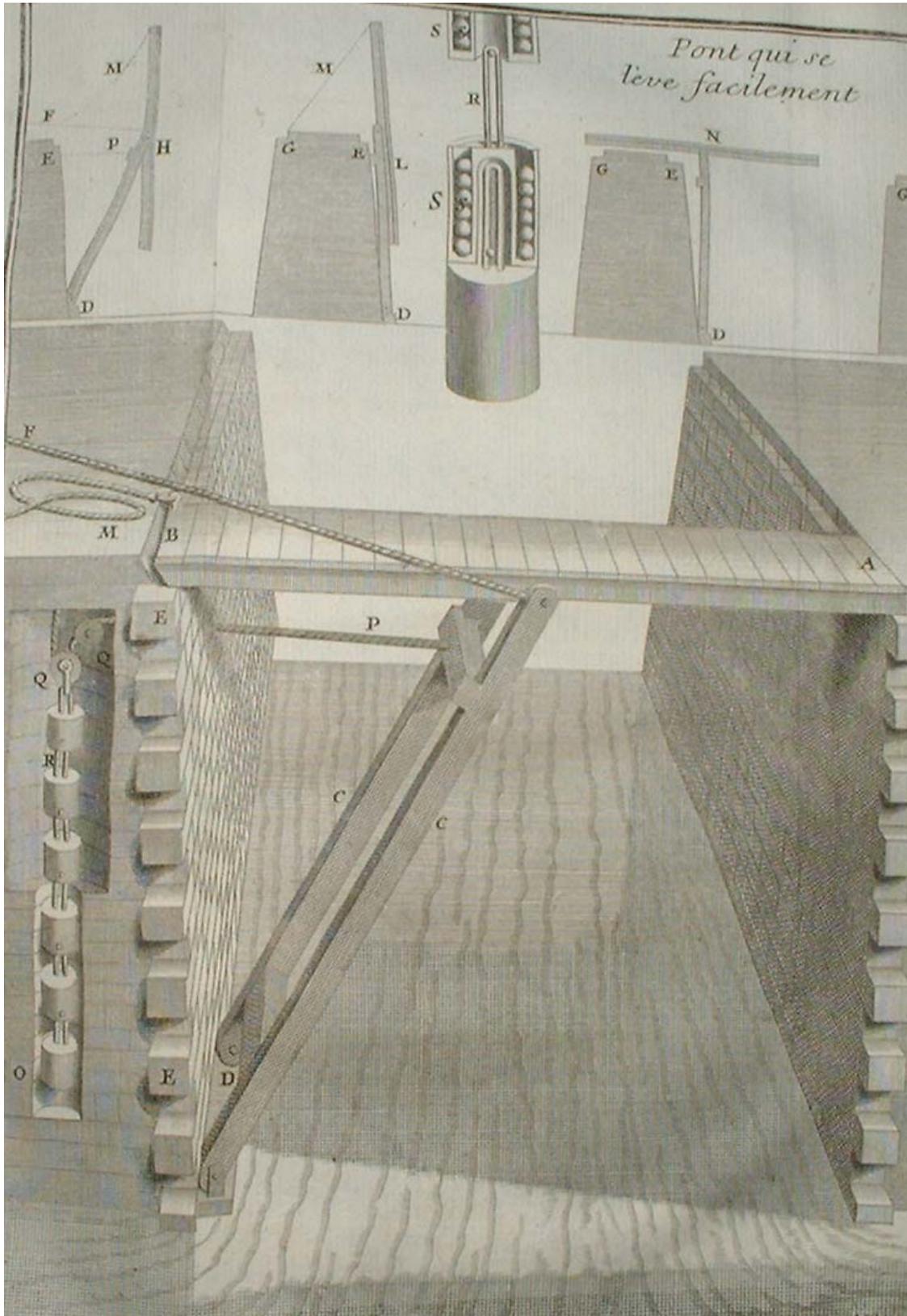


Illustration 2.2, pont-levis, *Machines et inventions*, Gallon, 20 x31 cm

Dans ses propos, Gallon fait abstraction de données, calculs et démonstrations susceptibles de revêtir un quelconque caractère théorique, il préfère opter pour une *vulgarisation* scientifique et technique accessible à tout lecteur.

Les deux crics que nous présentons ci-après se singularisent par les dispositifs de transformation des mouvements qu'ils mettent en œuvre. Les principes mécaniques retenus par M.Gobert, en cette année 1701, sont toujours d'actualité, et se retrouvent dans une multitude de mécanismes modernes. Le premier cric de Gobert utilise le système roue et vis sans fin ainsi que le système vis et écrou; quant à la seconde invention il s'agit d'une conception utilisant le couple pignon et crémaillère .

Le premier cric, (*illustration 2.3*), est présenté selon une perspective que nous qualifions de *perspective cavalière* puisque la *face-avant* de l'objet demeure parallèle au plan frontal de projection et est tracée sans déformation. Afin de voir l'intérieur du dispositif la face latérale du bâti est supposée démontée. L'usage d'une coupe longitudinale n'est pas retenu par l'auteur mais deux vues complémentaires éclairent le lecteur. Une vue projetée permet de comprendre le montage du système roue et vis sans fin alors qu'une perspective montre le sous ensemble portant le cliquet qui s'engrène au rochet lié à l'écrou qui, dans sa rotation entraîne la translation de la vis et donc le déplacement vertical de la charge appliquée sur le crampon. Un repérage des éléments principaux aide à la compréhension de la correspondance des vues. Les pièces portent des ombres et en particulier les pièces de révolution dont le profil est alors bien lisible. La vis à filet carré est représentée selon son observation et non par un recours à la normalisation des pièces filetées, normalisation qui apparaîtra plus tard et sur laquelle nous reviendrons lorsque nous traiterons, au chapitre 5, de l'évolution des codes et des règles associés aux outils graphiques. Les performances du système qui permet également, par le sous-ensemble inférieur constitué d'une virole associée à une chape, d'extraire ou *d'arracher* des chevilles par exemple, ne sont pas indiquées. Comme nous le soulignons déjà à propos des précédentes représentations, les cotes ne sont pas portées sur les projections.

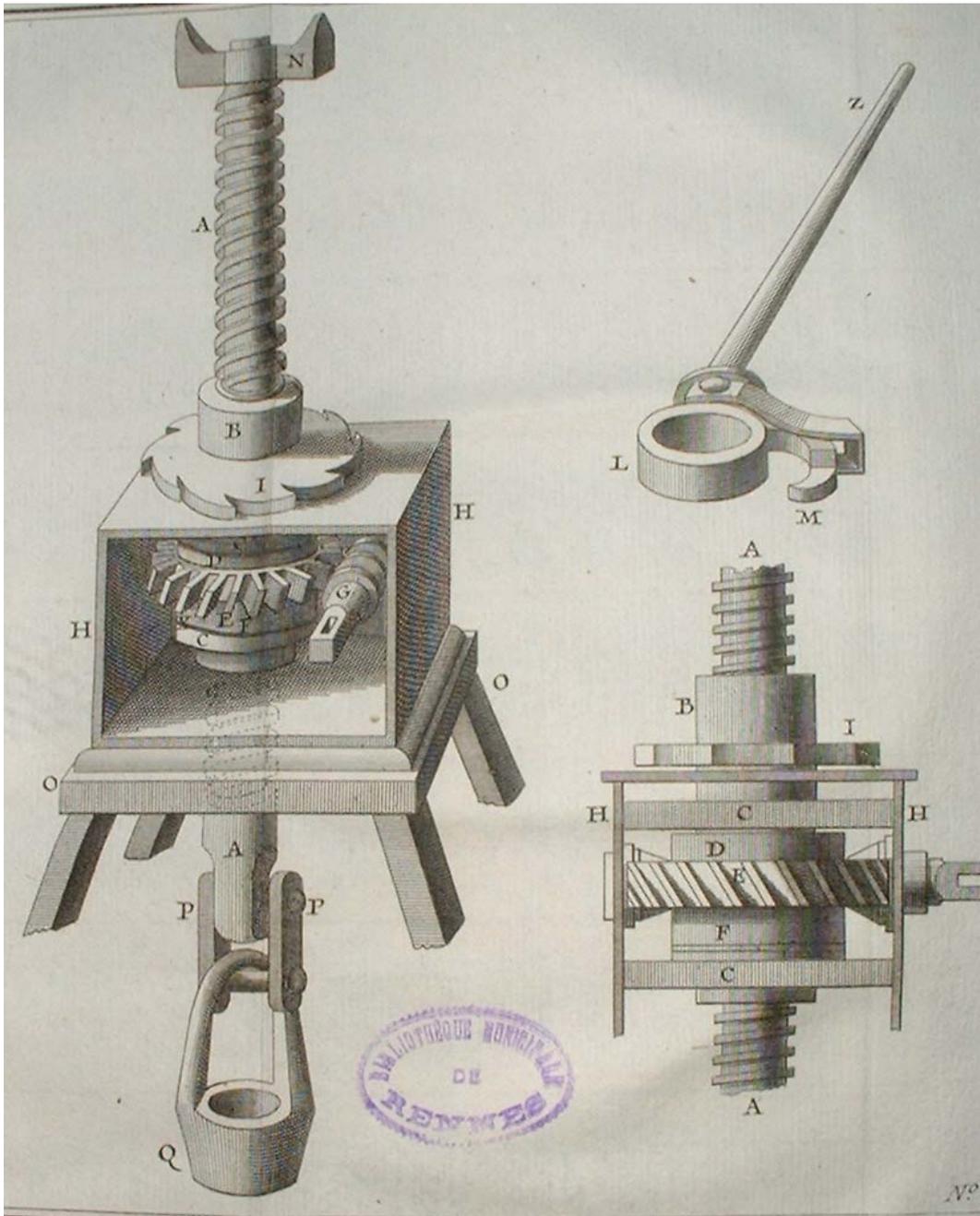


Illustration 2. 3, cric, *Machines et inventions*, Gallon, 16 x 20 cm.

Le second cric, (*illustration 2. 4*), est présenté selon deux vues principales en projection orthogonale, auxquelles vient s'ajouter, sur cette même planche, une perspective cavalière. La correspondance qui peut exister entre ces deux vues en projection appelle quelques commentaires. Du point de vue dimensionnel cette correspondance demeure approximative. Les axes des pièces de révolution, aujourd'hui tracés en traits mixtes fins, ne figurent pas alors qu'ils constituent pour un dessinateur des éléments de base de cette correspondance de vues. Le crampon L est projeté dans la même position sur les deux vues. La configuration du boîtier est simplifiée et limitée aux contacts avec les

pièces qui assurent la transmission de puissance. La représentation est cependant lisible et le tracé des ombres et le repérage des pièces renforcent la compréhension des formes. La note explicative jointe par Gallon se limite à quelques lignes, il a sans doute estimé que le graphisme était suffisant afin que tout lecteur intéressé s'approprié le système, même si les caractéristiques des transmissions par roue dentée, vis sans fin, pignon et crémaillère ne sont pas spécifiées, alors qu'elles

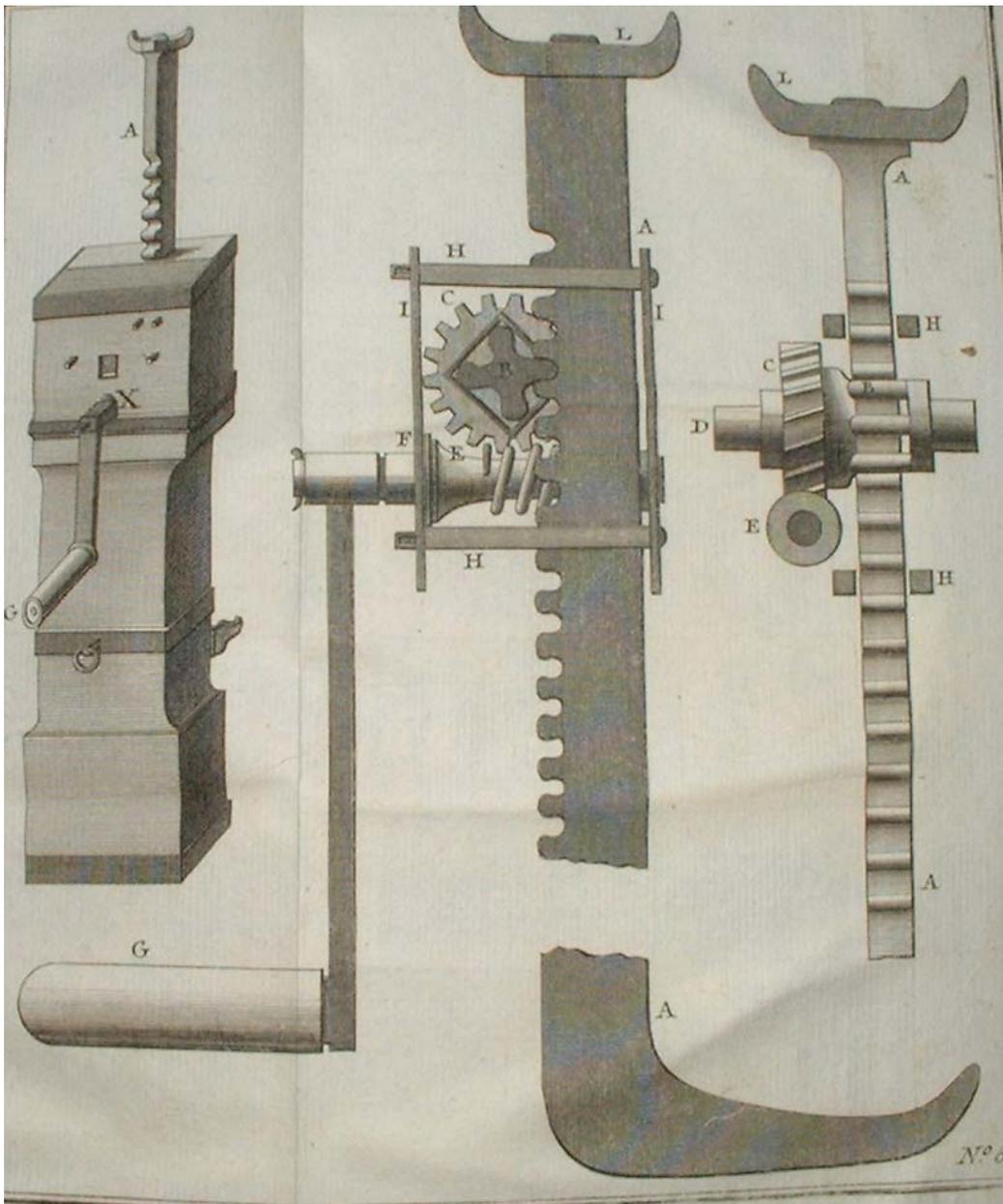


Illustration 2.4, cric, *Machines et inventions*, 16 x 20.

constituent les éléments fondamentaux de tels dispositifs de transmission d'énergie: mesure du pas de la vis sans fin, inclinaison des filets afin de garantir l'irréversibilité, diamètres primitifs des pignon et roue, module

des dentures, etc. Voici l'intégralité du commentaire d'accompagnement proposé par Gallon:

Cette machine est composée d'une crémaillère ordinaire AA, menée par un pignon B de quatre, fixé à la roue dentée C; cette roue est mise en mouvement par une vis sans fin E, à l'arbre de laquelle est adaptée la manivelle G. D est le tourillon qui porte la roue et le pignon. Les traverses HH sont pour contenir la crémaillère, et l'entretenir dans la même direction. X est le cric enfermé dans sa boîte.

Les roues et pignons de ce cric doivent être polis et trempés de même que le premier.
(tome II, page 215).

Ces deux systèmes techniques répondent à une classification d'objets assurant une fonction identique et conçus à la même période selon des principes différents. Nous reviendrons sur ces exemples lorsque nous aborderons la classification des machines, et plus particulièrement celle proposée par Lanz et Bétancourt (autre écriture rencontrée: Béthencourt), au 19^{ème} siècle.

Poursuivons l'analyse de planches proposées par Gallon. Nous choisirons la planche N°90 du second recueil car le graphisme y est utilisé pour expliquer la mise en œuvre d'un ensemble. Le système représente une: *machine pour tirer les vaisseaux à terre, telle qu'elle est en usage à Brest*. Gallon opte pour un discours de trois pages⁶⁰ qui s'appuie sur un dessin en vue de dessus montrant la manière retenue au port de Brest pour associer les moufles, les poulies, les cabestans, les cordages et les funins afin de tirer à terre un navire posé sur son berceau. L'intention de l'auteur est de communiquer un savoir faire pour halier un vaisseau sur une cale d'échouage. La description écrite du montage à effectuer est précise, elle correspond à une forme de *notice technique* fournie avec les éléments et sous-ensembles "à monter soi-même". Nous observons que le dessin est dans ce cas un outil pour accéder à une connaissance technique et pour acquérir un savoir-faire technique.

Les choses étant ainsi préparées, on applique des hommes aux cabestans, qui les font tourner et remontent le vaisseau.

(tome II, page 57, *Machines et inventions*, Gallon).

Une *note de calculs* complète l'information et conduit Gallon vers un exemple d'application. L'étude mécanique engagée se satisfait de bien des suppositions et ne revêt pas les caractères d'un développement de mécanique théorique. Gallon ne souhaite pas encombrer son propos de cheminements parfois abstraits et souvent non accessibles au lecteur non spécialiste; il souligne bien sa démarche dans la préface de son ouvrage.

L'article ne comporte pas de démonstration mais donne le chemin à suivre et use régulièrement du mot proportion. Nous trouverons ci-après un extrait concernant le calcul de dépense d'énergie et l'exemple d'application:

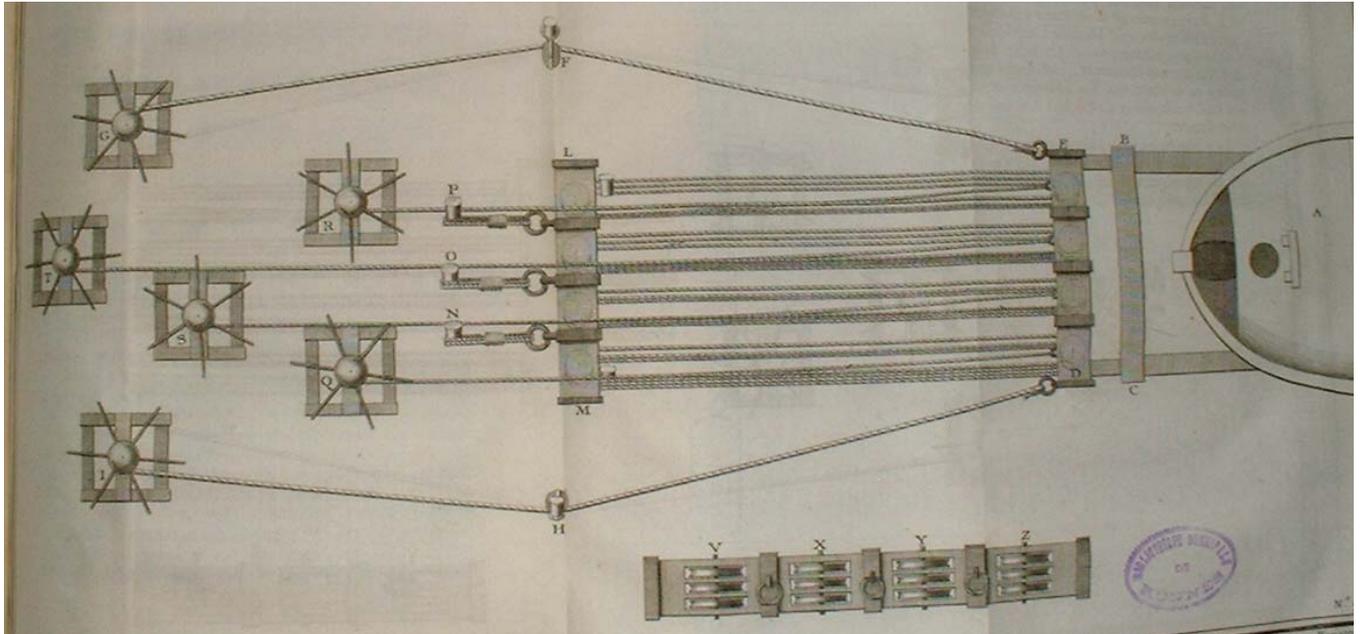


Illustration 2.5, machine pour tirer les vaisseaux à terre, Gallon, 16 x 20 cm.

Chaque moufle étant composée de trois poulies mobiles, il s'en suivra que si la puissance agissait directement au cordage, cette puissance serait au poids, comme 1 est à 6, mais le cordage étant garni au cabestan, et la puissance placée à l'extrémité de la barre ou levier, la force augmentera en raison du rayon du cabestan, à la longueur du même levier. Mais comme on applique plusieurs hommes sur une seule barre, et que nous supposons au nombre de 6, nous calculerons les différents leviers de chacun, par rapport à sa position. De plus, le poids étant tiré sur un plan incliné par une direction parallèle au plan, la pesanteur de ce poids diminuera, ou l'effort de la puissance augmentera encore dans la raison de la hauteur du plan à sa longueur.

L'on suppose chaque levier de 12 pieds de long, c'est-à-dire, depuis le centre du cabestan jusqu'à l'extrémité de la barre. Le corps du cabestan sera d'un pied de diamètre, ou 6 pouces de rayon. L'effort de chaque homme de 25 livres, nous aurons d'abord cette proportion pour la première puissance. 6 pouces rayon du cabestan, est à 144 pouces longueur de la barre ou levier ; comme 25 force de la première puissance est à 599, résistance que la puissance est capable de tenir en équilibre par le moyen du cabestan seul. Mais la force de cette puissance se trouvant augmentée par la moufle, on aura cette seconde proportion 1 : 6 ; 599 : 3594, donc une puissance de 25 livres à l'extrémité du levier, ferait équilibre avec une résistance de 3594. Voilà pour la première puissance.

(page 58, tome II, recueil des machines de Gallon).

Nous ne reprendrons pas l'ensemble du contenu de cette note jointe au dessin mais nous ne pouvons laisser sous silence ces quelques éléments extraits de la conclusion, pour le moins lapidaire:

On aura la solution suivante: 12: 300 : : 412600: 10315500. Ce dernier terme est la résistance capable de faire équilibre avec l'effort des 216 hommes appliqués à la machine.

(tome III, pages 59 et 60).

Le troisième tome répertorie les machines et inventions depuis 1713 jusqu'en 1719. Deux inventions de *chariots à voiles* retiennent notre attention et nous conduisent à une analyse de conception dont les conclusions, comme nous allons le constater, peuvent surprendre. Les deux chariots sont inventés par un certain M. de Quet. Le premier est d'une conception telle que l'action du vent sur les voiles se transforme en actions sur des *jambes qui arcbutent contre la terre en poussant le chariot en avant*. Ce chariot est représenté selon une perspective cavalière (faces avant parallèles au plan frontal de projection non déformées, fuyantes parallèles entre elles). A cette vue générale viennent s'ajouter une projection horizontale du dispositif d'orientation des roues avant et une perspective du sous-ensemble relatif aux transformations de mouvements par système bielle-manivelle et par plateau oscillant porteur des quatre jambes. Le dispositif assurant l'orientation des voiles suivant la direction du vent n'est pas lisible sur la planche et ce n'est qu'à la lecture de la note jointe que l'on comprend l'architecture de la partie supérieure du chariot. Il est dit: *les montants F et G montés rigidement au cylindre E possèdent une liberté de rotation par rapport à un second cylindre lié aux montants A,B,C et D*. Cette disposition n'est pas décelable par les outils graphiques retenus par le dessinateur. Cette rotation est permise car la bielle ON est libre en rotation, mais liée partiellement en translation par rapport au balancier articulé. Quant à l'orientation du véhicule, elle est obtenue en agissant sur un cabestan qui, par l'intermédiaire d'une corde et de tiges, fait pivoter les paliers de guidage des roues. Si nous nous trouvons face à un ensemble original, et séduisant dans son principe, nous demeurons bien sceptique quant aux performances possibles d'un tel véhicule! La conclusion de l'article du rapporteur de l'Académie conforte le point de vue que nous venons d'émettre:

Cette machine est ingénieusement imaginée, mais la rencontre des villages, des bois, etc, obligeront d'y atteler des chevaux pour la mettre en plein air ; les inégalités des chemins peuvent encore s'opposer à sa réussite.

(tome III, page 35)

Sur le plan théorique cette machine met en œuvre des dispositifs de transmission de puissance déjà éprouvés sur d'autres mécanismes, mais dans la situation d'utilisation effective du véhicule, l'action éolienne ne peut vaincre les forces passives et les contrariétés du terrain sur lequel il

est envisagé de le faire évoluer. Somme toute, et ce sera là un élément de notre conclusion: une invention qui, séduisante de prime abord, s'avère peu performante; vaincre les forces passives n'est pas chose aisée! Mais l'Académie royale des sciences doit rédiger un rapport sur tout ce qui lui est adressé.

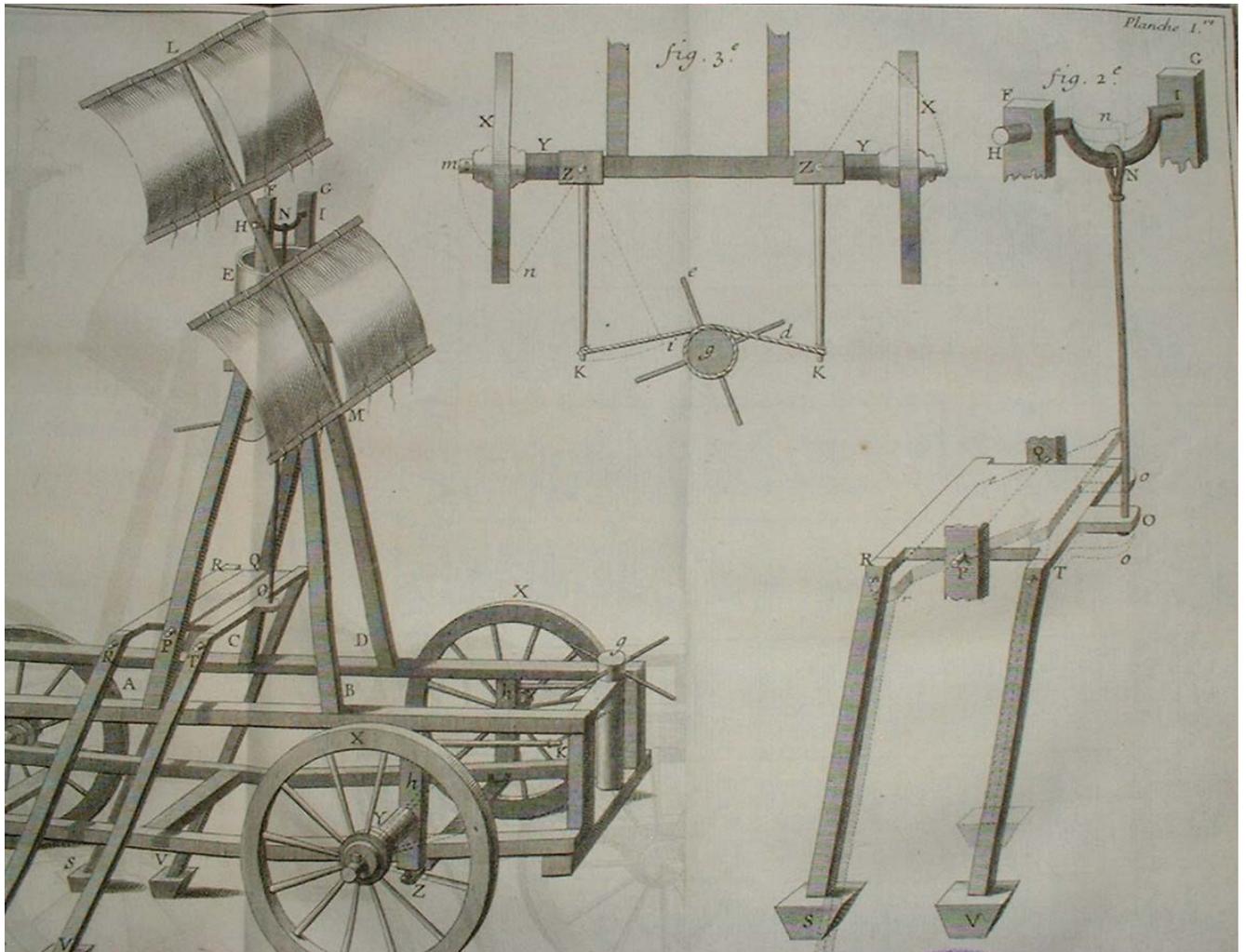


Illustration 2.6, chariot à voiles, machines et inventions, Gallon, 20 x 31 cm.

La machine-outil sélectionnée par Gallon à la page 73 du troisième tome et inventée par un certain M.Villons pour forer les canons de fusil, est représentée selon une perspective cavalière (*illustration 2.7*). Une projection de la partie active du dispositif nous éclaire quant aux mouvements de coupe et d'avance de cette machine, au demeurant rudimentaire, mais mettant en œuvre les principes du perçage mécanique que nous connaissons aujourd'hui. L'énergie hydraulique est captée par une roue à aubes qui, par l'intermédiaire d'un système composé de poulies et d'une courroie droite, entraîne en rotation le foret.

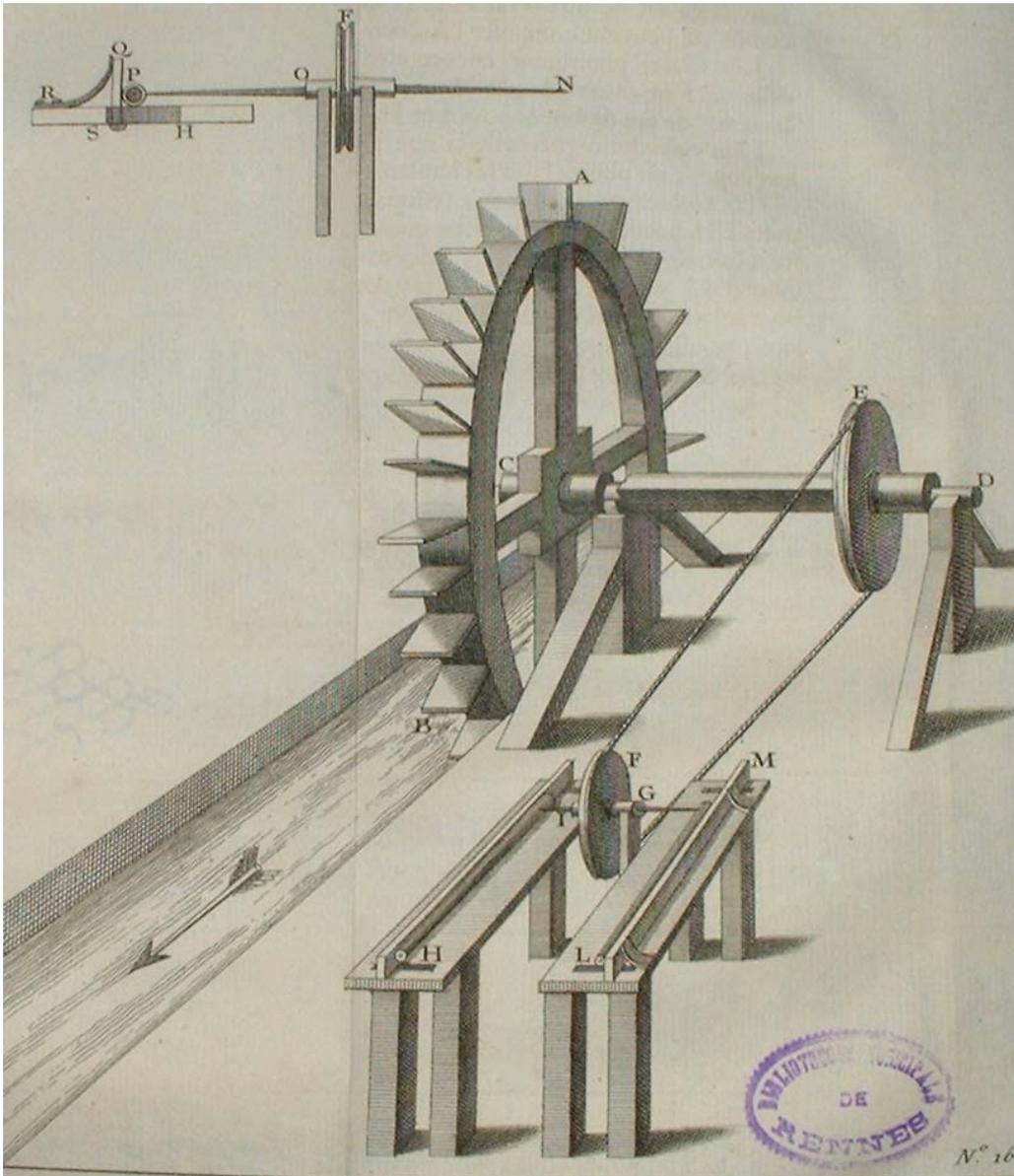


Illustration 2.7, machine à percer, machines et inventions, Gallon, 16 x 21 cm.

Le mouvement d'avance est donné à la pièce à percer et non au foret. Il est imprimé par un ressort à lame solidaire du bâti de la machine. Le principe de ce système d'usinage est très lisible grâce aux deux vues retenue par l'auteur : une perspective et une projection partielle de la broche qui porte l'outil de perçage.

Les outils graphiques sont utilisés à la page 156 du quatrième tome pour expliquer le principe de fonctionnement d'un dispositif de transmission de mouvement par un système communément dit *système à vis différentielles* (association de vis et d'écrou pour une transformation de

mouvement par un choix de sens de filet d'hélice, de dimension de pas et de diamètre des deux éléments). L'image vient illustrer la conception d'un système mécanique pour une information technologique et non à des fins de fabrication, si ce n'est la réalisation éventuelle d'une maquette afin de visualiser la transformation de mouvement générée par une telle association d'éléments mécaniques. (illustration 2.8).

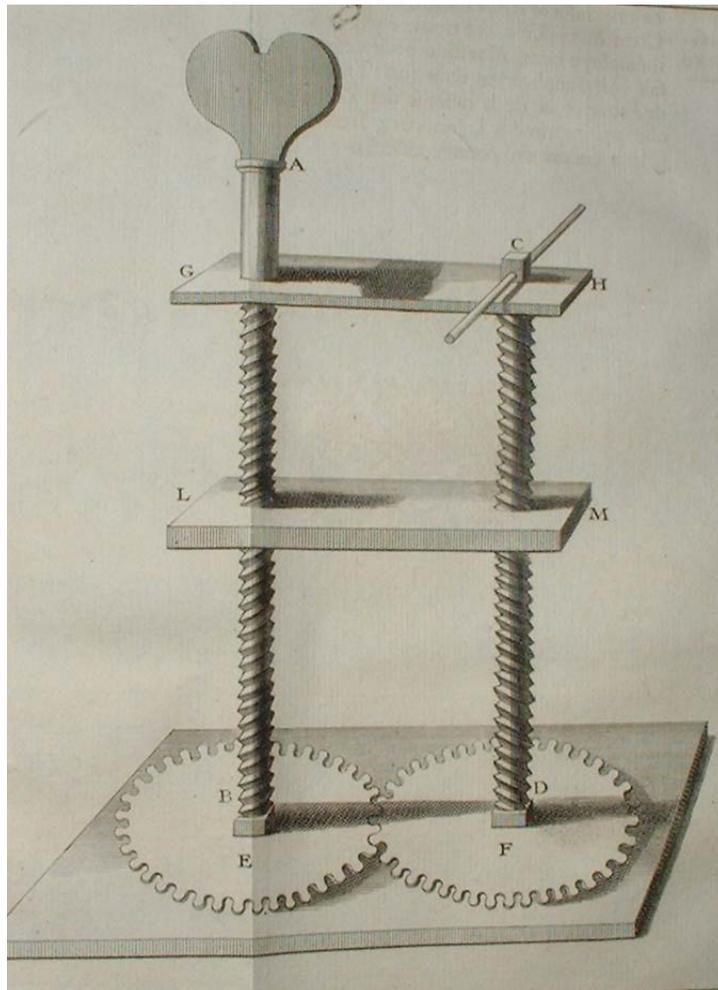


Illustration 2.8, vis différentielles, Gallon, 20 x 16.

La machine présentée à l'Académie royale des sciences par MM. Mey et Meyer en 1726 fera l'objet d'une analyse. Ce système technique s'intitule: *Machine pour élever l'eau par le moyen du feu et du poids de l'atmosphère* et est représenté sur les deux planches N°282 et N°283 (illustrations 2.9, 2.10 et 2.11). Cette machine, une des premières *machine à feu* française, construite dans un bâtiment est complexe et met en oeuvre un nombre élevé de sous-systèmes. L'énergie produite "au rez de chaussée par un fourneau A de maçonnerie qui renferme une grande chaudière ou alambic aux trois quarts pleine d'eau. C'est un cylindre creux, dont le diamètre est plus ou moins grand, suivant la profondeur de

laquelle on veut élever l'eau, et suivant la quantité d'eau que l'on veut élever".

Pas moins de quatre pages sont nécessaires aux inventeurs pour expliquer le fonctionnement de cette imposante installation dont les performances ont été appréciées à Passy où elle fût construite.

...et il est arrivé que les coups de piston se sont faits avec tant de vitesse, que la machine en a donné jusqu'à seize par minute; ce qui a été confirmé par les expériences faites à Passy près de Paris, où elle a été exécutée.
(page189 tome quatre du recueil des machines de Gallon).

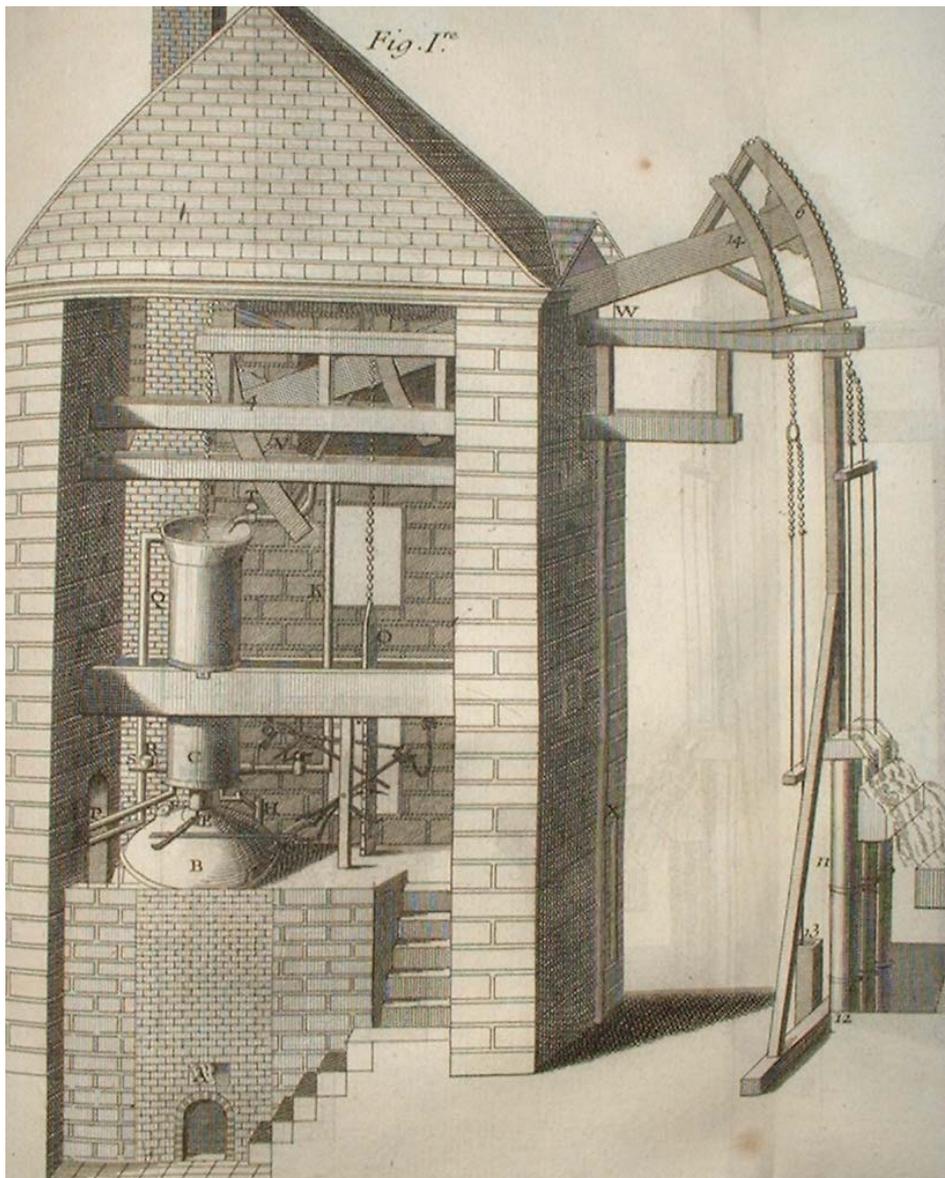


Illustration 2.9, machine hydraulique, Gallon, 20 x16 cm.

La vapeur d'eau transmet son énergie à un piston. Un régulateur E et une soupape F "maîtrisent" le débit de vapeur d'eau. Un jeu de robinet actionné par l'opérateur vient doser l'écoulement de l'eau dans le circuit assurant son retour à l'alambic. Un dispositif à chaînes et balancier assure le mouvement alternatif de translation du piston de la pompe de puisement.

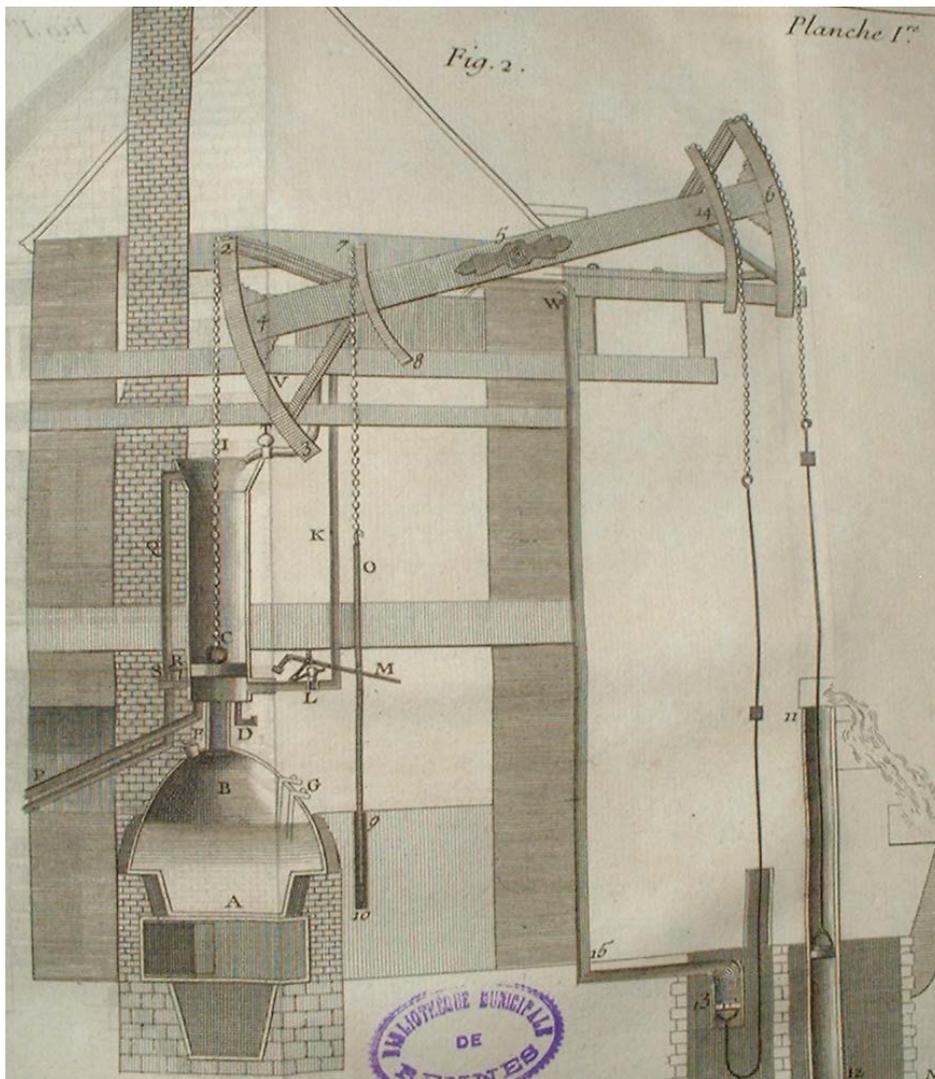


Illustration 2.10, machine hydraulique, Gallon, 20 x 31 cm.

Les deux représentations qui figurent ci-dessus, (*illustrations 2.9 et 2.10*) appartiennent à la même planche 1^{ère}. Les parties visibles du système technique sont dessinées, installées dans le bâtiment, selon une perspective cavalière. L'ensemble pourrait correspondre à une photographie des formes extérieures observables. Cette image répond, d'une certaine manière, à une mise en situation d'un objet technique dont la fonction consiste à assécher un puits de mine pour en faciliter son exploitation. L'architecture du mécanisme se découvre, en partie, sur la

fig 1, (*illustration 2.8*), car il est fait usage d'une projection orthogonale en coupe longitudinale qui rend lisible la distribution des éléments qui constituent les différents sous-ensembles.

Le réglage du débit de vapeur d'eau et l'asservissement de l'installation sont dessinés sur la figure réalisée sur la planche 2, (*illustration 2. 11*). Les inventeurs intitulent d'ailleurs cette représentation: développement de la machine à élever l'eau par le moyen du feu. Elle représente le cœur même du système avec son jeu de tuyaux, de tringles et de robinets. Les repères, portés sur l'ensemble des vues orientent une note jointe aux dessins, note dont nous ne développerons pas le contenu. Notre analyse est centrée sur l'observation des outils graphiques utilisés par le graveur, un certain Hérisset.

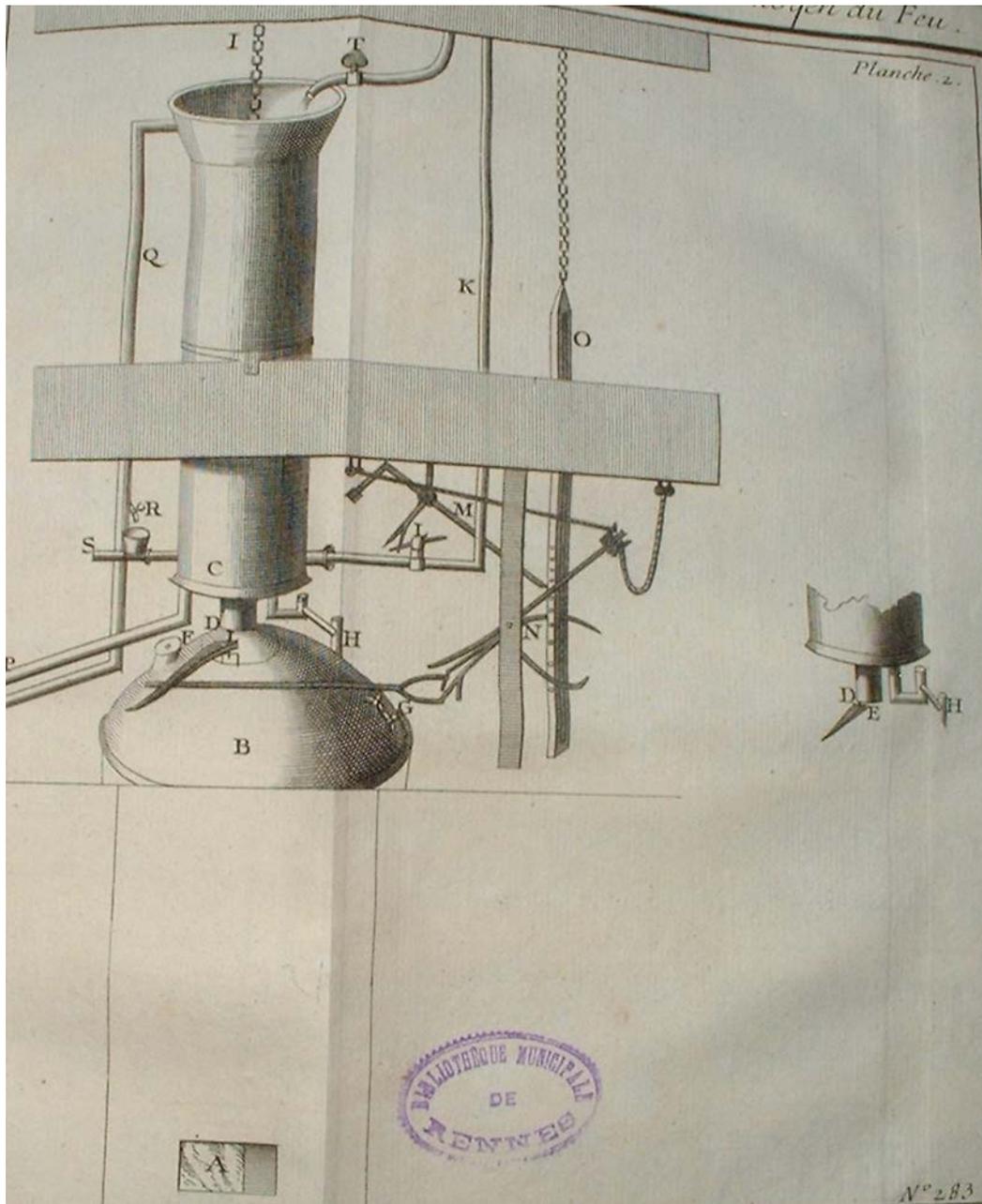


Illustration 2.11, machine hydraulique, Gallon, 20 x 31cm.

Les dimensions et la complexité de l'installation conduisent les concepteurs à exécuter des coupes longitudinales complètes ou partielles pour définir l'intérieure de cette machine. Les précédentes représentations d'objets techniques se limitaient aux vues extérieures. Les outils graphiques évoluent, et la vue en coupe tend à se généraliser. Les parties imaginées coupées sont coloriées et les pièces pleines sont dessinées en vues extérieures, comme le préconisent d'ailleurs aujourd'hui les normes relatives au dessin industriel. Les plans de coupes et l'orientation de l'observation ne sont pas repérés. Le tracé des ombres sur certaines pièces, et en particulier sur les pièces de révolution améliore la compréhension des formes. A cet égard, nous lirons avec intérêt, dans

un prochain chapitre, les dessins que réalise Leblanc, professeur au conservatoire des arts et métiers. Les dimensions ne sont pas inscrites sur les dessins ni mentionnées dans la note explicative qu'il est absolument nécessaire de *lire pour comprendre* en s'aidant des diverses représentations graphiques.

Nous soulignons précédemment combien la machine-outil constitue aux yeux des savants, des ingénieurs, un objet de recherches. Nous retenons la proposition faite en 1729 par M. Grandjean, secrétaire de l'Académie royale des sciences, et concernant un tour: *Tour pour faire sans arbre, toutes sortes de vis, (page 91, tome 5)*. La machine-outil s'analyse à partir d'une perspective cavalière accompagnée d'une vue isolée d'une *boîte* représentée avec sa *corde*. Un ensemble de *boîtes*, ou secteurs, se substitue au levier rectiligne rainuré monté sur la machine pour générer des filetages de différents pas d'hélice. Le mouvement de rotation de la pièce à usiner, combiné avec son mouvement de translation, permet à l'outil placé en R d'engendrer une rainure hélicoïdale sur le cylindre guidé par les deux poupées, (*illustration 2. 12*).

Les observations que nous apportons concernant une déduction de principe de fonctionnement d'un système mécanique à partir des outils graphiques que retient Gallon valent pour cette machine à fileter, à savoir que la compréhension complète de la dite machine, à partir du seul graphisme proposé, demeure difficile. Ici encore, Gallon opte pour une note explicative construite sous forme de "lecture guidée" effectuée avec l'aide du dessin porteur des repères:

Ce tour est composé comme les tours ordinaires d'un établi AB et de deux poupées PQ; ces poupées ont au lieu de pointes deux collets ST, pour recevoir l'arbre FH terminé en pointe par ses deux extrémités, et qui porte la pièce R que l'on veut tourner, et la poulie G qui reçoit la corde GO attachée à la marche O. La poupée Q porte un support de fer I, auquel est attaché en I une équerre de fer HIK, dont l'extrémité K est chargée d'un poids L considérable, et l'autre extrémité H s'appuie sur la pointe H de l'arbre qu'elle tend par conséquent à pousser de H vers F. La pointe F est appuyée sur une pièce E mobile sur un axe DM, à l'extrémité D duquel est montée sur un carré de la pièce DC, dans la rainure de laquelle coule une boîte N, à laquelle est attachée la corde NO qui va se rendre à la marche O.

(page 91, tome 5).

Dans de telles conditions le dessin seul ne suffit pas pour s'approprier les principes de la construction mécanique et la distribution et le rôle joué par chaque élément, et il ne remplace pas encore le discours !

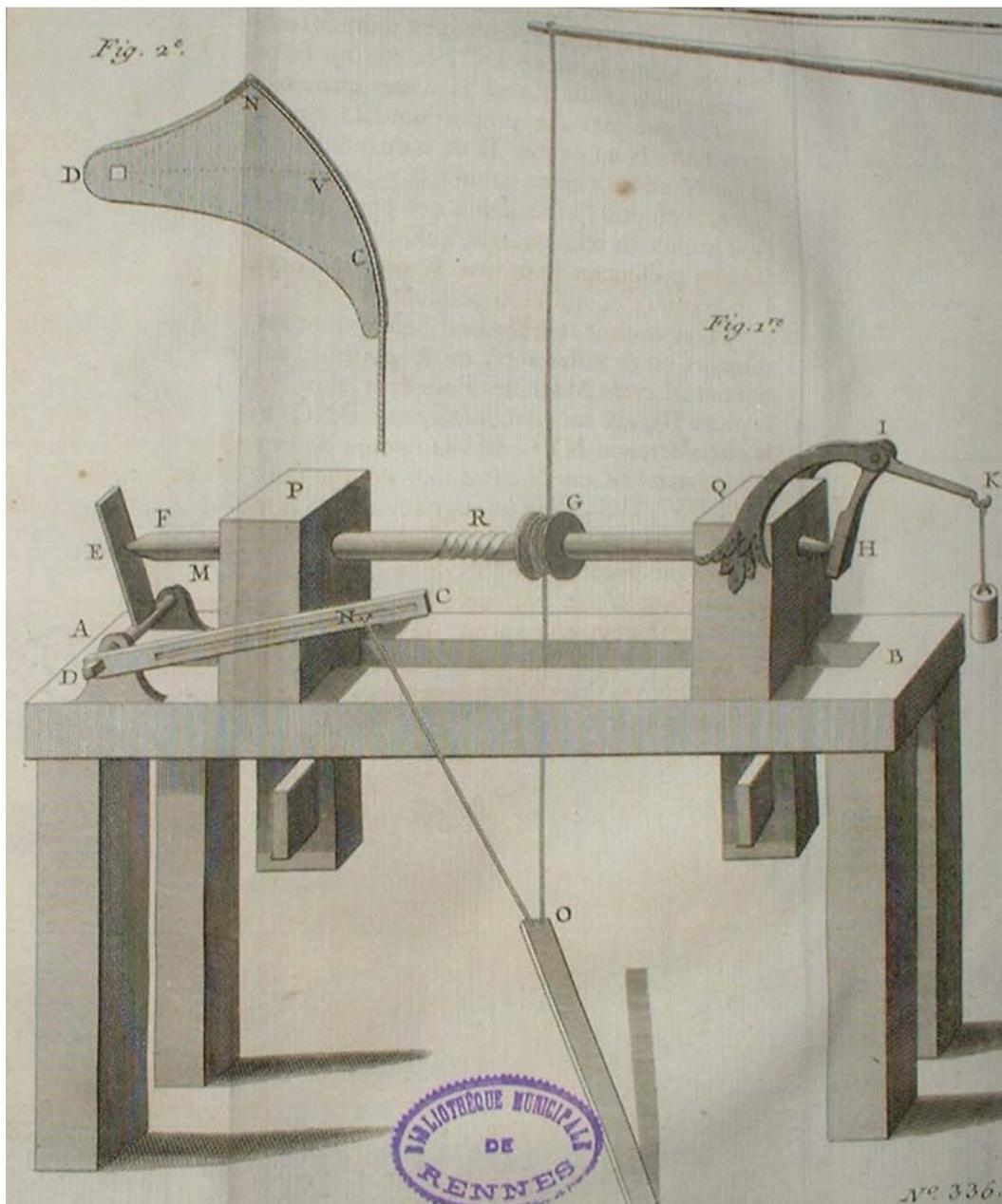


Illustration 2. 12, tour à fileter, Gallon, 20 x 31 cm.

Le volume six sera le dernier que publiera Gallon avant sa mort en 1775. Les premières pages sont composées d'une table analytique des machines présentées dans l'ensemble du recueil. Nous limiterons notre analyse à deux inventions choisies parmi celles qui figurent au tome six: une *Tour commode pour les observations astronomiques*, inventée par M.Godin, de l'Académie royale des sciences (*illustrations 2.13 et 2.14*) et d'une *Grue nouvelle* inventée par M.Guyot (*Illustration 2.15*).

La planche N°373 fait "cohabiter" deux types de représentations: une perspective des formes extérieures de la tour et une coupe longitudinale. Deux vues partielles apportent un éclairage sur le dispositif de guidage et de blocage de la corde liée à l'échelle extérieure sur laquelle il est possible de positionner une lunette astronomique. Le toit de l'édifice est

guidé en rotation par un chemin de roulement à rouleaux coniques portant sur la sablière. Son déplacement est obtenu par action de l'opérateur sur le brin repéré X. (*illustration 2. 13*).

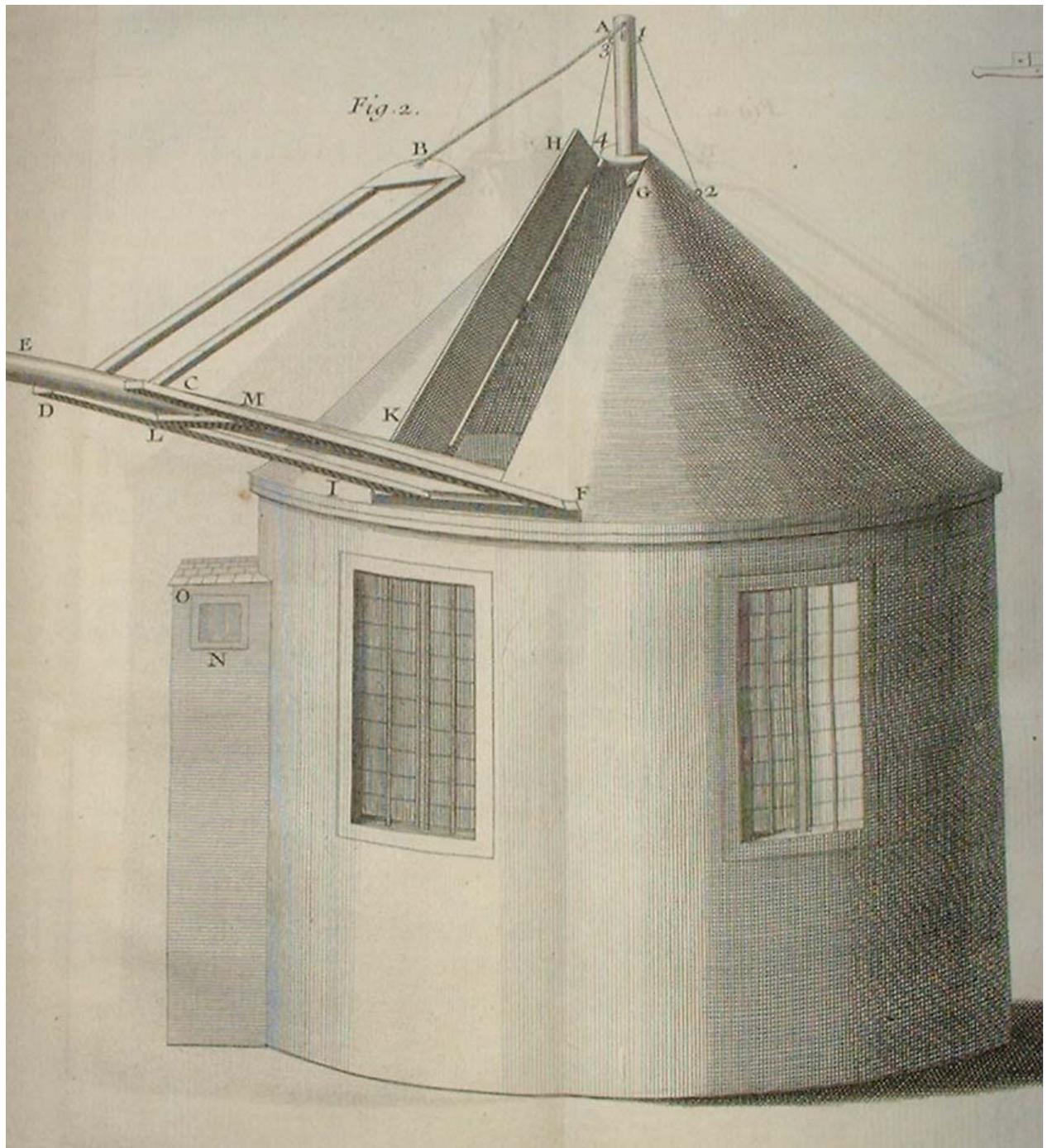


Illustration 2. 13, tour pour observations astronomiques, Gallon, 20 x 31 cm.

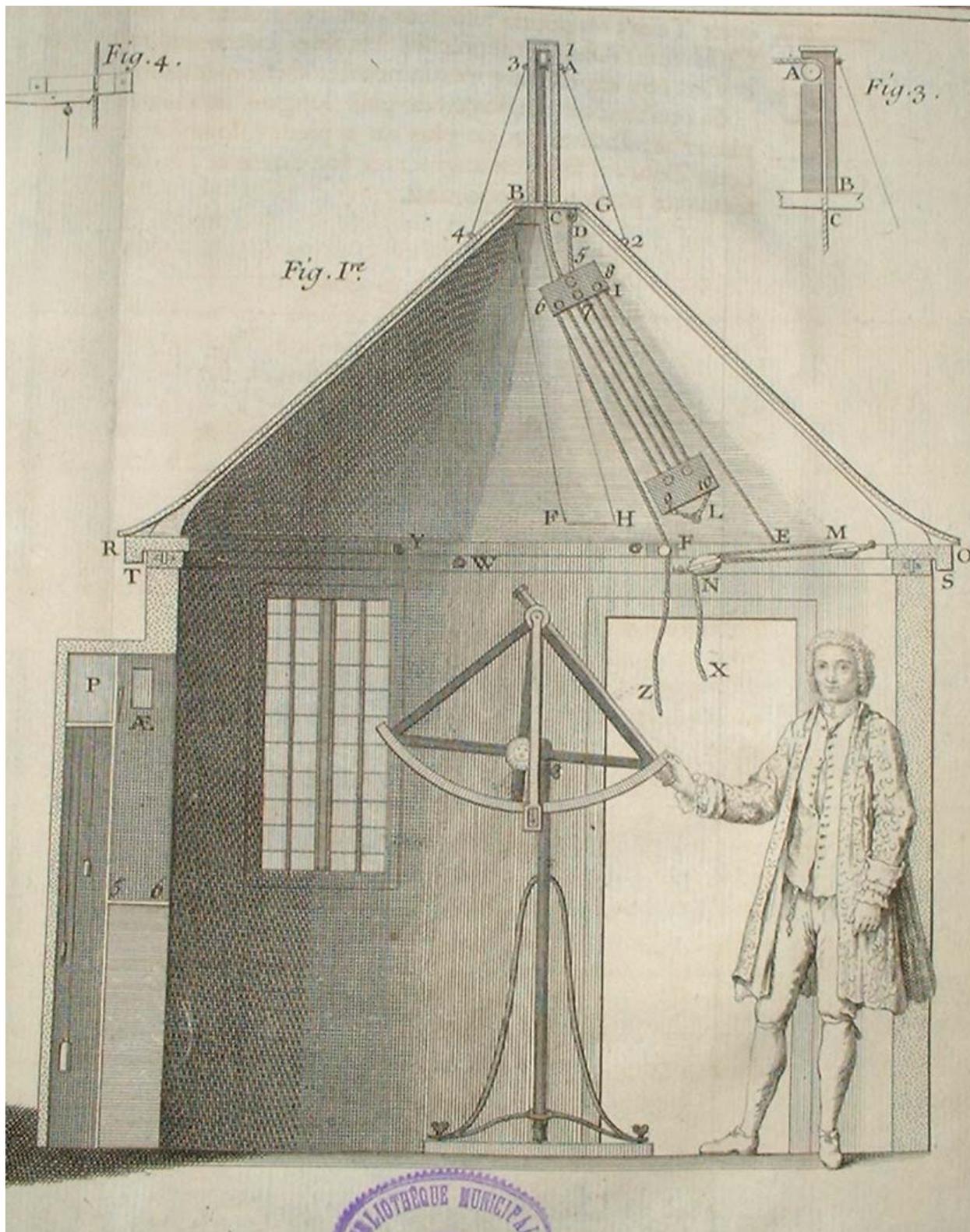


Illustration 2.14, tour pour observations astronomiques, Gallon, 20 x 31 cm.

La tendance observée est bien de retenir des outils graphiques pour réaliser des coupes lorsque l'image extérieure d'un objet technique ne traduit pas d'une manière lisible les idées de l'auteur. Le coloriage permet de distinguer les *parties pleines* des pièces de leurs *parties*

creuses. Le corps maçonné de la tour a un diamètre intérieur d'environ sept pieds et la coupe des murs est symbolisée par des points rapprochés. Les *cotes d'encombrement* sont livrées dans le texte joint et l'inventeur apporte ce complément:

Si l'on voulait employer de plus longues lunettes, ou placer un instrument de plus de deux pieds et demi de rayon dans cette tour, il faudrait augmenter son diamètre, et toutes ses autres parties à proportion.

(Extrait, page 52, tome 6, Gallon).

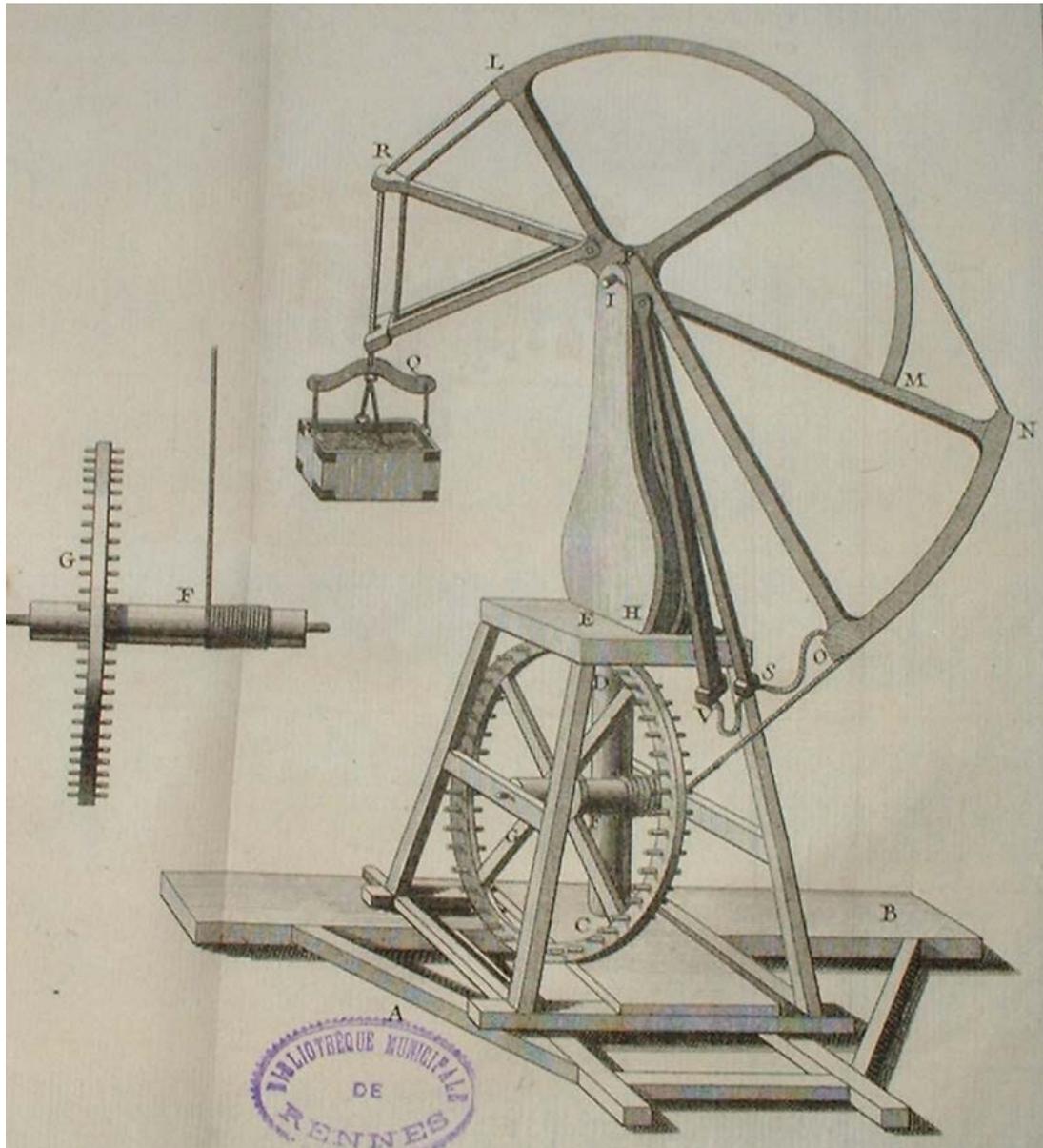


Illustration 2. 15, grue nouvelle, Gallon, 21 x 31 cm.

Nous avons déjà présenté des systèmes de levage comme par exemple ceux en usage au port de Brest; les recueils de Bellec et de Deslongchamps en comportaient d'ailleurs un certain nombre. Nous voici

à présent face à un engin de manutention qui selon Gallon "ne paraît pas avoir d'avantage sur les grues ordinaires". Cette invention est pourtant intitulée: "grue nouvelle"! (*Illustration 2.15*). Elle est sans doute originale par cette utilisation de deux secteurs circulaires concentriques, de diamètres différents et guidés en rotation dans une chape. La perspective est encore utilisée comme outil graphique pour donner une *image* de la face principale de la machine. Le treuil est dessiné seul en projection, sans son environnement immédiat.

2.2: L'intérêt accordé par un groupe de libraires parisiens aux travaux de Gallon, la naissance des recueils de prix de l'académie.

Le septième tome est construit à partir des travaux de Gallon et, nous l'avions précédemment annoncé, à l'initiative du libraire parisien Antoine Boudet. Il paraîtra en 1777, soit deux ans après le décès de Gallon. L'ouvrage est composé d'inventions approuvées par l'Académie royale des sciences entre les années 1734 et 1754, (*Illustration 2. 16*). Voici un extrait des registres de l'Académie royale des sciences, du premier mars 1777:

Messieurs Leroy et Vandermonde ayant fait leur rapport à l'Académie du septième tome de sa collection des machines; l'Académie a jugé que cet ouvrage méritait de paraître sous son privilège: en foi de quoi j'ai signé le présent certificat. A Paris ce 28 mars 1777.

Le Marquis de Condorcet.

(Page 7 de l'avertissement du libraire).

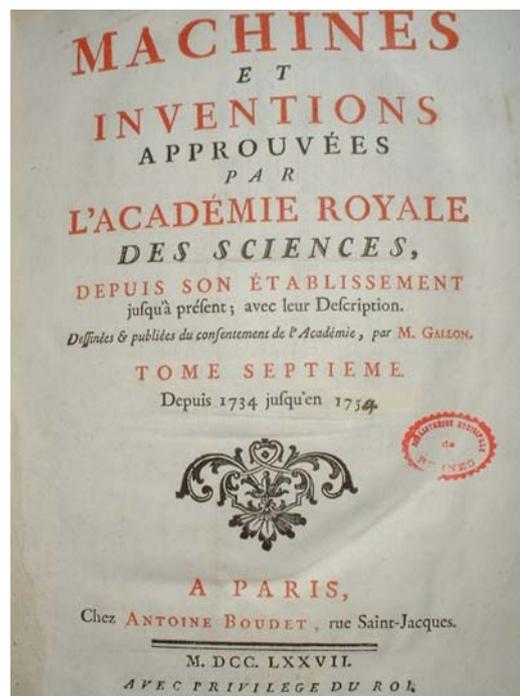


Illustration 2.16.

La planche N°440 s'intitule: *Pompe pour les incendies*. Elle est proposée par M.de Genssane et se présente sous deux versions pour ce qui est de l'obtention du mouvement de translation du piston. La première figure correspond à une solution technologique avec: «levier, roue porteuse de trois manetons, manivelle» alors que sur la seconde il est seulement question d'un levier articulé manœuvré par un opérateur. Nous soulignerons encore une représentation graphique selon une coupe longitudinale, coupe qui permet de mettre en évidence la distribution des différents sous-ensembles et éléments de cette pompe.

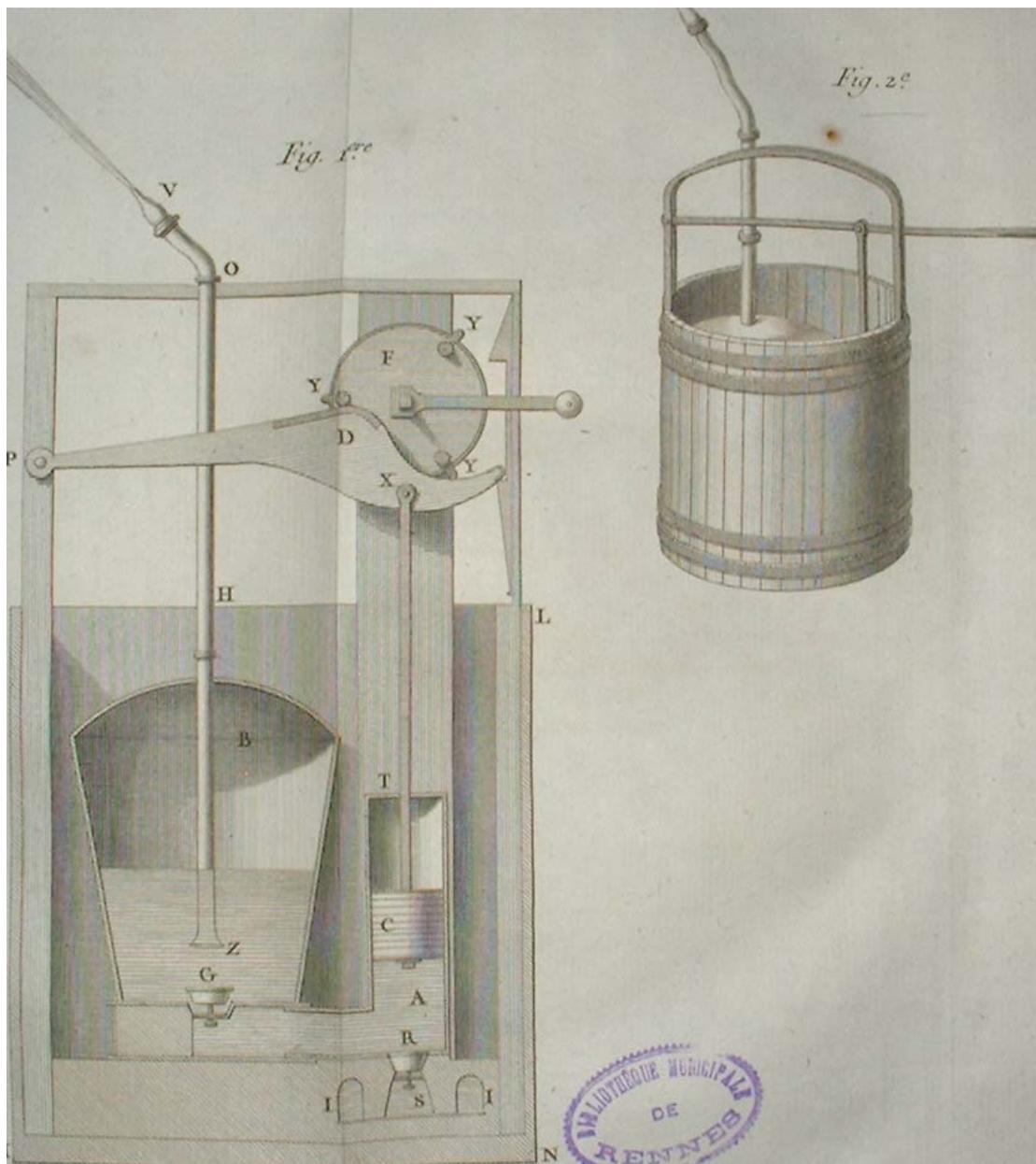


Illustration 2.17, Machines et inventions, tome 7, Gallon, 21 x 31 cm.

Le premier tome de l'ouvrage de Gallon présentait déjà, à la page 151, plusieurs types de pompes dites de compression, conçues selon les mêmes principes et destinées à des usages semblables. Les pompes proposées à l'Académie pour analyse par de Genssane ne comportent pas de réelles innovations mais leur encombrement est moindre et permet ainsi d'accéder et d'agir dans des espaces aux dimensions réduites. Nous observons au travers des différentes planches de ce septième tome que les techniques graphiques exploitées permettent au lecteur de lire, comprendre et interpréter plus aisément les mécanismes et les machines; la tendance étant de présenter la structure interne des systèmes techniques par la mise en forme de dessins réalisés en coupe longitudinale selon des plans de coupe judicieusement choisis afin que l'image obtenue soit lisible et traduise de manière non ambiguë l'agencement des machines et instruments.

Nous choisirons maintenant, et dans le prolongement du travail fourni par Jean Gaffin Gallon, de présenter l'ouvrage ⁶¹ paru en 1752 à l'initiative du groupe d'imprimeurs et de libraires parisiens composé de Gabriel Martin, Jean Baptiste Coignard, Hippolyte Louis Guérin et Charles Antoine Jombert. Cet ouvrage scindé en huit tomes et intitulé: *Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Académie royale des sciences, depuis leur fondation jusqu'à présent* compte un nombre plus limité de dessins de machines. L'académie des sciences les a sélectionnées et primées. Les *pièces* présentées couvrent en effet des domaines d'études et de recherches pour lesquels les auteurs usent d'un graphisme adapté aux communications scientifiques. Les *discours* ainsi collectés se caractérisent par leur dimension théorique et traitent de sujets tels que: *nature et communication du mouvement; lois du choc des corps; inclinaison des orbites des planètes; propagation de la lumière; magnétisme; marées...* Nous avons cependant retenu d'apprécier la place prise par les techniques graphiques dans la présentation de mémoires relatifs aux trois domaines qui suivent: *La mâturation des vaisseaux; figures, fabrique et essais des ancres; améliorations et construction de cabestans.*

Le premier sujet à trait aux additions faites par Bouguer à la pièce relative à *la mâturation des vaisseaux*, pièce qui a remporté le prix de l'Académie royale des sciences le 6 septembre 1727. Bouguer y examine les conditions de la mâturation parfaite, principalement pour la route directe. L'étude des effets de l'impulsion du vent sur la voilure et ceux de l'eau sur la carène du vaisseau est vue sous les aspects de la mécanique

⁶¹ Martin, Coignard, Guérin et Jombert, imprimeurs et libraires, *Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Académie royale des sciences, depuis leur fondation jusqu'à présent, avec les pièces qui ont concouru.* 1752, bibliothèque municipale de Rennes, cote: 29179.

théorique. Les réflexions et les démonstrations prennent appui sur de nombreux croquis que commente Bouguer. Nous présentons, ci-après, l'une des cinq planches qui accompagnent le discours de Bouguer (*Illustration 2. 19*).

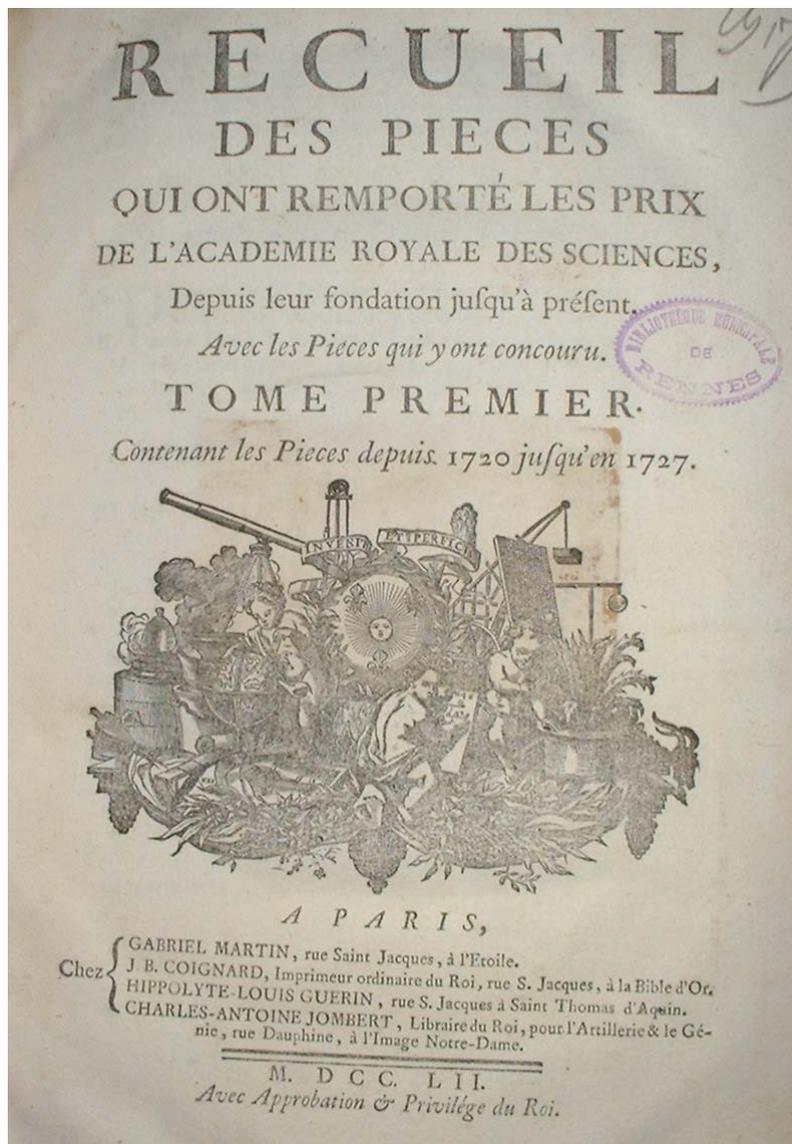


Illustration 2. 18.

Les schémas du vaisseau gréé portent les tracés géométriques et les repères remarquables utiles à la compréhension des effets des actions mécaniques mises en jeu; La netteté de ces *dessins scientifiques* est à souligner, nous l'avions déjà dit précédemment. Nous trouvons ci-dessous un extrait de l'étude présentée par Bouguer:

Comme le vaisseau ne forme qu'un seul corps avec son mât et sa voile, il est aussi toujours sujet à l'action de deux puissances, le choc du vent selon la direction SK, et le choc de l'eau sur la proue selon la direction DH; et il est sensible que ces deux chocs se

doivent réduire de la même manière en un seul effort. Ces deux chocs s'exerceraient tout le long de leurs directions SK et DH, si rien ne les empêchait dans leurs actions; mais ils se font obstacle l'un à l'autre en N, où leurs directions se coupent....

Page 7, première section, chapitre II.

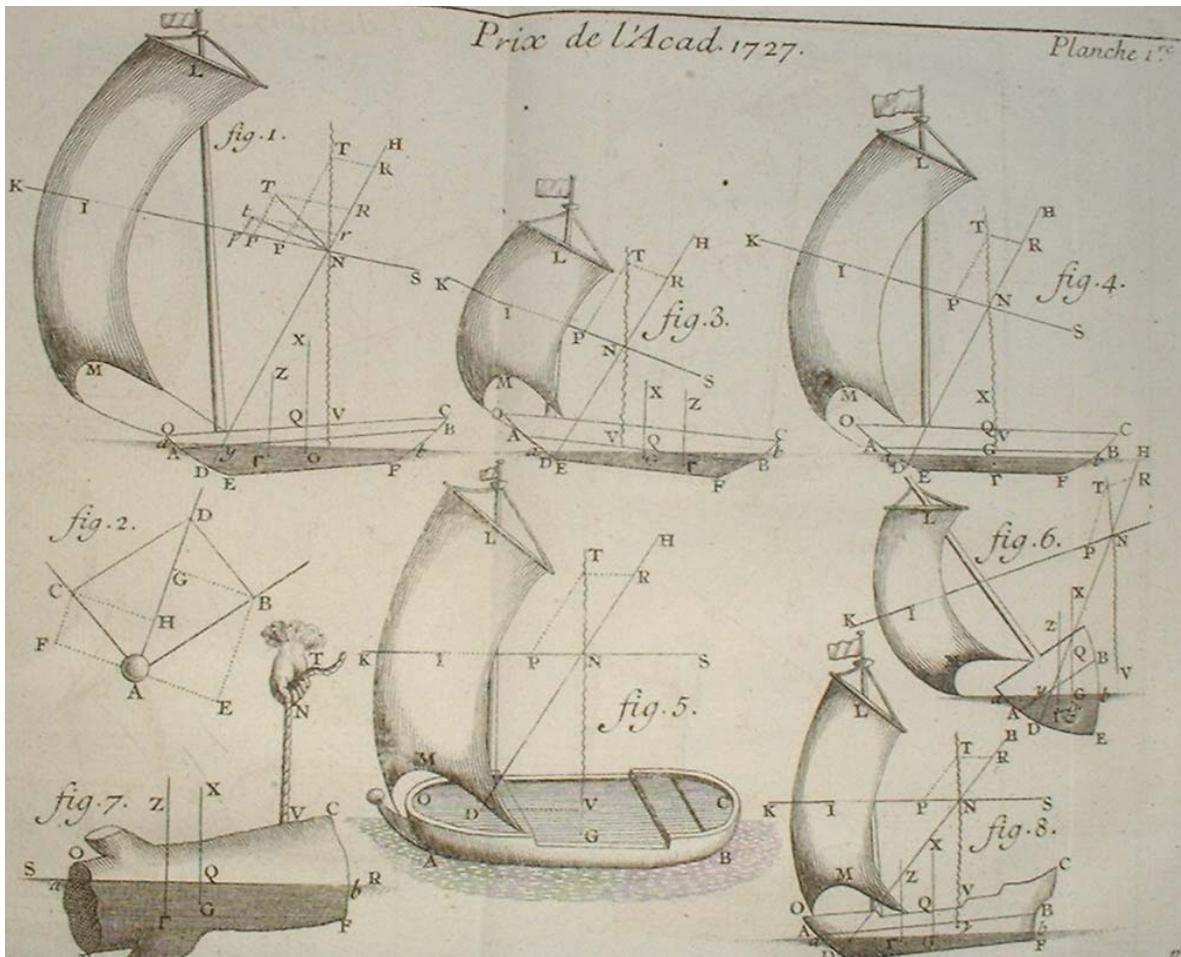


Illustration 2. 19, Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'académie, 16 x 21 cm.

Les aspects du graphisme scientifique ne faisant pas l'objet de notre étude, nous ne les développerons pas davantage pour nous tourner vers le prix de 1741 figurant au tome cinq du recueil et relatif à *la meilleure construction du cabestan*. On aura quand même remarqué la liaison très étudiée entre un dessin réaliste des voiles, un schéma de la carène et les figures géométriques exposant la composition des forces agissantes sur les voiles. *La meilleure construction du cabestan* est une proposition qui émane de M. Delorme de l'Académie de Lyon et qui présente un cabestan à écrevisses et un cabestan à bras, l'un et l'autre étant accompagné d'un modèle. Nous retiendrons deux planches, l'une comportant deux représentations en perspective et précisant la mise en situation de l'objet technique, (illustration 2.20), la seconde définissant l'architecture du cabestan à écrevisses. Nous retenons d'ailleurs dans les précédentes

pages le même dessin, (*illustration 1.4*), mais nous estimons qu'il est utile de le présenter à nouveau afin de mieux observer les dispositions constructives retenues par Delorme (*illustration 2.21*).

La *représentation perspective du cabestan à écrevisse* donne une idée de la mise en situation de l'objet technique et de la fonction de chacune des pinces nommées *écrevisse*. La lecture du *plan et élévation géométrale du cabestan à écrevisse* s'opère en suivant le contenu de la note d'accompagnement qui ne comporte pas moins de douze pages.

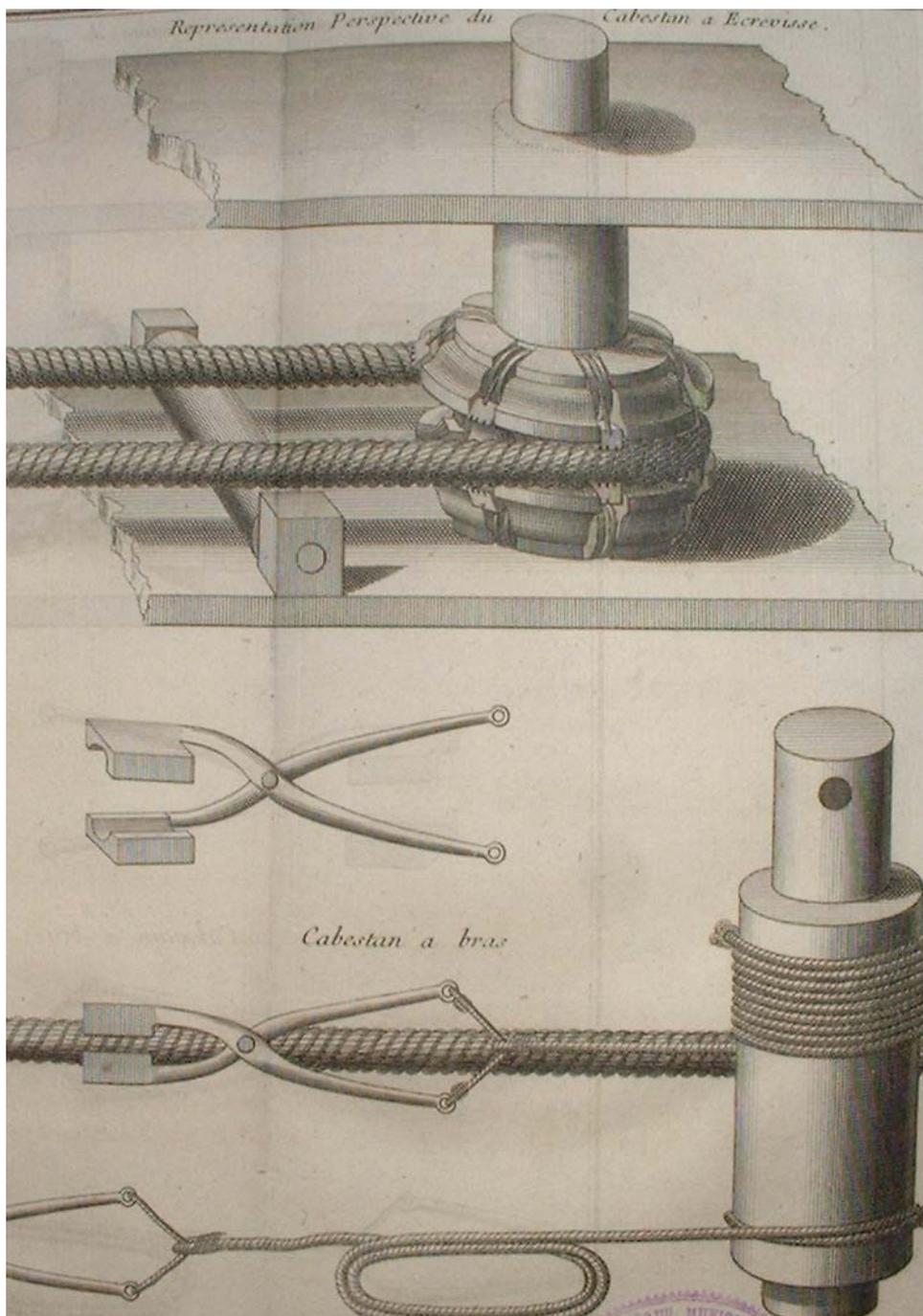


Illustration 2. 20, Recueil des pièces, 21 x 16 cm.

Sur cette planche XXI du recueil des pièces, (*illustration 2. 21*), nous observons que la projection nommée *élévation* correspond à une vue de face extérieure, alors que la vue appelée *plan* n'est autre que la vue de dessus, qui comporte d'ailleurs, représentées en traits interrompus courts, les formes cachées des logements des écrevisses. Le corps ou *fût* du cabestan est représenté seul selon deux projections et l'auteur décrit dans sa note, phase par phase, les usinages successifs en s'exprimant dans l'esprit de l'extrait qui suit:

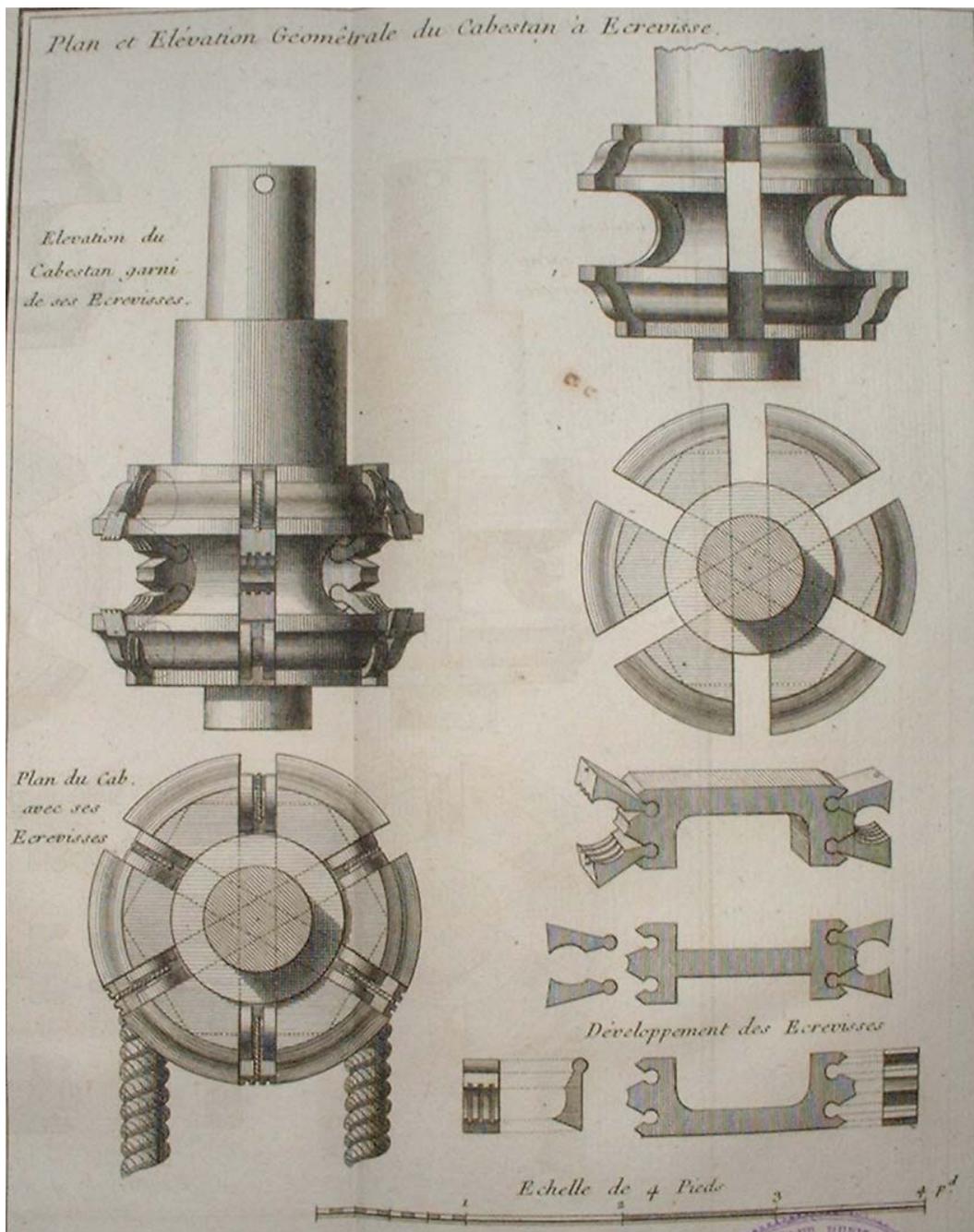


Illustration 2. 21, Machines et inventions, Gallon, 21 x 16 cm.

Le cabestan est percé diamétralement à jour par trois mortaises qui se croisent au centre, et dont les ouvertures répondent aux intersections des six cannelures droites avec la grande cannelure du contour. Leur hauteur est de six pouces, leur largeur de deux pouces six lignes⁶², et leur profondeur de douze pouces, diamètre du fût. Les deux parties supérieure et inférieure du renflement séparées par la grande cannelure, sont taillées en moulures.

La première représente un talon renversé, et l'autre un talon droit, ayant cinq pouces de hauteur, et trois de profondeur; l'une et l'autre exigeraient un cercle de fer pour renforcer et entretenir leurs parties.

(page 275, volume V du recueil).

Chaque forme projetée est décrite dans le texte et afin d'en faciliter la lecture, l'auteur use d'analogies avec des profils observables sur d'autres objets plus communs et susceptibles d'exister dans l'environnement immédiat du lecteur. L'essentiel de l'étude porte sur un point qui différencie ce cabestan des cabestans déjà en usage sur les vaisseaux, à savoir ce pincement de la tournevire⁶³ par les écrevisses. *J'appelle écrevisse, l'artifice qui saisit et fait passer la tournevire sur la moitié de la circonférence de la lanterne, pendant que le cabestan vire*, (page 276, tome V). Nous remarquons que, s'agissant des pièces de révolution, il n'est pas encore d'usage de faire figurer sur le graphisme leurs axes. Ici encore la cotation n'est pas portée sur les vues, seule la mention de *l'échelle de 4 pieds* précisée au bas de la planche permet une première approximation des grandeurs. Les outils graphiques retenus pour définir les formes et la conception même des écrevisses ont des caractéristiques voisines de ceux utilisés aujourd'hui, la représentation intitulée: *Développement des Ecrevisses*, en témoigne même si la vue de droite est placée à la droite de la vue de face et la vue de gauche, à la gauche de la vue de face. La correspondance des différentes vues est appuyée par des lignes de rappel exécutées en traits continus fins. Comme nous le signalions à propos de planches précédentes, le tracé des ombres est généralisé. A l'analyse de la longue note d'accompagnement des dessins nous pouvons affirmer que le concepteur fait un grand pas vers la réalisation:

Les pinces de l'écrevisse sont égales et semblables; ce sont autant de secteurs de cylindre avec des coupes que l'on ne peut mieux décrire, qu'en rapportant des opérations supposées, qui auraient pu être employées à leur construction. Un cylindre de cinq pouces de rayon, et de deux pouces six lignes de hauteur, a été coupé en dix secteurs égaux pour dix pinces. Ils ont été mis les uns sur les autres en pile base sur base. Après avoir émoussé l'angle rectiligne de cette pile, on y a uni et incorporé une baguette cylindrique d'un pouce de diamètre, que l'on a coupée en dix portions égales...

(page 277, tome V du recueil).

⁶² Ligne: Ancienne mesure de longueur, douzième partie d'un pouce (1 pouce= 0,0255m), le pouce correspondait quant à lui à la douzième partie d'un pied (1 pied valait environ 0,33 m).

⁶³ Tounevire: Aussière enroulée sur le cabestan et servant à virer les ancres quand on ne se servait pas encore de chaînes. Autre appellation: Grelin.

La contribution de Jean Gaffin Gallon pour une communication sur les machines et sur les inventions nous apparaît exceptionnelle en ce milieu du 18^{ème} siècle. Dans le prolongement de la présentation de *l'inventaire* construit par Jean Gaffin Gallon, nous proposons une analyse des ouvrages que publie M. Borgnis entre les années 1818 et 1823. Nous mentionnions déjà, en introduction, ces différents traités parus à Paris, à la librairie Bachelier, 35 quai des Augustins. Les dates d'édition de ces ouvrages nous intéressent car elles coïncident avec la fin de la période d'étude que nous nous sommes fixée. Nous tenterons donc de mettre en évidence les évolutions observées en matière d'utilisation des outils graphiques depuis les parutions dues à Gallon, près d'un siècle plus tôt.

2.3: Giuseppe-Antonio Borgnis, (vers 1780), et ses contributions pour une compréhension du fonctionnement des machines.

Nous allons donc consacrer un temps à l'analyse des travaux et des publications de Borgnis⁶⁴, ingénieur d'origine italienne. A ce jour nous possédons peu d'informations sur cet homme illustre né vers 1780 en Italie. Son œuvre mérite, ô combien, plus qu'un simple détour!. En effet, ses travaux et ses recherches vont le conduire vers l'établissement d'une théorie relative à la classification des machines, domaine d'étude nouveau pour ce qui est des *Arts mécaniques*. Ainsi que nous le verrons dans la suite de nos propos, ce champ sera un objet de réflexion et d'étude pour plusieurs *mécaniciens experts*, tels que Lanz, Hachette, ou Christian par exemple.

Pas moins de huit tomes composent son: *Traité complet de mécanique appliquée aux arts* dont la dédicace va à Christian, directeur du conservatoire des arts et métiers. Le premier tome (*illustration II.22*), paru en 1818, concerne la *composition des machines*. Borgnis y propose une méthode de classification des machines, classification que nous développerons au chapitre 6, relatif à l'étude des systèmes techniques. Chacun des tomes suivant traite d'un thème central: *du mouvement des fardeaux-1818-; des machines employées dans des constructions diverses- 1818-; des machines hydrauliques-1819-; des machines d'agriculture-1819-; des machines employées dans diverses fabrications-1819-; des machines qui servent à confectionner des étoffes- 1820-; des machines imitatives et des machines théatrales-1820-*.

La production de machines et d'appareils devient conséquente à cette époque, aussi Borgnis dit faire le choix de présenter les systèmes qu'il estime les plus performants et dont le coût de fabrication est le moindre pour un service identique. Il met l'accent sur la facilité de réalisation et sur le degré de complexité de la mise en œuvre. Sa sélection est traduite sous la forme de dessins effectués par Girard⁶⁵, dessinateur à l'école polytechnique et gravés par Adam. Ce ne sont pas moins de 249 planches qui composeront le *Traité complet de mécanique appliquée aux arts* de Giuseppe Antonio Borgnis.

Cet ouvrage est suivi et complété par deux autres, l'un intitulé: *Théorie de la mécanique usuelle ou introduction à l'étude de la mécanique appliquée aux arts* et édité en 1821, l'autre portant ce titre: *Dictionnaire de mécanique appliquée aux arts* paru en 1823.

⁶⁴ Borgnis, Giuseppe-Antonio, italien, né vers 1780 à Domo d'Ossola au pied du Simplon, mécanicien, ingénieur, professeur de mécanique à l'université de Paris. Archivio bibliografico cumulativo- Istituto e museo di storia della Scienza, Firenze, Italia.

⁶⁵ Girard, Philippe-Henri de, né à Lourmarin dans le Vaucluse en 1775 et décédé à Paris en 1845, ingénieur particulièrement brillant.

La manutention des matériaux fait l'objet du second tome du traité de mécanique. L'ingénieur Giuseppe Antonio Borgnis compose un inventaire des machines existantes et relate des expériences menées par plusieurs ingénieurs, expériences qu'il estime d'ailleurs prometteuses. Au-delà de la description et de la classification des machines, il en définit l'usage et les motifs qui conduisent à leur réalisation.

Ce traité spécial a pour but un des objets les plus importants de la mécanique pratique, le *mouvement des fardeaux*. Sous cette dénomination, je comprends toutes les espèces de translations et de changements de position que l'on peut faire subir aux corps inanimés, depuis les plus petits jusqu'aux plus gigantesques. Il est divisé en trois livres. Le 1^{er} traite des différentes machines dont on fait usage pour imprimer le mouvement à des fardeaux quelconques; le 2^{ème} de leur transport sur des plans horizontaux ou inclinés; enfin le 3^{ème} de leur levage vertical ou oblique.
(*introduction de l'avertissement, tome II*).

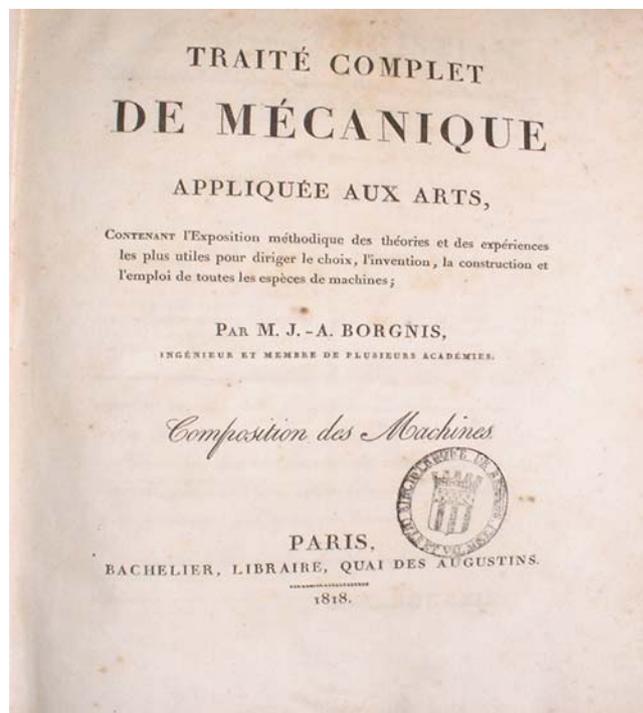


Illustration 2. 22.

Nous relevons dans le frontispice, (*illustration 2.22*), deux mots-clés de toute importance: *Théories* et *invention*. Ces mots introduisent des domaines de recherche qui contribueront à faire progresser les arts mécaniques.

Le tome trois présente des *machines employées dans les constructions diverses*. Borgnis introduit cet ouvrage en soulignant combien *la mécanique appliquée aux arts n'est qu'une partie de la technologie, science immense, qui renferme le domaine entier de l'industrie humaine*. Il voit dans la technologie trois branches principales: l'architecture technique, la mécanique appliquée aux arts et enfin, la chimie usuelle.

Nous remarquerons qu'il n'emploie pas le mot *technique*. La première branche se rangerait aujourd'hui dans une rubrique de l'esthétique industrielle. Elle a pour base, selon Borgnis, *le dessin* qui définit, sans superflu et sans abondance, les formes et les ornements des diverses productions industrielles. Cette architecture industrielle constitue une branche particulière des *arts libéraux* et demeure soumise, selon Borgnis,

aux règles de convenance, de proportion, d'eurythmie⁶⁶, de symétrie, son but principal est de remplir avec simplicité, économie et solidité toutes les conditions exigées par la destination de chaque objet.
(*Préface, tome II.*).

Quant à la mécanique appliquée aux arts, elle dirige l'exécution des objets dont l'architecture technique a fixé la configuration. Contrairement à l'architecture technique, les arts mécaniques ne subissent pas les effets de la mode, *du goût du moment* selon Borgnis. Dans les arts mécaniques, le dessin et l'exécution ne sont pas soumis à ces influences et n'envisagent que l'économie et la perfection de la main d'œuvre. Cependant Borgnis se garde bien de dissocier l'architecture technique des mécaniques appliquées aux arts, mais il fait observer que *la marche de la première est irrégulière*, alors que la mécanique *n'abandonne point le chemin direct*.

Borgnis milite pour une information accessible par chacun et vise l'efficacité, l'utile afin de faire évoluer les *procédés techniques*. Au delà d'une description graphique commentée des systèmes techniques performants qu'il dit avoir sélectionnés, Borgnis consacre bien du temps pour expliquer au lecteur les conditions d'une mise en œuvre rationnelle des machines retenues. Pour répondre à cette mission qu'il s'est assignée, il use d'outils graphiques pour *mettre en situation* chaque système. Dès lors, ce livre revêt les caractères d'une technologie élargie ne se limitant pas à une description d'objet mais prenant en compte l'environnement, l'usage et, en quelque sorte comme nous le dirions aujourd'hui, la maintenance de systèmes techniques; en somme, une information à caractère technologique susceptible de développer *un savoir faire technique*.

La planche XIII extraite du tome 2 peut illustrer ces propos (*Illustration 2. 23*). Borgnis rapporte une situation technologique datant de 1783 et concernant le renflouement d'un navire. Sa démarche a pour but essentiel, au-delà de relater un fait, de mettre en évidence les principes retenus pour cette *extraction mémorable du vaisseau le Phénix qui était submergé dans la lagune de Venise*.

⁶⁶ Eurythmie: Combinaison harmonieuse des lignes, des proportions dans un ouvrage d'art.

Cette extraction est une des plus célèbres dont on ait connaissance. Les procédés très ingénieux qui furent mis en usage à cette occasion ont été soigneusement décrits dans un ouvrage publié par le sénateur Zusto, par ordre du gouvernement vénitien. Le vaisseau de ligne *le Phénix*, de 74 canons, échoua l'an 1783 dans le canal de Spidon, proche de la principale embouchure de la lagune de Venise. La submersion de ce vaisseau, dans une situation aussi importante, produisit de si graves inconvénients, que le sénat de Venise fut obligé d'en ordonner l'extraction malgré les nombreux obstacles qui rendaient cette opération extrêmement difficile et coûteuse. Le vaisseau, submergé à une profondeur de 36 pieds sous le niveau ordinaire de l'eau.... (page 120, tome II).

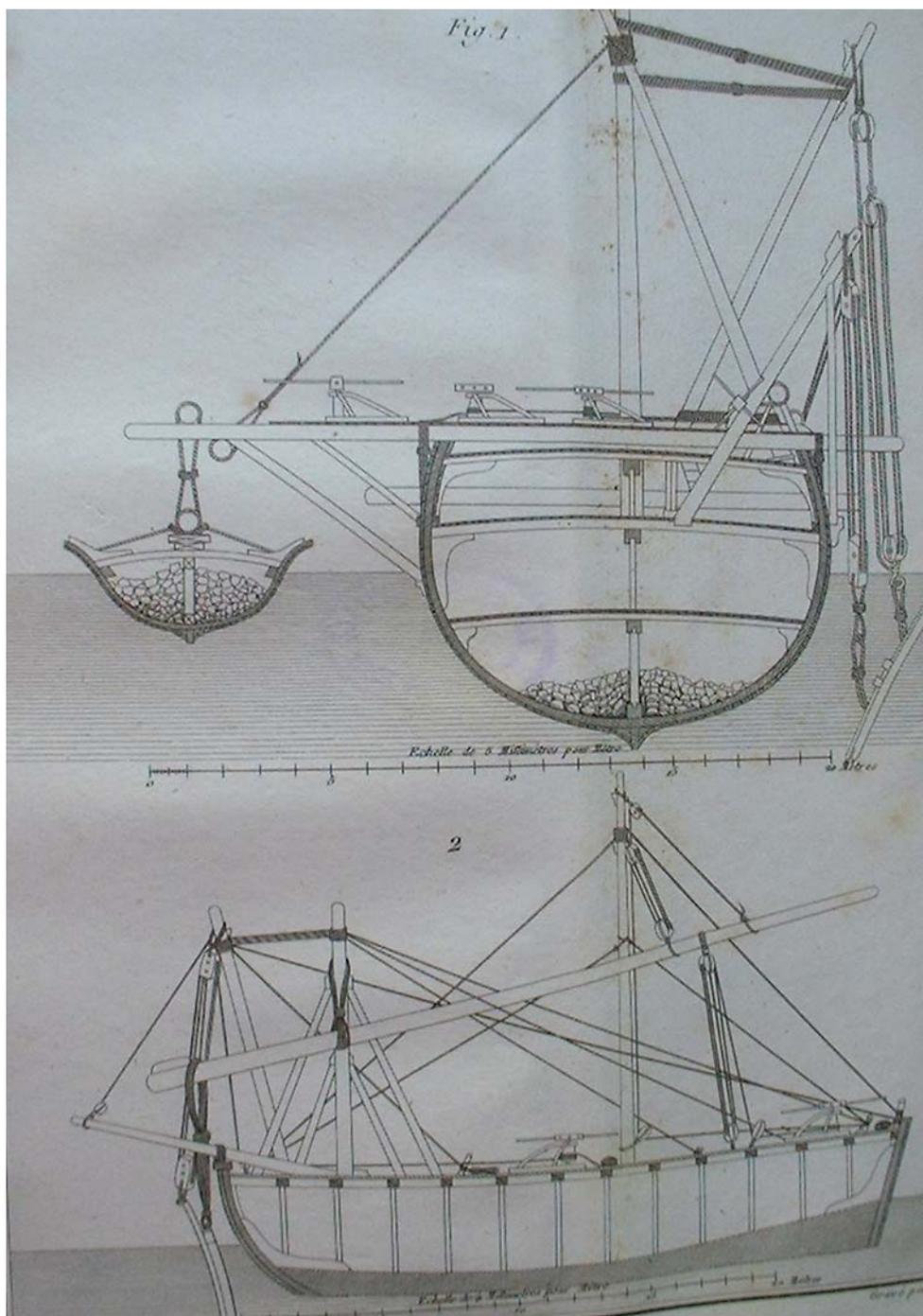


Illustration 2. 23, *Traité complet de mécanique appliquée aux arts*, Borgnis, 15 x 20,5 cm.

Les quatre pages développées par Borgnis sont très précieuses pour comprendre le dispositif de renflouage avec ses cabestans, caliornes, leviers, câbles, cordages et pièces de bois de dimensions peu communes. Cette opération qui a nécessité de mettre en action plus de 600 hommes fût un succès mais dura plus de deux ans!

Cette grande opération, comparable à tout ce que la mécanique a produit de plus étonnant, dura plus de deux années, et exigea une énorme quantité de matériels.
(page 123, tome II).

Nous observons que le dessin, s'il propose une première mise en situation, ne suffit pas à lui seul pour s'approprier l'ensemble de l'appareillage qui a été mis en œuvre pour une telle opération de renflouage. Le graphisme de la planche XIII donne par la figure 1, vue en coupe de l'un des vaisseaux, une idée de la conception du dispositif de levage. La figure 2 vient compléter cette information mais l'auteur n'a pas le souci d'une correspondance des vues. Le texte d'accompagnement précise que quatre vaisseaux sont mis en œuvre, à tribord du vaisseau submergé, à bâbord, à la poupe et enfin à la proue. Une des caractéristiques principales du graphisme que nous trouvons dans l'ouvrage de Borgnis est bien de participer à la constitution d'une source d'informations complémentaires aux descriptifs formulés par l'écriture ordinaire. L'analyse du trait est indissociable de la lecture de la *notice technologique* qui l'accompagne.

Nous présentons l'aboutissement d'un travail de recherche mené par Christian, directeur du Conservatoire des Arts et Métiers à propos du teillage du chanvre sans rouissage préalable. Il s'agit d'une machine à teiller conçue à partir de l'idée de l'ingénieur anglais Lee. Borgnis estime que tout le mérite revient à Christian qui ne doit à Lee que l'énoncé du problème. La planche XXIV définit cette machine qui, selon Borgnis, *enrichit l'industrie française d'un procédé de la plus haute importance*. Les trois vues de cette machine ne sont pas nommées «vues» mais «figures» et elles ne sont pas disposées selon les règles d'une quelconque normalisation. Cependant, la lecture est commode même si l'ensemble des dispositions constructives n'y est pas défini. Mais Borgnis souligne dans son texte le montage flottant des axes des rouleaux périphériques qui peuvent ainsi exercer une pression radiale quelque soit l'épaisseur de la matière d'œuvre à traiter. Cette disposition originale fait de cette machine un système technique pouvant être destiné à d'autres fonctions telles que le lavage et le blanchiment des filasses ou le lavage et l'essorage du linge. La figure 2 correspond à une coupe transversale sur laquelle les pièces coupées portent soit un *grisé*, soient des hachures. Les vues ne sont pas cotées et seule l'échelle commune est précisée au centre

de la planche. Les conditions d'utilisation de cette machine, *expérimentée sur le terrain par Christian*, sont également décrites, (*Illustration 2. 24*).

Un enfant prend une poignée de tiges, les étale sur la largeur de la machine, les présente par les racines sous ma pièce de bois en trémie x, fig.2, qui empêche que les doigts ne s'engagent sous les rouleaux. Un homme tourne la manivelle y, et la poignée passe, en se brisant et se frottant, par tous les rouleaux, et vient sortir devant l'enfant par-dessus le rouleau qui porte la manivelle. (*page 216, tome III*).

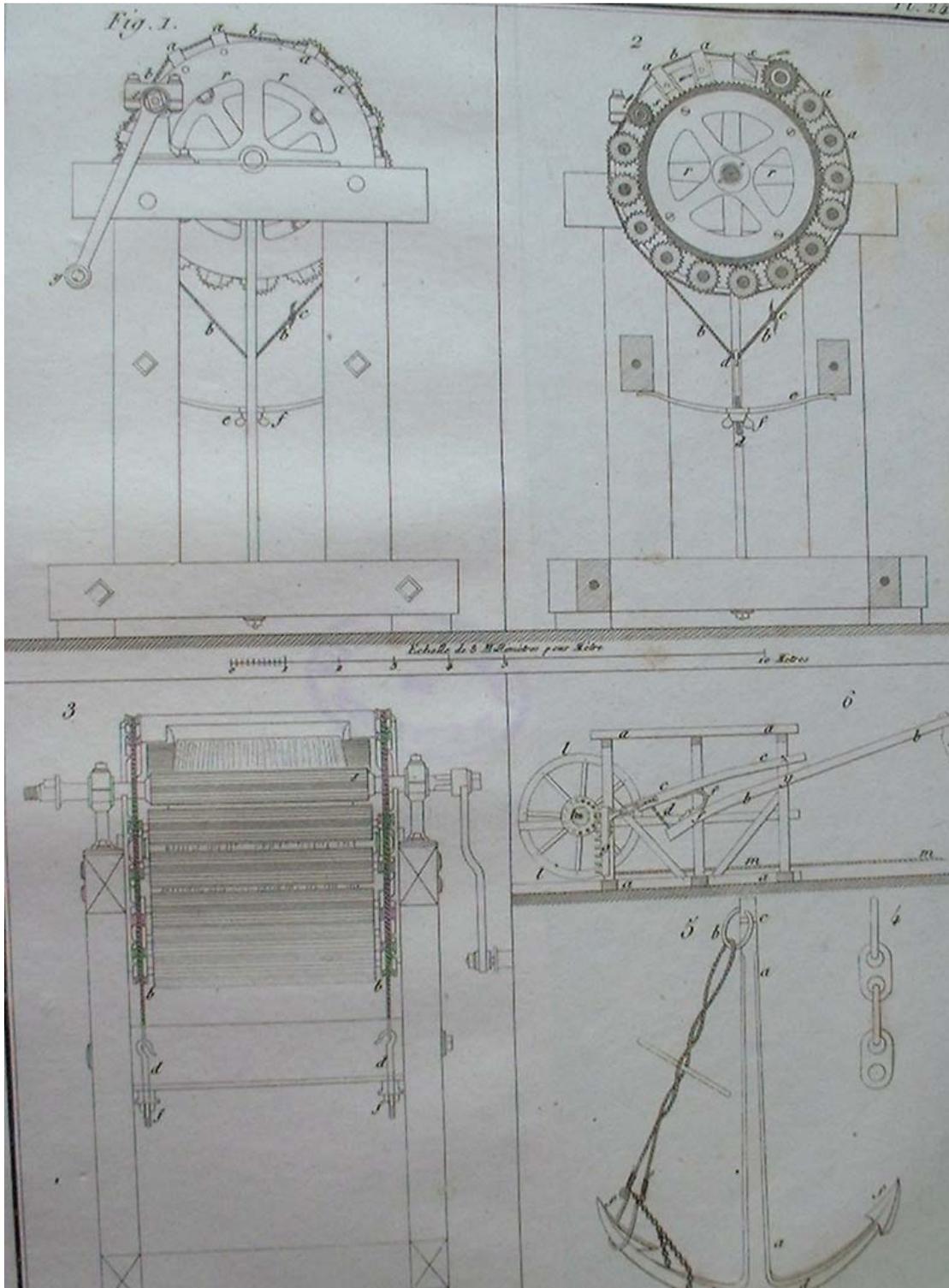


Illustration 2. 24, Traité complet de mécanique, Borgnis, 1818, 15 x 20,5 cm.

Le quatrième tome est dédié aux *machines hydrauliques*, celles mues par un courant d'eau et celles dont la fonction est d'élever une quantité de liquide. Nous trouvons toujours cette volonté de dresser et de diffuser un état de la production industrielle du moment, tout en sélectionnant les systèmes techniques alors estimés les plus performants par Borgnis.

L'objet spécial de ce volume est de décrire et d'examiner comparativement ces dernières machines qui retiennent le nom de *machines hydrauliques*, lors même qu'un moteur, autre qu'un courant d'eau, les met en action.

Dans ce volume, comme dans les précédents, nous nous sommes prescrit non seulement de décrire les machines qui nous ont paru les plus utiles, mais d'indiquer les cas particuliers dans lesquels elles doivent être employées; les méthodes à suivre, les précautions à adopter, les inconvénients à prévoir et à éviter, pour qu'elles puissent donner le produit le plus avantageux avec la moindre dépense possible.

Les outils graphiques que Borgnis fait mettre en œuvre servent surtout à capter l'attention du lecteur en lui faisant apercevoir l'utilité des objets qu'on lui présente et en exposant les détails pratiques qui en accompagnent l'usage. Borgnis place au second rang la compréhension purement technique des machines, estimant que leur description *s'accompagne d'aridité* pour les personnes non averties. Dès lors le graphisme traduit, par des formes simplifiées, souvent en vues extérieures, des installations complexes qui associent de nombreux sous ensembles et éléments. La machine à colonne d'eau inventée et présentée à l'académie royale des sciences par un certain Denisart en 1731 et érigée à Sèvres, est traduite dans son principe de fonctionnement par les figures de la planche XII (*illustration 2. 25*). Elles sont représentées sous forme de dessins simplifiés, proches de nos schémas de principe actuels. L'usage de projections orthogonales, en coupe, se systématise. La démarche nécessaire pour la compréhension *du jeu des machines*, est décrite d'une façon linéaire dans une notice jointe à la planche, mais sans développement de principes de mécanique hydraulique. Borgnis prend appui sur la figure 3 pour expliquer *le jeu* de la pompe imaginée par M. Denisart. Quant aux figures 4 et 5, elles guident le lecteur qui s'intéresse à la machine de Bélidor⁶⁷, auteur, en particulier, d'un ouvrage d'architecture hydraulique et d'un dictionnaire à destination de l'ingénieur. Nous analyserons, au chapitre 4, ces oeuvres éditées respectivement en 1755 et en 1782. La machine à colonne d'eau conçue par Bélidor se caractérise par son cylindre à double pistons de diamètres différents et par son régulateur de débit composé d'un ensemble de leviers agissant sur la commande d'un robinet.

⁶⁷ Bélidor, Bernard-Forest de, 1693-1761, ingénieur, professeur à l'école d'artillerie de La Fère-en-Tardenois (Aisne), colonel d'infanterie, a écrit un certain nombre d'ouvrages sur l'architecture civile, l'architecture militaire et les fortifications, la balistique, un cours de mathématiques et un livre sur l'architecture hydraulique.

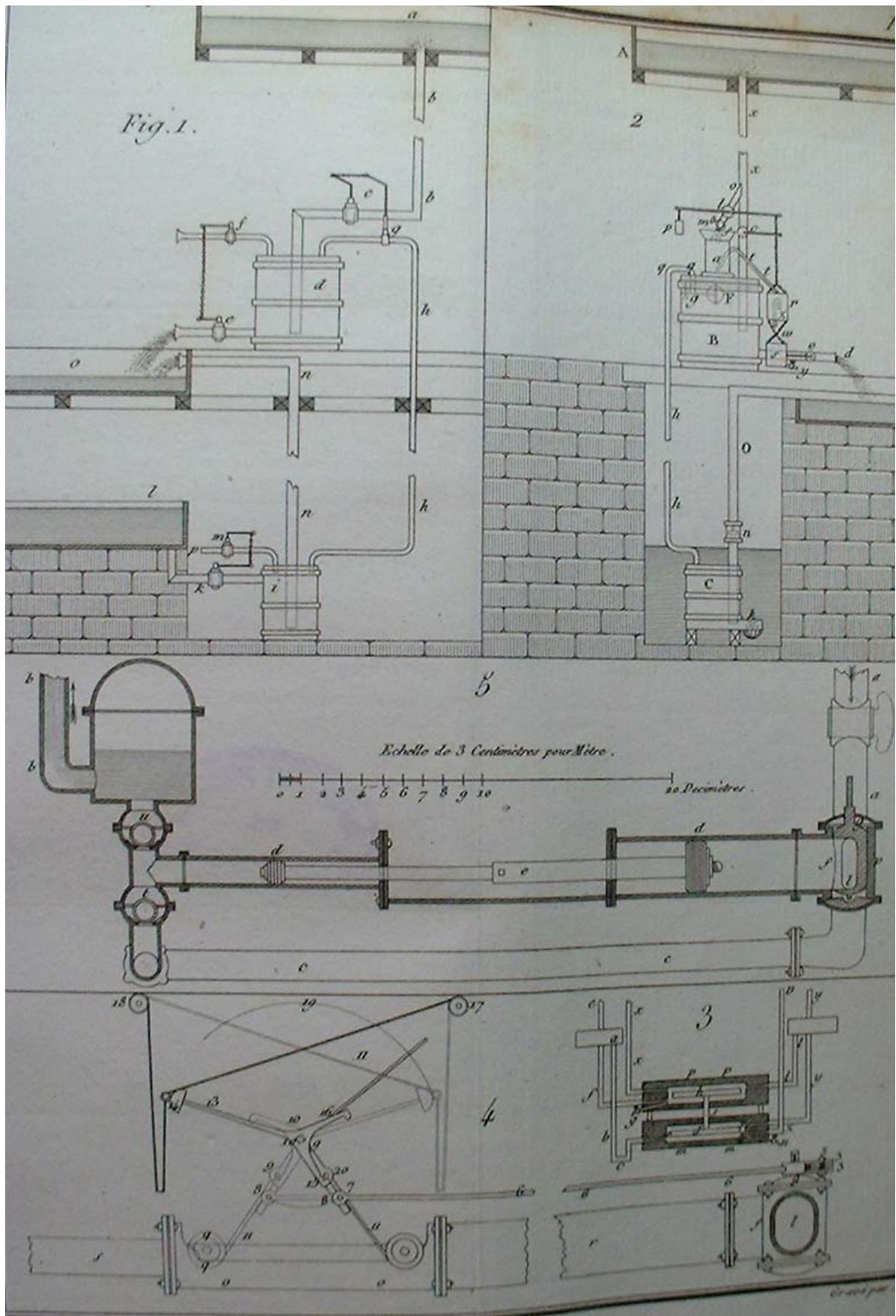


Illustration 2. 25, *Traité complet de mécanique*, Borgnis, 1819, 15 x20,5 cm.

Borgnis consacre l'un de ses volumes à la présentation *des nombreuses machines et instruments appliqués aux besoins immenses de l'agriculture*. Le lecteur visé est surtout l'agriculteur: *Nous écrivons pour ces agriculteurs, hommes précieux dont la vie est entièrement consacrée à servir de pères nourriciers au genre humain*. Borgnis s'efforce de limiter sa sélection aux machines *peu dispendieuses*, fiables et d'un usage aisé.

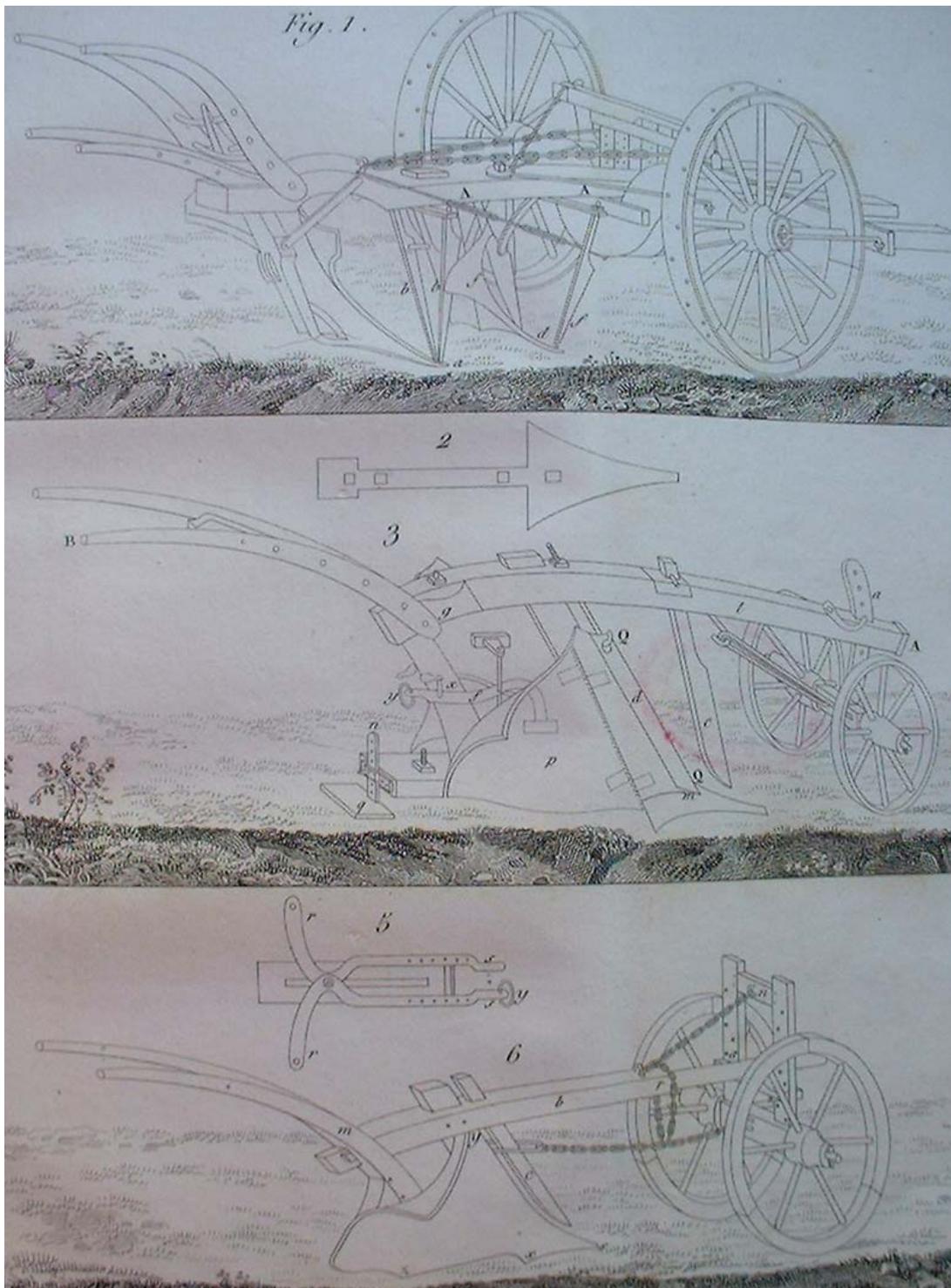


Illustration 2.26, *Traité complet de mécanique*, Borgnis, 1819, 15 x 20,5 cm.

Malgré ces contraintes, la «panoplie» demeure étendue: araires, charrues, herses, rouleaux, ravales, buttoirs, machines à broyer, machines à battre le blé, cribles et tarares, moulins, machines à faner....

Simplicité, solidité, construction facile, léger entretien, sont des qualités que les machines destinées à l'agriculture et à l'économie rurale et domestique devraient toujours avoir. Il n'est cependant pas possible en mécanique de remplir constamment et simultanément toutes ces conditions; mais les solutions qui s'en écartent le moins doivent être regardées comme les meilleures.

(page ij, préface tome 5, des machines de l'agriculture.).

Nous retiendrons la planche V (*illustration 2.26*) dans laquelle Borgnis opte pour "l'image", une représentation sans *luxé mécanique*, sous forme de perspectives, de trois modèles de charrues. Les repères portés sur chacune des figures guident le lecteur. L'information donnée par la *notice technique* jointe est certes destinée aux acteurs de l'économie rurale mais aussi aux *hommes éclairés* capables d'inventions susceptibles de servir l'agriculture et de réduire la pénibilité des travaux agricoles. La représentation d'une machine dont la fonction est d'*écraser des graines oléagineuses* est une traduction d'un graphisme qui s'affirme au cours des vingt premières années de ce 19^{ème} siècle. Nous retenons ce broyeur, non pas pour l'originalité de sa conception, mais pour les qualités graphiques de son dessin.

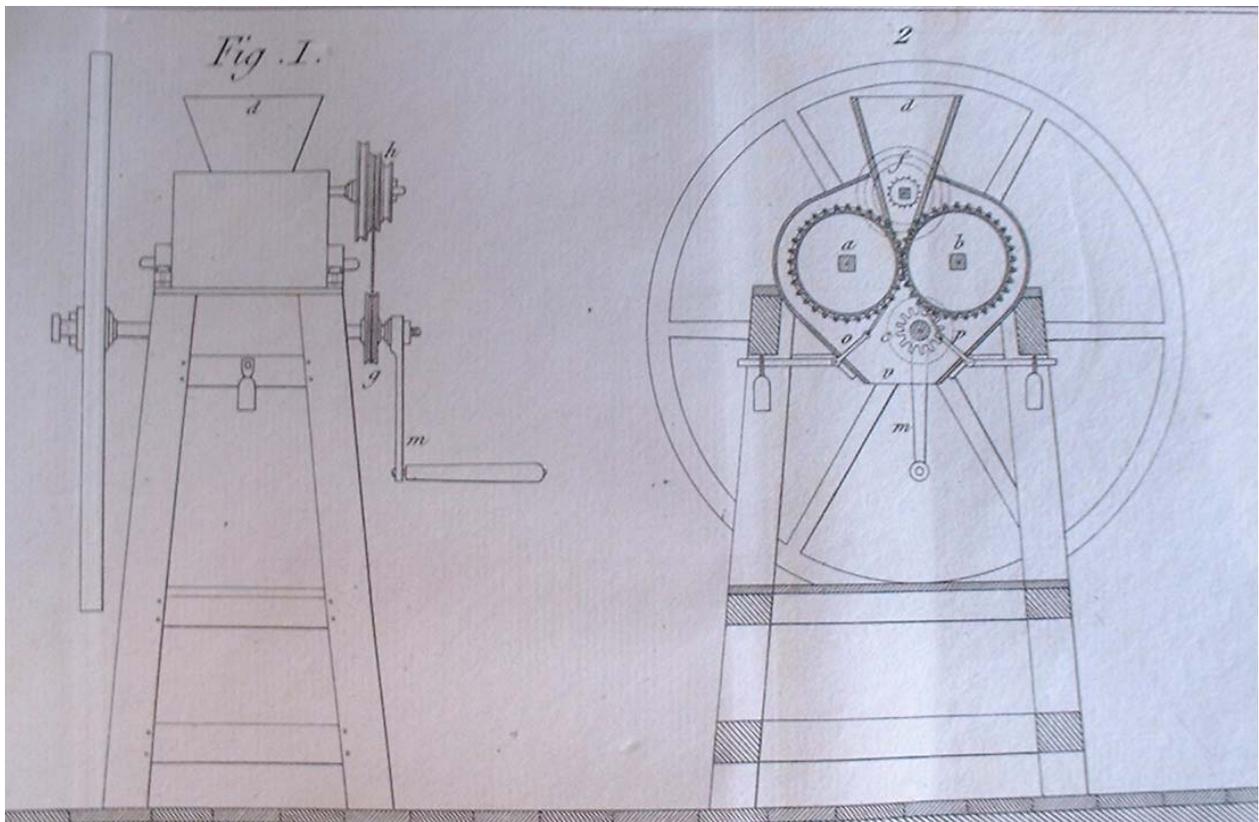


Illustration 2.27, broyeur, extrait, Pl 15, Traité de mécanique, Borgnis, 20,5 x 15 cm.

Le tracé est particulièrement soigné sur ces deux projections, dont l'une est une coupe longitudinale avec traverses du bâti hachurées. Chacune des vues est nommée *figure* et la coupe n'est pas encore désignée par son plan de coupe, comme par exemple, coupe A.A. La correspondance des vues ne répond pas encore aux conventions plus récentes associées au *cube de projection*. Si nous considérons que la figure 1 comme *vue de face*, la figure 2 est une vue de gauche sur laquelle le volant ne devrait pas figurer. Erreur de projection ou simple souci de définition du volant? Nous découvrons que le professeur de dessin, Leblanc, du conservatoire des arts et métiers, exploite le même système et il le retient dans la composition du recueil de machines qu'il fait paraître en 1830. Nous analyserons quelque uns de ses modèles au chapitre 7 de cette présente contribution.

Si nous rapprochons les deux planches: celle située dans le livre de Borgnis et celle figurant dans le recueil de Leblanc, nous sommes conduit à formuler quelques observations, quant à l'usage des outils graphiques par ces auteurs.

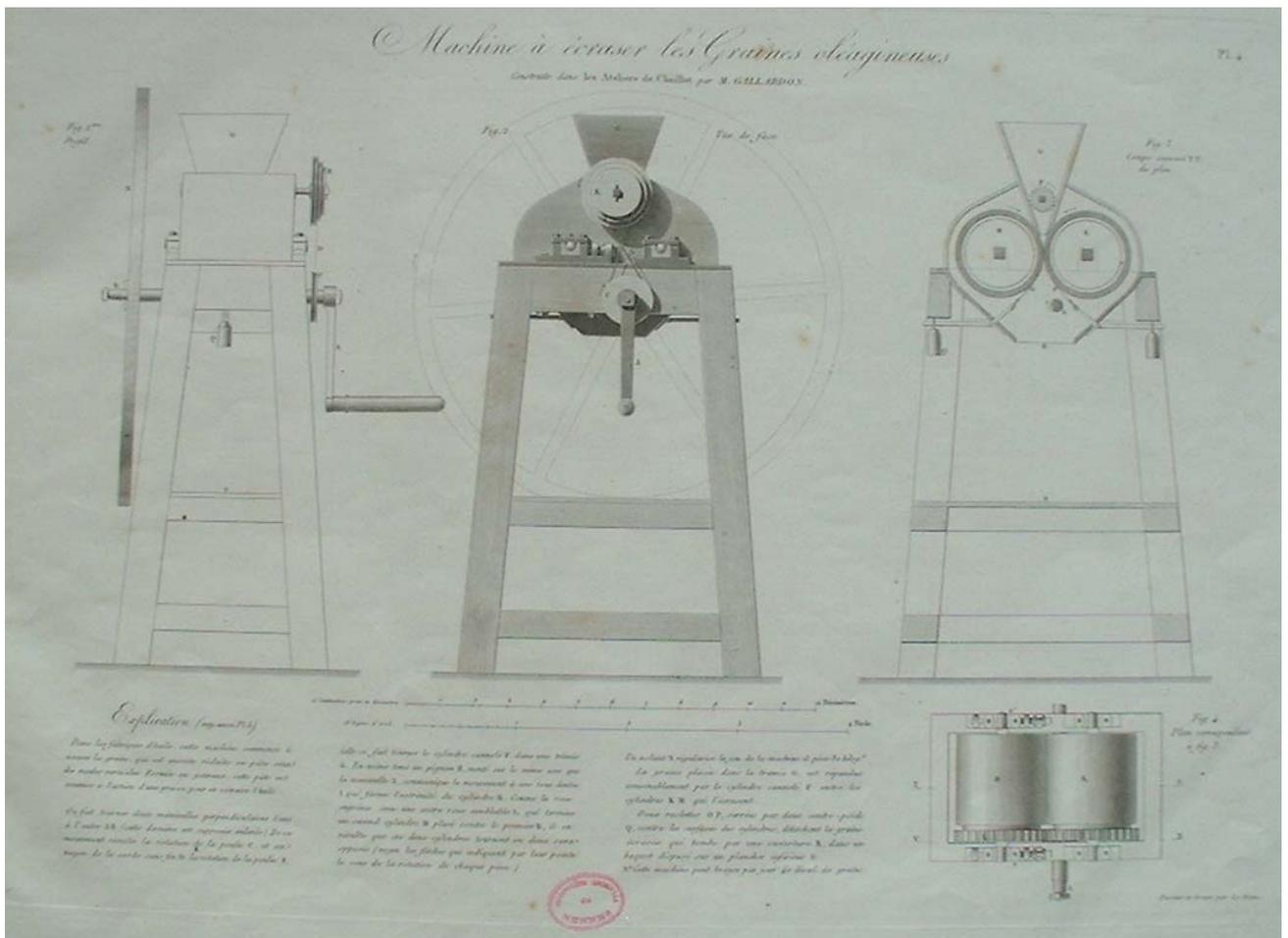


Illustration 2.28, Pl4, Dessins des machines, Leblanc, 240 x 360 cm.

Nota:La reproduction de la partie écrite de cette planche de grand format n'est pas lisible. Nous signalons quelle correspond aux explications du fonctionnement de ce broyeur.

Les figures 1 sont effectivement semblables, mais, chez Leblanc, la coupe est nommée, *coupe suivant T V*, TV correspondant aux traces du plan vertical repéré en vue de dessus. Leblanc ne dessine pas le volant, et choisit comme vue de face, la vue sur laquelle la manivelle et le système de transmission de mouvement, par poulies et courroie, sont visibles. Selon ce choix, la figure 2 correspondrait à une vue de gauche, et la manivelle serait alors représentée, coté gauche de la dite vue. Dans les faits, ces conventions et correspondances de vues ne présentent pas un caractère essentiel, d'autant que dans les cas présents la définition du broyeur est à nos yeux satisfaisante. Leblanc ajoute une vue de dessus afin de préciser plus finement le montage et les dimensions des cylindres d'entraînement et de broyage des graines. La définition des différents guidages et liaisons fait l'objet de plusieurs planches dont nous exploiterons certains dessins, au cours du dernier chapitre. Les deux auteurs n'ont sans doute pas les mêmes intentions vis-à-vis de leurs lecteurs, Borgnis développe, en s'appuyant sur un dessin, le principe de ce broyeur construit aux ateliers de Chaillot par un certain M.Gallardon, alors que Leblanc utilise ce support technique pour enseigner le maniement des outils graphiques et les fondamentaux de la technologie de construction de machines.

En ce début du 19ème siècle les progrès accomplis dans les domaines de *l'art de travailler les métaux* sont importants et dus, en partie, à l'avènement du moteur toujours plus performant; s'agissant, soit du moteur exploitant *la force expansive de la vapeur*, soit du moteur recevant l'action d'une force motrice d'origine hydraulique ou éolienne par exemple.

La fin du dernier siècle et le commencement de celui-ci fourniront à l'histoire de l'industrie une de ses plus belles pages. Aucune époque ne fût plus féconde en inventions importantes et en perfectionnements fructueux: dans aucune autre, les progrès des arts industriels ne furent plus rapides et plus étendus. L'art de travailler les métaux est un de ceux qu'un plus grand nombre d'améliorations enrichirent.

(introduction , tome 6, des machines employées dans diverses fabrications, page ij.)

Borgnis donne le *titre spécial* de "Traité des machines employées dans diverses fabrications" car dit-il, chacun des livres qui le composent se rapporte à une branche particulière de la *technologie*. La sélection de machines effectuée par Borgnis dans le domaine de la métallurgie est impressionnante et, sans en dresser une liste exhaustive, nous citons les patouillets, brocards, moutons, laminoirs, espatards, filières, tours, limes, et autres alésoirs. Une seconde partie de ce tome est consacrée aux machines employées dans les papeteries et dans les imprimeries, des lieux contribuant, entre autres, à la promotion de la communication

scientifique et technique. Une troisième partie traite des machines employées dans la préparation des peaux.

Les machines et appareils présentés mettent en œuvre de nombreux éléments et sous-ensembles. La représentation se traduit par des dessins de plus en plus complexes dont la lecture va exiger des connaissances techniques et des aptitudes au décodage de dessins techniques. Les connaissances indispensables au dessinateur appartiennent désormais aux domaines de la mécanique appliquée, de la résistance des matériaux et de leurs conformations et usinages, de la technologie concernant les guidages, les liaisons et les systèmes de transmission d'énergie et de transformation de mouvements. La transcription sur des plans de ces éléments demandera aux dessinateurs d'opter pour des choix de codes et de symboles pour les représenter et pour les rendre lisibles à tout lecteur.

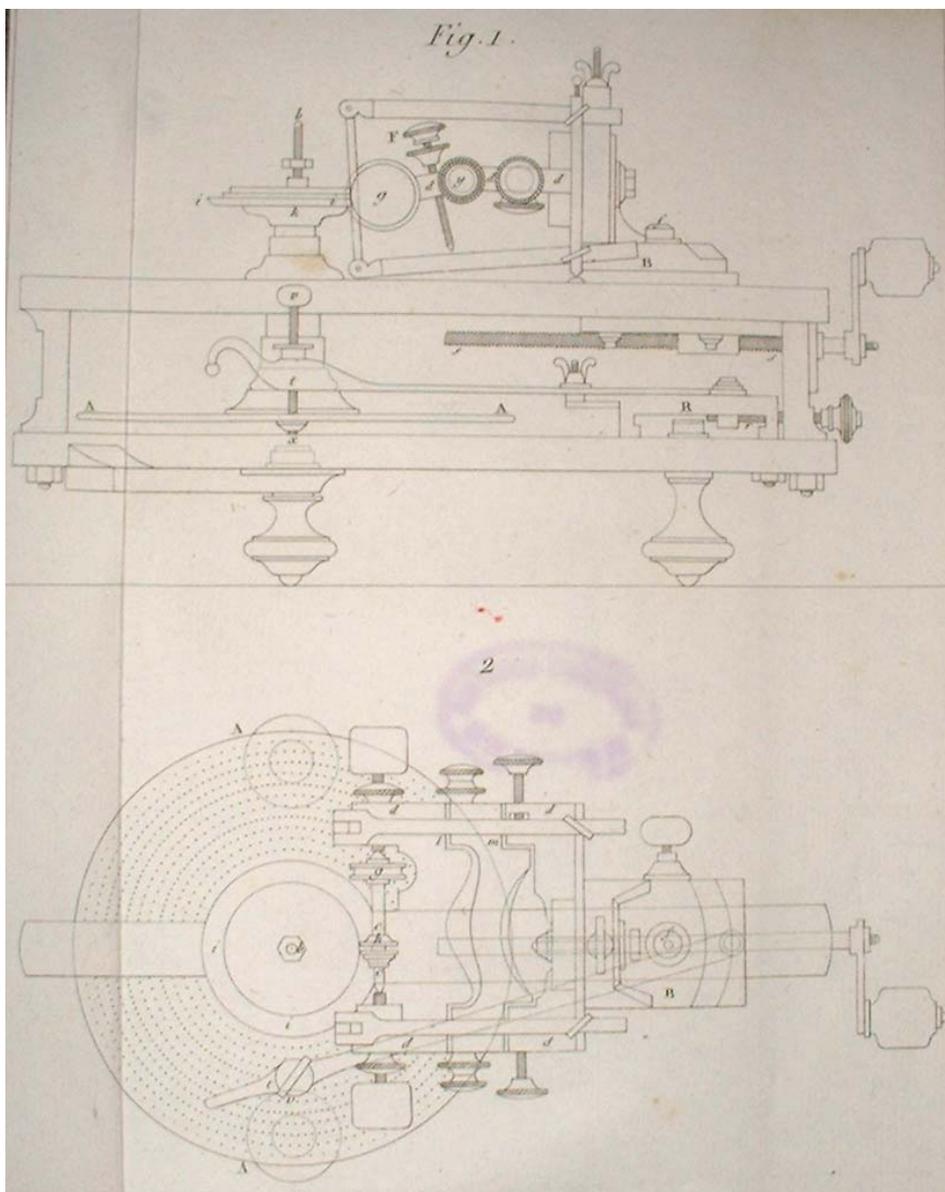


Illustration 2.29, *Traité complet de mécanique*, Borgnis, 15 x 20,5 cm.

Nous analysons la *machine pour tailler et arrondir les dents des roues*, invention d'un certain Petit-Pierre et présentée par le dessin ci-dessus. (*Illustration 2. 29*).

Nous pouvons admettre une correspondance des deux vues, le dessinateur considérant que la figure 1 se nomme *élévation* et la figure 2 *plan*. Selon les règles européennes actuelles, il s'agit d'une vue de face et d'une vue de dessus même si toutes les pièces ne sont pas projetées *en correspondance* comme c'est le cas de la projection de la manivelle. L'ensemble est dessiné en vue extérieure et les zones cachées figurent en trait continu fin; il n'est pas fait usage des traits interrompus courts. Les liaisons et les guidages demeurent non définis et mais les filets hélicoïdaux des vis d'assemblage et de transformation de mouvement sont tracés.

L'analyse de cette planche montre les limites d'une compréhension d'un fonctionnement de systèmes techniques par l'intermédiaire de représentations, de dessins en vues extérieures de systèmes mécaniques complexes. L'usage de vues complètes ou partielles en coupe aurait donné une meilleure lisibilité au graphisme. L'absence de nomenclature ne facilite pas la lecture du fonctionnement de cet appareil utilisé pour le taillage des dentures cylindriques droites, ancêtre du plateau diviseur d'aujourd'hui.

Les trois *clichés* de la planche XXIV concerne une *machine à fendre les roues*, autrement dit, à tailler des pignons et roue dentées (*illustration 2. 30*). Sur cette machine, le plateau diviseur est remplacé par un couple vis sans fin et roue dentée, ceci constitue un progrès pour ce qui du taillage des engrenages. Il est bien question de trois *photographies* de l'appareil observé dans trois directions distinctes. L'auteur définit ainsi son graphisme: la figure 3 indique le plan de cette machine, la figure 1, une vue latérale, et la figure 2, une vue de face. Ici encore l'observation en vue extérieure est retenue sans y faire figurer les contours cachés et les axes des pièces de révolution. Pour une facilité de lecture de cette planche et pour suivre les explications jointes au graphisme, l'auteur repère certains éléments sur chacune des projections lorsqu'ils ne sont pas cachés (par exemple, le bouton de manivelle i, vu et repéré sur les trois vues). Nous sommes tentés de dire que peu à peu le dessinateur s'oriente vers un usage du *cube de projection* dicté par une normalisation plus récente.

A partir des *clichés* nous avons procédé à une redistribution des vues, en conformité avec la norme NF E 04-506 relative à la projection orthogonale. L'illustration 2.31, est la traduction de cette *réorganisation graphique*.

La complexité de plus en plus grande des systèmes techniques, et ceci est particulièrement bien observé dans le domaine de la machine-outils, va

conduire le concepteur, le dessinateur vers une contribution pour l'élaboration de règles, et tout particulièrement dans le domaine des fabrications mécaniques.

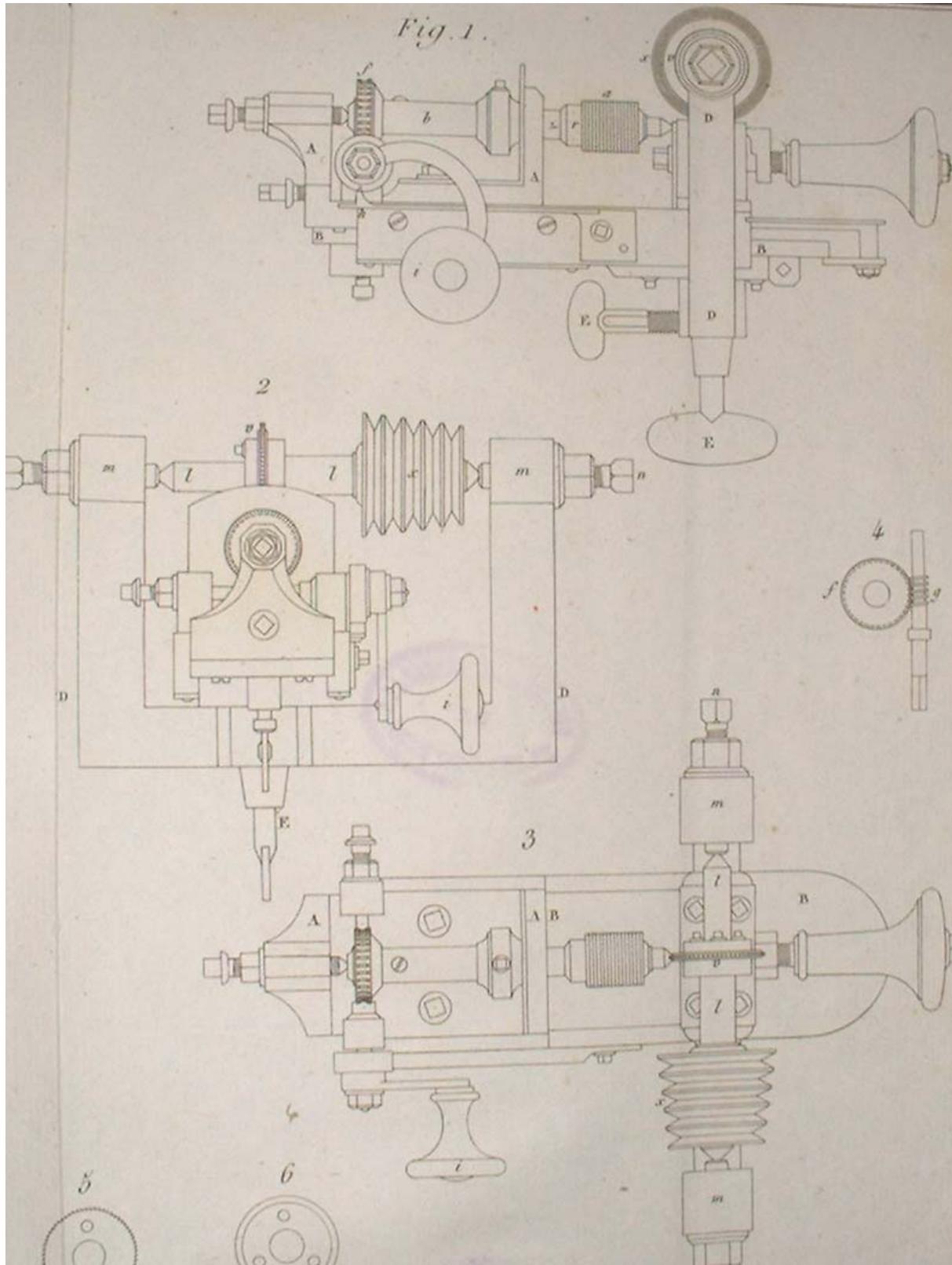
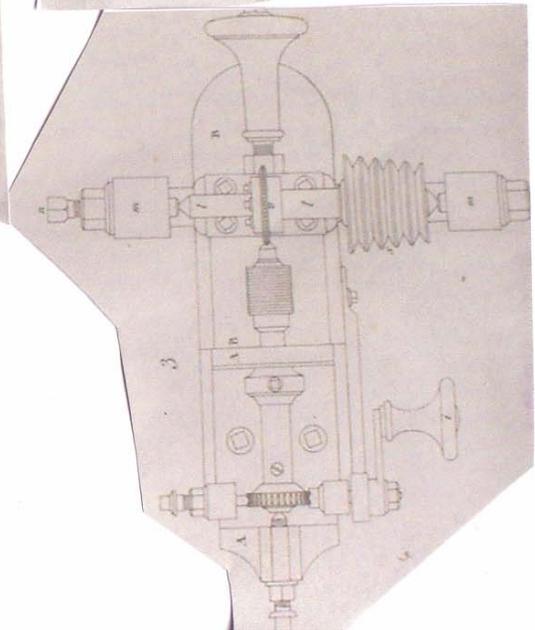
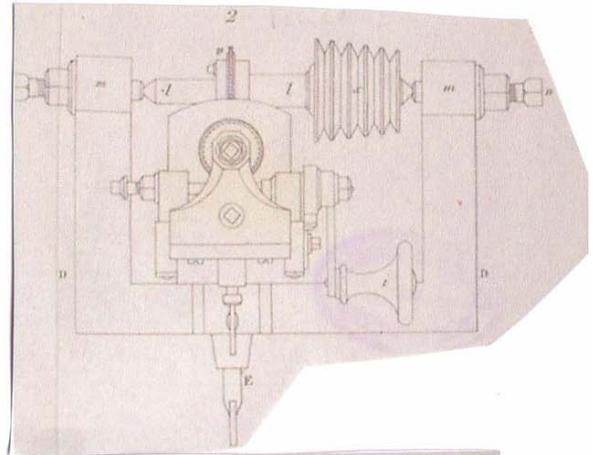
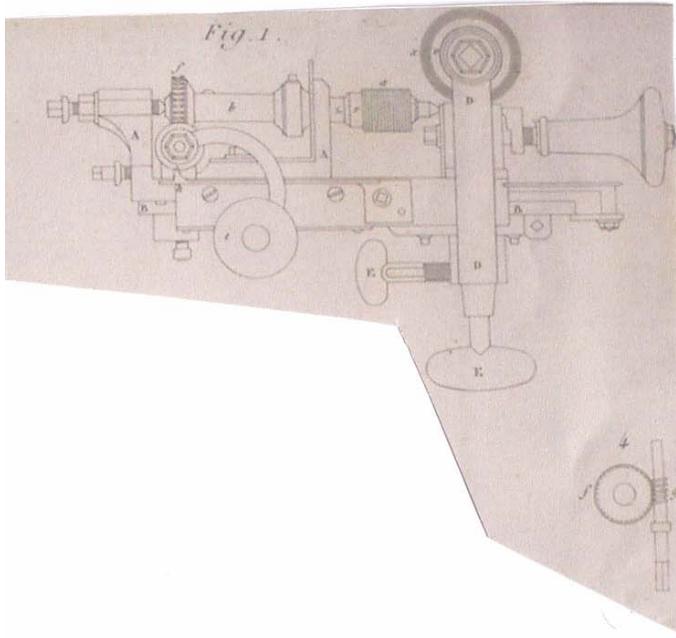


Illustration 2.30, *Traité complet de mécanique*, Borgnis. 15 x 20,5 cm.

Vue de droite (fig 1, vue latérale)

Vue de face (fig 2, vue de face)



Vue de dessus (fig 3, vue en plan)

Illustration 2.31.

Les progrès du machinisme en général ont bien évidemment produit leurs effets sur les systèmes de production de l'industrie textile. Au début de ce 19^{ème} siècle, la mécanisation progressive des opérations de traitement des matières premières susceptibles de former un tissu met en œuvre des machines performantes ayant atteint un degré de complexité sans précédent.

La représentation graphique de ces systèmes fait difficulté au dessinateur, compte tenu du grand nombre de composants et de sous-ensembles qui les constituent. Toute forme de graphisme est dès lors exploitée, depuis la perspective, en passant, et sur une même planche, par les projections, les vues partielles, les coupes, voire le dessin de détail de tel élément dont la définition complète peut aider le lecteur. Ainsi, au tome VII traitant *des machines qui servent à confectionner des étoffes* Borgnis, toujours soucieux de ne sélectionner que les machines éprouvées, fournit, malgré des dimensions imposantes de ces machines, des planches particulièrement explicites, même par simple lecture du graphisme, la note technique venant systématiquement en appui de cette expression graphique, peut être pour conforter le lecteur.

Nous observons cependant que Borgnis respecte généralement cette correspondance de vues pour la réalisation d'un bon nombre de ses dessins. La planche figurant ci-dessous, (*illustration 2.32*) témoigne de cette préoccupation de l'auteur. Les différentes conceptions de roues à aubes sont définies à l'aide d'un dessin qui en donne deux vues pour lesquelles le dessinateur en souligne la correspondance par des lignes de rappel. Ces graphismes sont élaborés à des fins d'information et il est concevable que l'auteur n'apporte pas, par le trait, le détail des dispositions constructives retenues dans chacun des cas. La définition des profils des pales demeure incomplète, d'autant que la direction et le sens de l'action mécanique d'origine hydraulique ne sont pas précisés.

Borgnis fait également usage des outils graphiques pour décrire des installations de grandes dimensions, à l'image des deux planches (Pl 22, et Pl 23), *illustrations 2.33 et 2.34*, qui définissent un *moulin économique complet*. Borgnis précise que ces deux vues du moulin en coupe *sont prises sur deux lignes qui se croisent à angles droits: dans les deux, les mêmes lettres indiquent les mêmes objets*. La roue hydraulique met en mouvement tous les sous-ensembles entrant dans la chaîne de transformation des grains de céréale en farine: meule, treuil, tarare, crible cylindrique, blutoir, etc. Le graphisme traduit bien la composition des quatre niveaux de l'édifice et les fonctions et liaisons des éléments qui entrent dans *le jeu de ce moulin économique*. Ces deux coupes aident le

lecteur dans l'analyse de la dizaine de pages qui constituent la notice explicative.

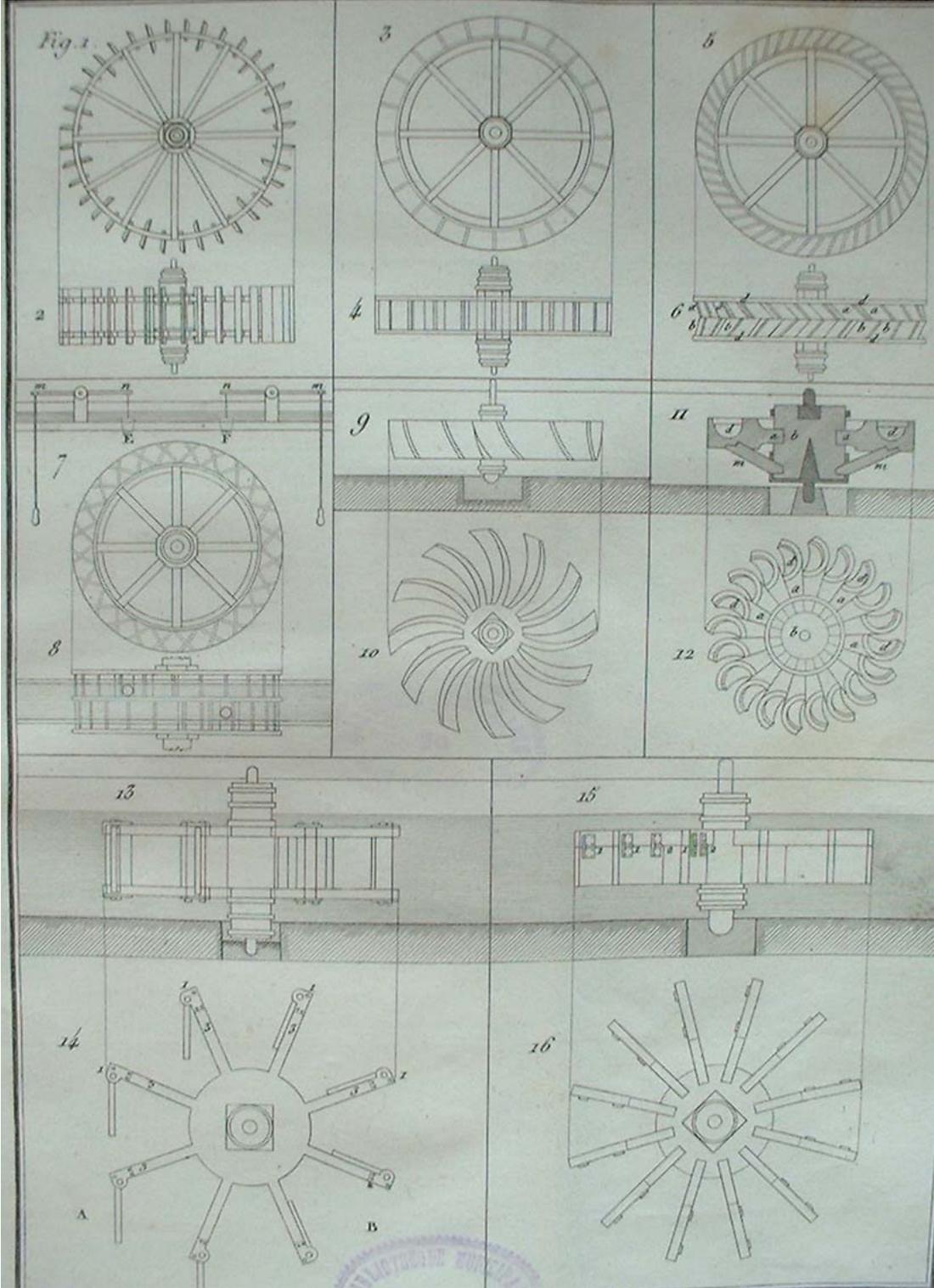


Illustration 2.32, Pl N° 4, tome 1, roues hydrauliques, Borgnis, 20,5 x 15 cm.

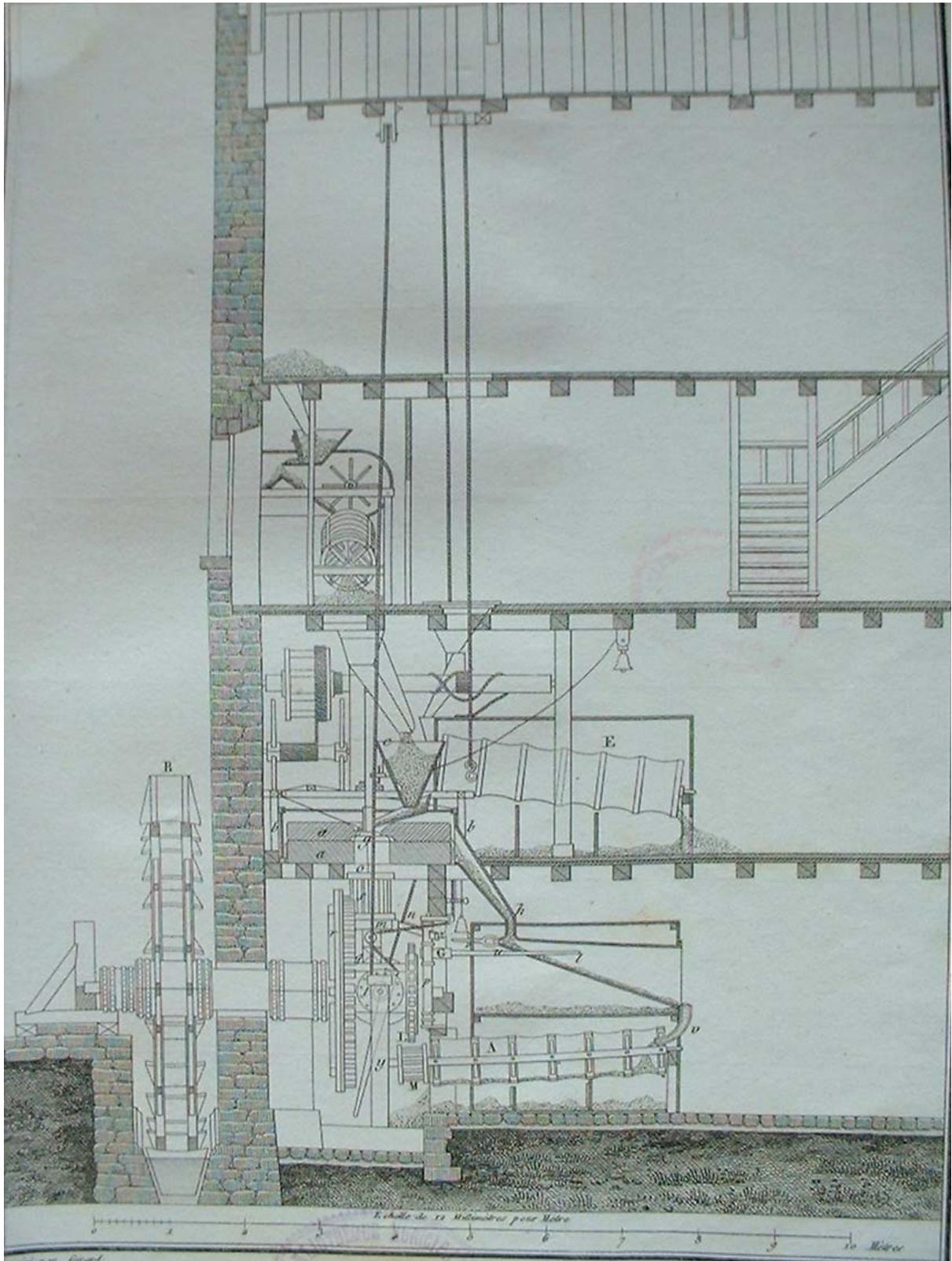


Illustration 2.33, Pl 22, moulin hydraulique, *Traité de mécanique*, Borgnis, 20,5 x 15 cm.

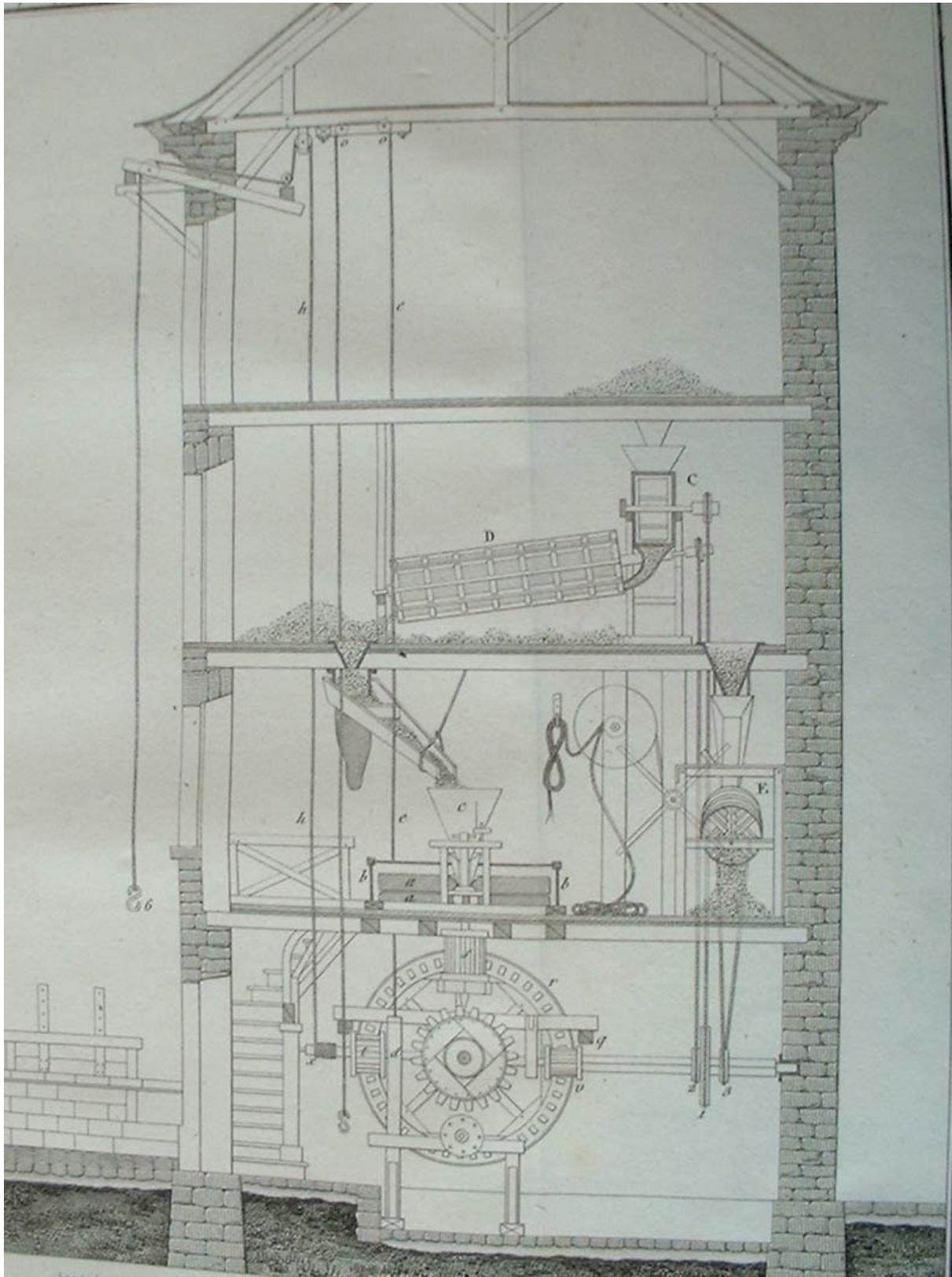


Illustration 2.34, Pl 23, moulin hydraulique, Traité de mécanique, Borgnis, 22,5 x 15 cm.

L'un de nos derniers regards sur l'œuvre de Borgnis sera porté sur le tome VIII qui se décline en deux volets, l'un relatif aux imitations du mouvement partiel des membres et à la translation des corps animés, l'autre aux procédés qui facilitent les fonctions vitales intellectuelles ou qui les imitent. Borgnis se veut être pragmatique et propose une collection complète, *autant que possible*, des moyens mécaniques que les arts industriels emploient.

Réunir les descriptions des uns et des autres; les classer méthodiquement; les mettre convenablement en œuvre; évitant tout à la fois l'exubérance et l'obscurité; ajouter à la description de chacun de ces objets, les résultats des expériences qui, dans les divers cas, en font connaître les avantages et les inconvénients, telle était la démarche que nous nous proposons de suivre.

(Page vij, préface, tome8: *Des machines imitatives et des machines théâtrales*).

Parmi les nombreux véhicules et automates retenus par Borgnis, nous présentons ci-après une chaise pour personne à mobilité réduite et un automate qui se meut sur un bassin. La qualité graphique est incontestable et leur seule lecture des dessins suffirait pour comprendre le fonctionnement de ces *systèmes mécaniques automatisés*. Nous observerons que progressivement les notes techniques d'accompagnement des dessins seront plus succinctes, plus concises et que les outils graphiques sont utilisés dans un contexte plus rationnel, plus soucieux d'une instauration de règles, d'un langage, d'une terminologie et enfin de codes communs.

La planche VIII du tome 8 représente en élévation et en plan le mécanisme d'une *trirote*, une chaise roulante pour personne invalide, (*illustration 2.35*). La lecture des deux vues suffirait pour comprendre le principe de ce véhicule, mais la note subsiste:

Un engrenage, ingénieusement conçu, transmet aux roues A,B le mouvement que l'on imprime à une manivelle. Voici comment cet engrenage est disposé. De petits cercles en cuivre a a a, ou en fer, sont adaptés à chacun des *rais* de la roue; un cercle mm les affermit solidement: un grand pignon pp à quatre ailes forme un engrenage avec ces cercles; l'axe de ce pignon est le même que celui de la manivelle q.

(Page 78, tome 8).

Les repères répétés sur les deux vues aident largement le lecteur. Par ailleurs, nous faisons remarquer que Borgnis fait usage d'une échelle décimale.

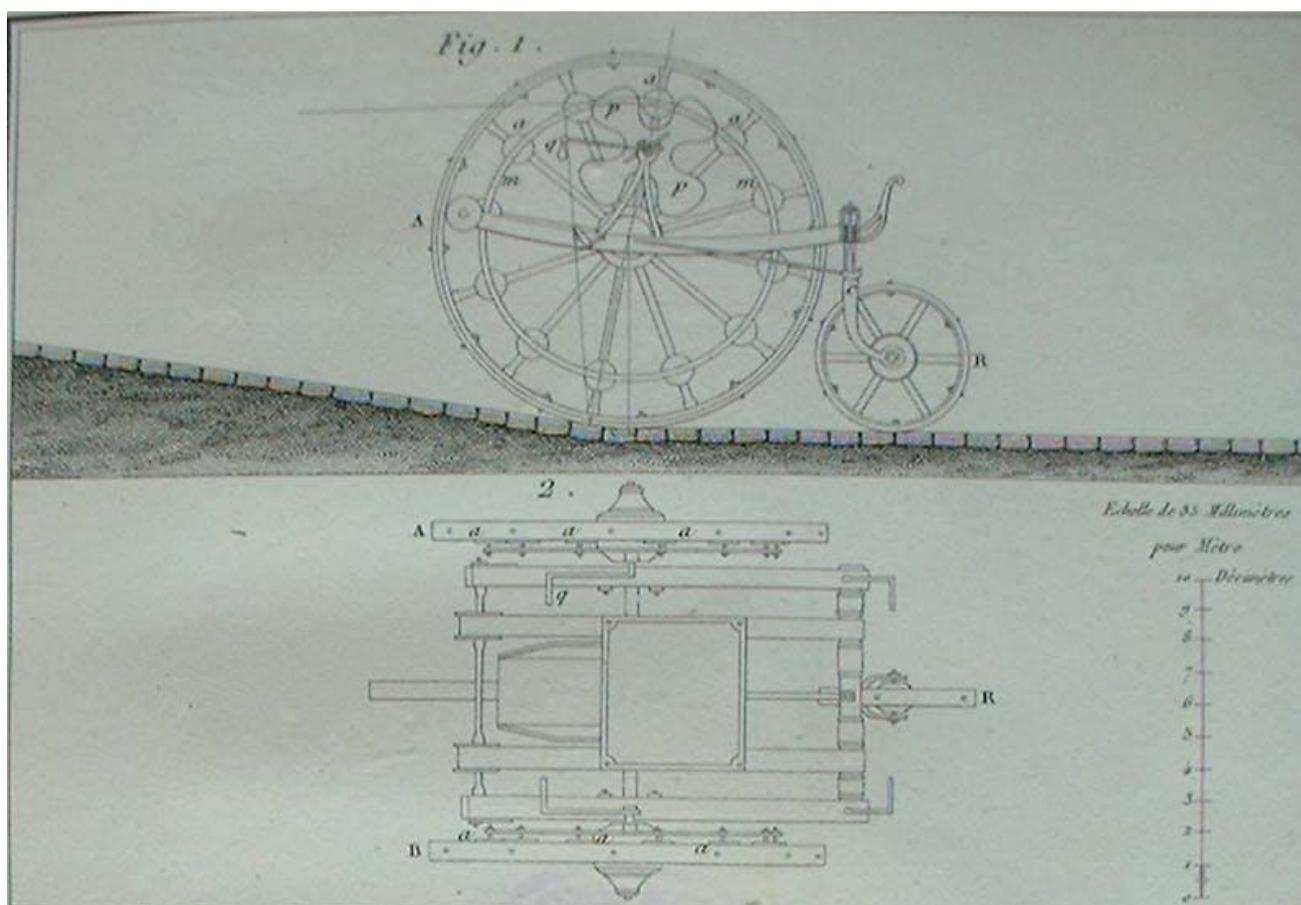


Illustration 2.35, trirote, extrait, Pl8, *Traité de mécanique*, Borgnis, 20,5 x 15cm.

Un projet d'automate fût présenté à l'académie royale des sciences en 1730: *Un cygne artificiel qui peut se mouvoir en tous sens dans un bassin*. La représentation graphique de cet automate correspond davantage à un schéma qu'à un dessin technique et dans ce cas les commentaires demeurent nécessaires à la compréhension l'organisation interne de l'automate et son principe de fonctionnement (*Illustration 2.36*). Le cygne artificiel peut se mouvoir en tout sens dans un bassin par l'action sur l'eau des pales d'une roue dont le mouvement est transmis par un jeu d'engrenages à partir d'un moteur à barillet. Le déplacement du cygne est régulé par un volant à palettes. Les réflexions sur *l'automatisation* et sur *l'asservissement* de systèmes mécaniques sont bien engagées.

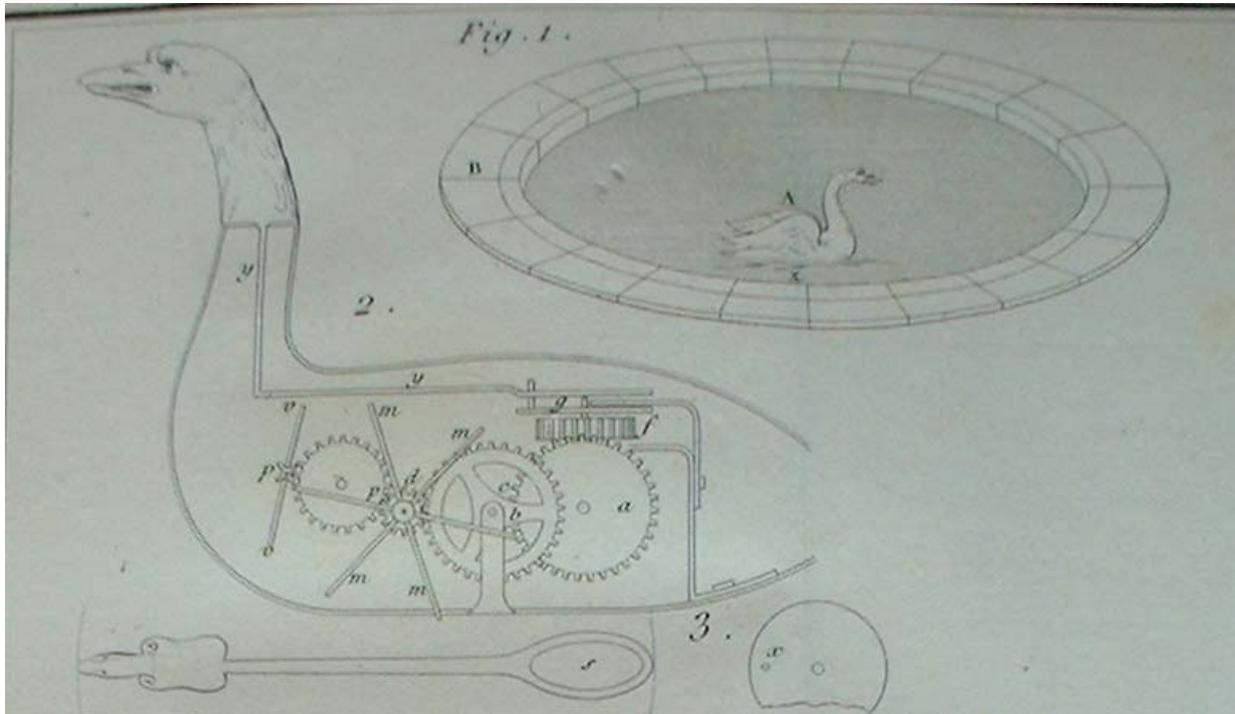


Illustration 2.36, extrait, Pl 9, *Traité de mécanique*, Borgnis, 20,5 x 15 cm.

A propos de cette question de la mécanisation de systèmes, nous proposons volontiers un dernier exemple rapporté par Borgnis sur ce sujet. Il s'agit d'une gondole tirée par un cheval. Apollon est entouré de la *Navigation*, la *Chasse*, l' *Agriculture*, l' *Industrie*. Il regarde ces quatre figures symboliques successivement, tour à tour elles s'inclinent et lui présentent leurs attributs. Un mécanisme à ressort, caché à l'intérieur de la barque, produit ces mouvements. Ce mécanisme est adapté à un second mécanisme contenu dans le cheval. Le détail du mécanisme qui anime les personnages est représenté, fig 5, *illustration 2.37*.

Un barillet à ressort (a), lié à une roue dentée met en mouvement la roue (B), par l'intermédiaire de l'engrenage (b, c). Cette roue (B) porte un ergot (x) qui agit successivement sur l'extrémité des leviers (1,2,3,4) qui animent le corps et les bras des quatre personnages. La régulation du mécanisme est satisfaite par un volant (v,v)

Nous pouvons admettre ici, après analyse de ces planches représentant des automates, que les outils graphiques jouent un rôle essentiel dans la conception de ces systèmes mécanisés. Les combinaisons de mécanismes élémentaires sont traduites sur papier, sous formes d'ébauches, avant

d'être concrétisés par des modèles, des prototypes, d'une certaine manière.

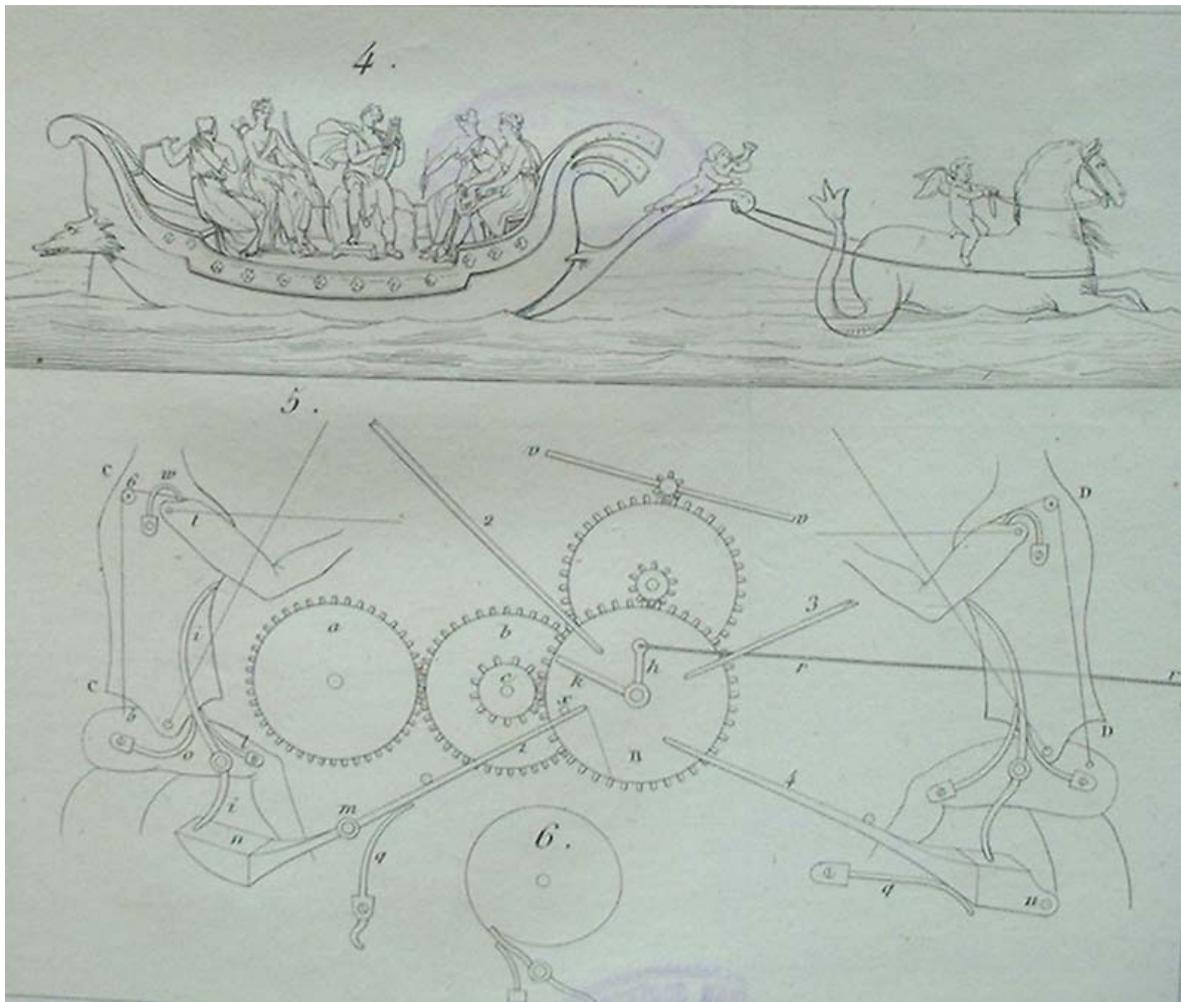


Illustration 2.37, gondole, extrait Pl 9, *Traité de mécanique*, Borgnis, 20,5 x15 cm.

Nous venons d'analyser les huit livres qui composent le *Traité complet de mécanique appliqué aux arts*, de Giuseppe-Antonio Borgnis. Il transmet par cet ouvrage les réalisations et les expériences qu'il juge utiles pour orienter le choix des machines, pour poursuivre des actions de recherche pour inventer améliorer ou adapter des systèmes mécaniques et enfin pour s'engager des réalisations. Les planches, dessinées par Girard, dessinateur à l'école polytechnique et gravées par Adam, sont la traduction d'une volonté de rationaliser le domaine de la mécanique et de proposer une classification des systèmes techniques sur les bases dictées dès le premier livre en termes de *communicateurs*, *modificateurs*, *supports*, *régulateurs*, et d'*opérateurs*. Il a le souci de *faire voir* les principes mécaniques qui dictent la conception de systèmes sans *entremêler les doctrines scientifiques aux détails descriptifs et aux résultats pratiques contenus dans notre ouvrage*.

L'ingénieur Borgnis fait éditer, en 1821, un livre ⁶⁸ qu'il destine à la théorie d'une mécanique immédiatement applicable aux *arts industriels*. Avec Borgnis, nous ne concevons pas une mise en œuvre d'outils graphiques et une étude de systèmes sans que soient sous-jacentes des connaissances des principes fondamentaux de statique, de dynamique, d'hydrostatique et de d'hydrodynamique. Le dessinateur doit aussi connaître les moteurs, être en mesure d'apprécier les effets utiles des machines et les résistances qui en résultent et également de juger des effets utiles de la percussion, de la pression et du frottement. Borgnis commet aussi un dictionnaire ⁶⁹ se rapportant *uniquement à la mécanique appliquée aux arts*.

Ce dictionnaire ne renferme que les objets qui sont du domaine spécial de la mécanique appliquée aux arts; c'est-à-dire les objets industriels, qui sont essentiellement dépendants de la science de l'équilibre et du mouvement; nous disons *objets industriels*, pour les distinguer des objets également dépendants de la mécanique, proprement dite, et qui sont appliqués soit à la haute physique, soit à l'astronomie et à la navigation, soit à la partie architectonique, etc; lesquels sortent du cadre que nous avons adopté.

(Extrait, page 1, avertissement, *Dictionnaire de mécanique appliquée aux arts*, Borgnis).

Les compétences de cet illustre ingénieur ne sont pas limitées à la mécanique. En effet, il fait publier chez Bachelier, à Paris, en 1823, un ouvrage traitant de l'architecture: *Traité élémentaire de construction appliquée à l'architecture civile*. Nous n'avons pas eu le plaisir de feuilleter cet ouvrage.

Pour ce qui est du fonctionnement des machines et de leur classification, nous avons limité notre étude aux travaux de Jean-Gaffin Gallon et à ceux de Giuseppe-Antonio Borgnis. L'analyse des contributions de Jean-Gaffin Gallon, ouvrages édités en 1735, nous a permis d'apprécier la place accordée aux outils graphiques pour ce qui est de l'établissement d'un inventaire de machines et d'inventions d'une part, et de la présentation et de l'explication du fonctionnement de ces systèmes, d'autre part. Gallon privilégie la représentation en perspective. L'image est souvent une vue extérieure, mais quelques projections orthogonales, parfois en coupe, viennent renforcer l'information. Cette même démarche se retrouve dans les six recueils édités par un groupe de libraires en 1752. Quant à l'ingénieur Giuseppe-Antonio Borgnis, il retiendra un graphisme plus *fouillé* pour traduire la composition interne des systèmes techniques

⁶⁸ Borgnis, Giuseppe-Antonio, *Théorie de la mécanique usuelle, ou introduction à l'étude de la mécanique appliquée aux arts*, 1821, Bachelier Paris, Bibliothèque municipale de Rennes, cote: 17416.

⁶⁹ Borgnis, Giuseppe-Antonio, *Dictionnaire de mécanique appliquée aux arts*, 1823, Bachelier Paris, Bibliothèque municipale de Rennes, cote:17416.

toujours plus complexes et il accordera une part plus importante aux projections orthogonales selon des vues extérieures ou des vues en coupe. La classification des machines est menée en termes de *fonctions à satisfaire*, de choix et de justification de *solutions techniques élémentaires*, et enfin méthodes *d'agencement des organes mécaniques*. L'organisation des livres qui composent son traité est rationnelle et en harmonie avec les principes qu'il énonce dans son premier ouvrage paru en 1818 et relatif à la composition des machines.

Gallon nous a montré combien les outils graphiques étaient précieux pour communiquer et diffuser les inventions. Dans le même ordre d'idée, les inventeurs de systèmes ont su exploiter ces outils pour présenter le fruit de leurs inventions et faire du dessin une pièce précieuse susceptible étayer leur discours.

2.4: Le dessin, pièce d'un dossier à constituer pour effectuer une demande de brevet d'invention.

Dans son étude de la *mécanique et des machines utiles aux arts*, Jean Gaffin Gallon collecte et réunit les dessins de machines construites, ou ceux de machines dont la construction est envisagée. Il s'attelle à l'élaboration d'un inventaire riche de trois cent soixante dix sept machines ou inventions différentes. Ces machines sont représentées en quatre cent trente deux planches qui font l'objet d'explications. Nous avons observé combien Jean Gaffin Gallon est soucieux de faire découvrir, par son lecteur, les représentations graphiques afin qu'il comprenne le sens et le fonctionnement des systèmes.

De même, *les inventeurs* de solutions techniques pour apporter des réponses à des questions de production ou de services se sont appliqués à définir le fruit de leurs idées et de leurs réflexions en utilisant les outils graphiques. Nous disposons d'un accusé de réception⁷⁰ datant du 2 février 1827, (*illustration 2.38*), relatif à un dépôt de pièces pour une demande de *brevet d'invention*, demande déposée en préfecture d'Ille et Vilaine par un certain Joachim Rabier, mécanicien rennais et *souffletier du gouvernement, et de tous les arsenaux de marine*. Cette invention concerne un procédé de construction de soufflets de forges: *Procédé de construction de cylindre en bois, de toutes dimensions, propres aux soufflets à pistons des grosses forges de fonderies*. Le dossier constitué par cet inventeur renferme un dessin d'ensemble et une note explicative du projet imaginé par Joachim Rabier. Le dessin est composé de deux

⁷⁰ *Brevets d'invention, soufflet de forge*, 1827, Archives départementales d'Ille et Vilaine, Cote: 9 M 20.

projections orthogonales correspondant à des vues extérieures du système. Ces deux vues ne sont pas disposées selon les règles actuelles, mais cela ne constitue pas un inconvénient majeur pour la lecture. Une nomenclature des principaux éléments composant la machine est rédigée par le concepteur et est intitulée: *indication du dessin de la machine*. La demande de brevet formulée par Rabier est centrée sur la réalisation des pistons. Cependant, le graphisme ne fournit pas le détail de la conception du couple piston et cylindre et le mémoire descriptif revêt les caractéristiques d'un article de vulgarisation. Il est d'ailleurs convenu que les informations d'ordre scientifique et technique peuvent, et c'est généralement le cas, faire l'objet d'envois ultérieurs depuis l'*inventeur* jusqu'aux instances chargées d'évaluer les projets⁷¹.

Le mécanicien rennais a certainement fait de la *soufflerie de forge* un objet d'étude et de recherche. En effet, en 1823, un soufflet de forge à *double courant d'air continu* de sa conception fait l'objet d'une mention particulière dans *La revue des produits exposés au Louvre*⁷².

Par ailleurs, sur cette question des brevets d'invention, le directeur du Conservatoire royal des Arts et Métiers procède à l'inventaire des Brevets d'invention et rédige neuf volumes qui paraîtront entre 1811 et 1825. Le premier de ces volumes contient les législations française, anglaise et américaine, sur les brevets et les patentes; on y trouve décrits cinquante et un brevets, accompagnés de quatorze planches. Le huitième volume contient cent brevets, accompagnés de trente planches et est imprimé en 1824. Le neuvième devant être livré au public en 1825. Les intitulés communs à chaque volume sont ainsi libellés: *Description des Machines et procédés spécifiés dans les Brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation, dont la durée est expirée; publiés, d'après les ordres du Gouvernement, par le Directeur du Conservatoire royal des Arts et Métiers*. Ces informations relatives aux brevets d'inventions figurent dans l'ouvrage publié en 1825 par J.R.Armonville, secrétaire du Conservatoire royal des Arts et Métiers: *Table analytique des ouvrages qui ont servi à la composition de La clé de l'industrie et des sciences qui se rattachent aux arts industriels*. Nous traiterons des travaux d'Armonville au chapitre 4 concernant l'établissement d'un langage commun par le biais du dictionnaire.

⁷¹ Wagret, Frédéric et Michel, *Brevets d'invention, marques et propriété industrielle*, 1997, PUF, Bibliothèque municipale de Rennes, cote:1143.

⁷² *La revue des produits exposés au Louvre*, 1823, extrait, page 355, Archives départementales d'Ille et Vilaine, cote: 9 M 20.

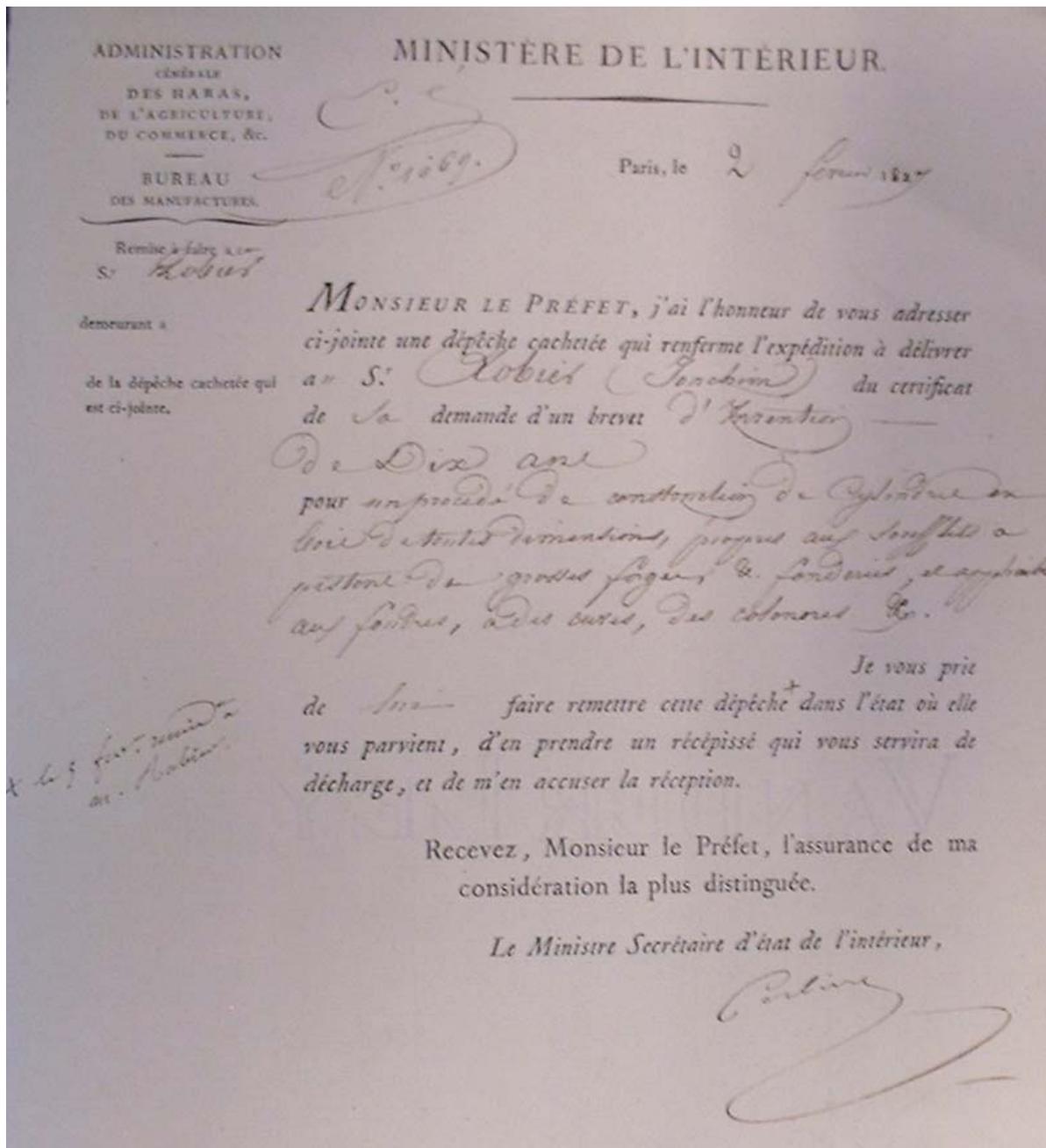


Illustration 2.38, pièce accompagnant un dépôt de demande de brevet.

Ce soufflet est alors adopté dans tous les arsenaux de France, tant dans les forges stables qu'à celles de campagne, et il est reconnu supérieur à tous ceux inventés jusqu'alors.

Les procès verbaux du comité central d'artillerie constatent qu'il brûle moins de charbon, qu'on fait avec lui, beaucoup plus d'ouvrage, qu'il fatigue moins l'ouvrier, qu'il tient moins de place, etc; il convient aux forges de tous genre, fabriques d'ancres et enclumes, aux serruriers, taillandiers, cloutiers, maréchaux; on l'emploie également aux orgues, etc. L'auteur a reçu une médaille décernée par la ville de Rennes.

(Extrait de La revue des produits exposés au Louvre, page 355).

Le même document fait mention d'une invention plus récente du même Rabier. Il est question alors de sa machine soufflante dotée de trois chambres d'aspiration et de refoulement mises en œuvre successivement par l'intermédiaire d'une transmission par crémaillère et secteur denté, ainsi que nous pouvons l'observer sur le dessin, (*illustration 2.34*).

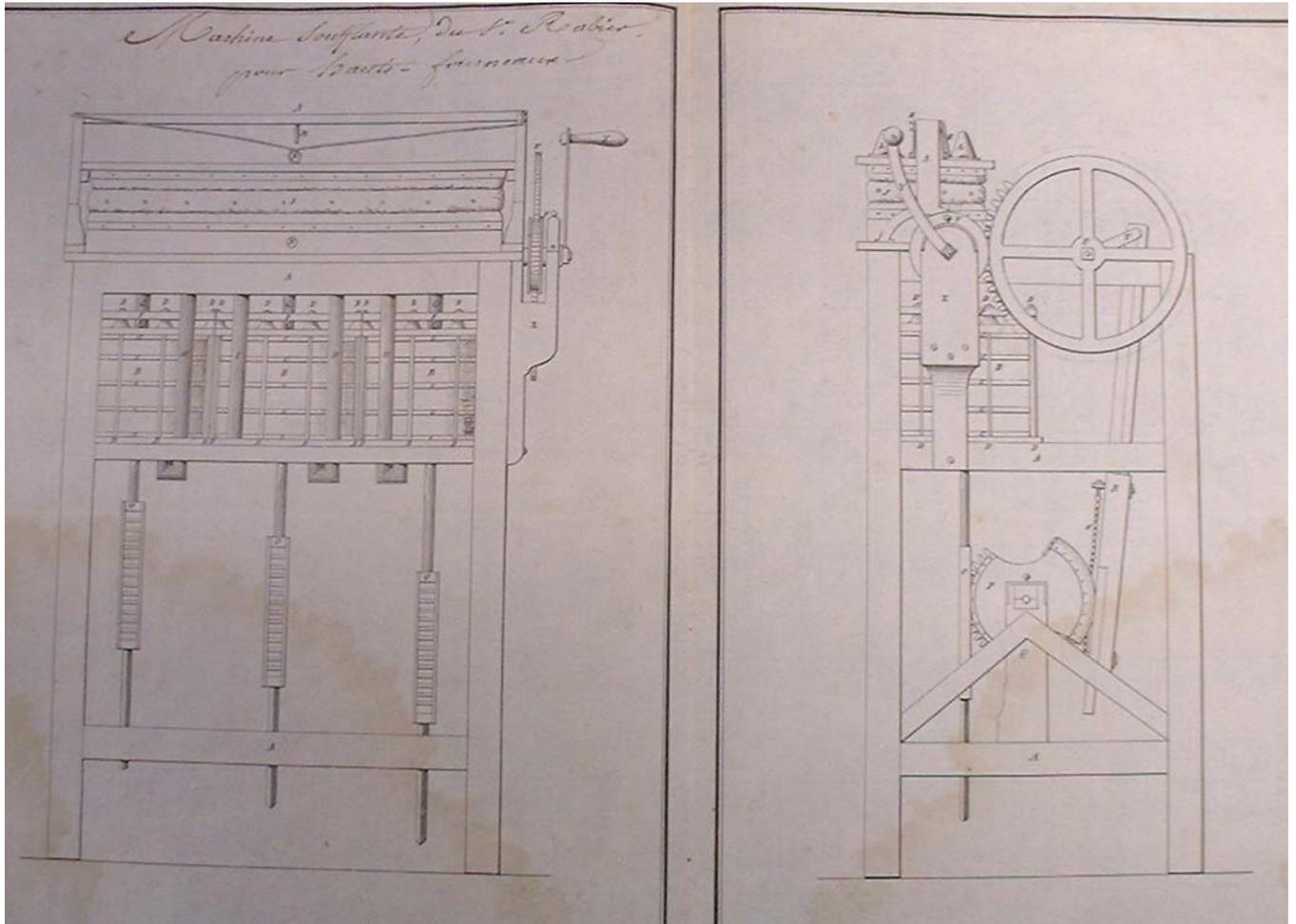
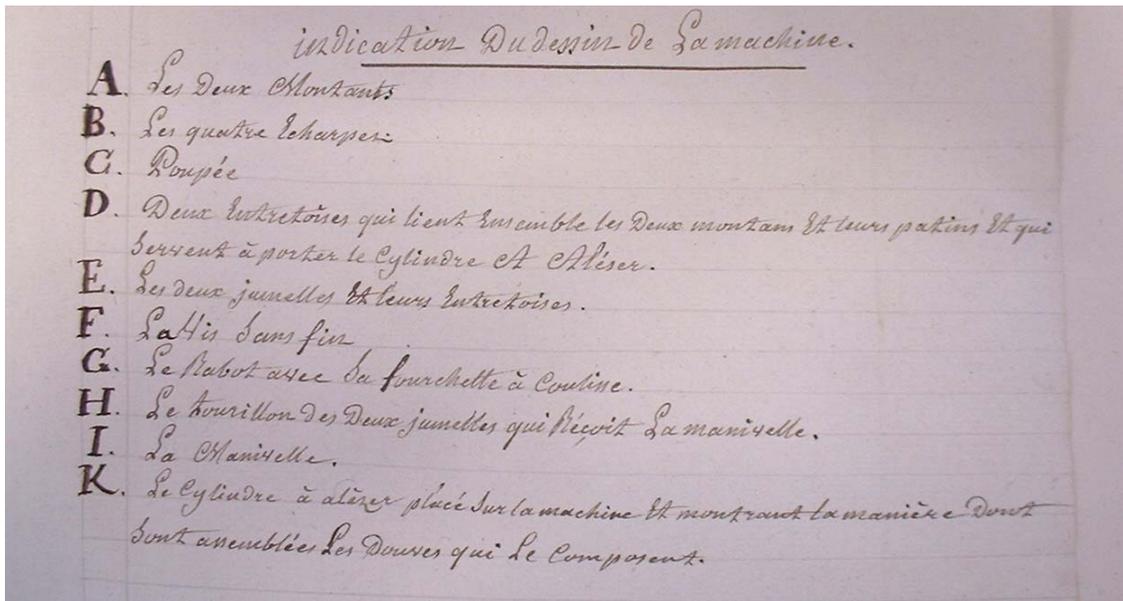
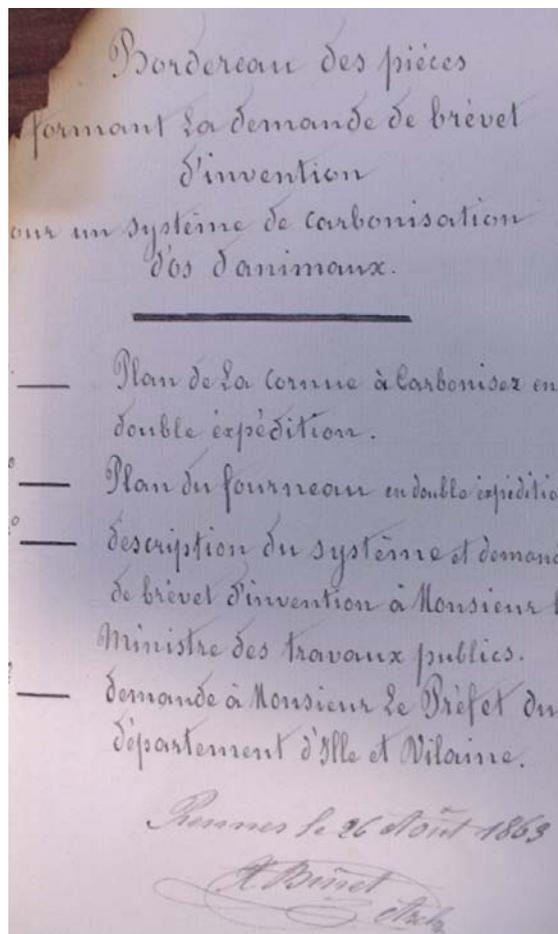


Illustration 2.39, Machine soufflante, à pistons, brevet d'invention, Joachim Rabier, mécanicien à Rennes, 19 x 27 cm.



Extrait de la nomenclature jointe au dessin.

Au travers de l'analyse de plusieurs dossiers constitués en vue d'obtenir un brevet d'invention, ou de perfectionnement d'un système déjà construit, nous observons toujours la présence d'une représentation graphique.



Le dossier en notre possession renferme deux *plans*, l'un relatif à la cornue, *illustration 2.40*, l'autre au fourneau.

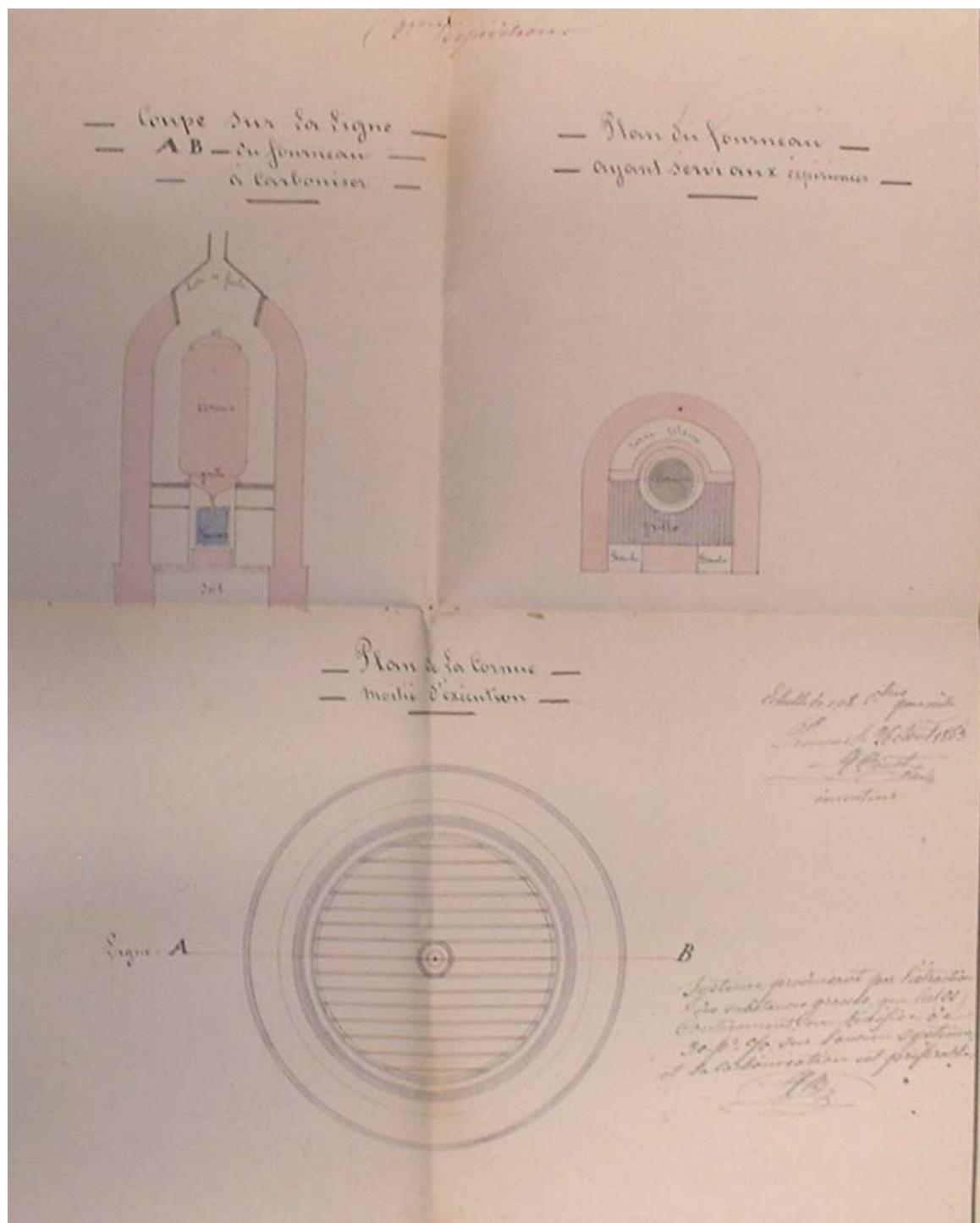


Illustration 2.40, système de carbonisation d'os d'animaux, demande de brevet d'invention, 1863, 25 x 35 cm.

L'auteur fait usage de coupe pour définir le système qu'il a imaginé. La trace du plan de coupe est précisée par l'expression, *coupe sur la ligne AB*. Les parties coupées sont coloriées et l'échelle du fourneau qui a *servi aux expériences* est notée sur le dessin. La note explicative suffit à la compréhension de l'architecture et du principe de fonctionnement de l'installation d'incinération.

Dans le prolongement de ce graphisme pour informer, un graphisme pour construire s'élabore. C'est aussi au travers d'une analyse d'ouvrages signés de scientifiques que nous allons tenter de mesurer la place du dessin dans les processus de fabrication dans le domaine des *Arts industriels*.

CHAPITRE 3

Un graphisme pour construire, études de cas liés à la construction de machines.

Nous avons consacré notre premier chapitre aux outils graphiques exploités dans le domaine de l'architecture navale et avons mis en évidence cette démarche du concepteur, de l'ingénieur naval, consistant à concrétiser ses idées par le graphisme pour informer et guider le constructeur de vaisseaux. Les travaux du navigateur-constructeur François Dassier nous paraissent exemplaires et son ouvrage *L'architecture navale, contenant la manière de construire*, édité en 1677, puis réédité en 1695, sera une référence en matière de construction des navires, galères, chaloupes et autres vaisseaux. Ce guide des constructeurs navals contient un ensemble d'informations techniques pour une mise en œuvre sur le chantier. Dassier communique ses données sous forme graphique - un trait immédiatement exploitable -, données accompagnées des précisions et des commentaires utiles pour une appropriation de règles et de savoir-faire par les constructeurs.

Dans le prolongement de cette analyse des travaux de François Dassier, et afin d'étayer notre discours, nous avons pris appui sur les réflexions et sur les publications d'hommes de l'art de l'architecture navale que sont, entre autres, Pierre Bouguer, Duhamel du Monceau et Vial du Clairbois, sans omettre de citer, une fois encore, l'ingénieur constructeur brestois Blaise Olivier. La page de garde découverte dans le livre de Duhamel du Monceau aurait également sa place dans les ouvrages commis par Bouguer et Vial du Clairbois. Cette *image* que nous reproduisons ci-après, (*illustration 3.1*) traduit bien cette communication directe entre le concepteur et le constructeur. Sur cette scène d'un chantier de construction de vaisseaux figure le centre d'intérêt constitué par la représentation graphique des couples ou *gabarits*, base même du tracé en vraie grandeur du profil des membrures sur les *pièces de bois capables*. Il est bien question d'un graphisme exécuté à des fins d'élaboration d'un navire; les dessins étant accompagnés des indications relatives aux dimensions des divers éléments, à leur réalisation et aux techniques d'assemblage.

La précision des profils des gabarits, le dimensionnement et les proportions à respecter, les méthodes de tracé des couples, les consignes technologiques diverses ne souffrent pas d'une quelconque approximation. Les données fournies par l'architecte naval et issues de travaux théoriques, d'études comparatives ou d'expériences demeurent fondamentales et sont déterminantes quant à la viabilité et à la fiabilité

du vaisseau projeté. Donc, un graphisme directement exploitable pour construire.



Illustration 3. 1, Eléments de l'architecture navale, Duhamel du Monceau, 36 x 21 cm

Cette représentation d'un chantier naval traduit les diverses pôles d'activités qui y sont organisés. Une place privilégiée semble accordée au dessin du navire à construire, comme nous pouvons l'observer en premier plan du *tableau*; ce dessin, nécessairement réalisé avant toute mise en chantier sur une surface plane de dimensions appropriées, ainsi que le préconise Pierre Bouguer.

Le dessin conçu à des fins de réalisation va également s'affirmer au début du 19^{ème} siècle pour ce qui relève des machines, appareils et inventions du domaine dit *des fabrications mécaniques*. Nous traitons précédemment de ce graphisme utile pour informer, montrer et décrire divers appareils ou machines sans qu'il soit effectivement question de réalisation. Les analyses d'ouvrages qui vont suivre devraient contribuer à justifier la place nouvelle prise par les outils graphiques dans les industries mécaniques au cours de cette première moitié du 19^{ème} siècle. Cependant, avant de nous plonger dans le début du 19^{ème} siècle, il nous semble intéressant de consacrer un temps à l'analyse des idées émises par Gaspard Monge (1746-1818) en matière de fabrication, ou plus exactement en matière de prescription de fabrication.

3.1: Gaspard Monge et ses contributions pour une fabrication organisée.

Nous proposons de nous arrêter sur le contenu du livre intitulé: *Description de l'art de fabriquer des canons*⁷³ qu'il fait éditer en 1793, à la veille de l'ouverture du conservatoire des arts et métiers de Paris. Cet ouvrage comporte deux parties, la première est relative aux matériaux, *Des matières que l'on a coutume d'employer à la fabrication des bouches à feu*, la seconde portant sur les modes de fabrication, *des procédés de fabrication*. Il est introduit par un exposé historique qui se veut définir la commande adressée à Gaspard Monge par le Comité de Salut Public:

Le Comité de Salut Public, considérant, qu'il est nécessaire de faire la description de la fabrication des canons, afin de donner à toutes les usines que l'on met en activité dans ce moment, les moyens de mouler, fondre et forer promptement les canons dont la République a besoin.

(*Extrait, page 7, Description de l'art de fabriquer des canons, Monge*).

Le Comité de Salut Public entend que la connaissance de cet art soit transmise à des jeunes gens, a priori non ouvriers spécialisés, dans le cadre de cours organisés par Gaspard Monge et également par l'observation, dans les ateliers, des procédés de moulage de fûts de

⁷³ Monge, Gaspard, 1746-1818, *Description de l'art de fabriquer des canons*, 1793, Service historique de la marine à Brest, cote: R 3936, bibliothèque municipale de Rennes, cote: 17341.

canons. Cette observation sur les sites de production est prévue dans quatre des principales fonderies de la capitale. A la fin de leur scolarité, les élèves sont invités à présenter une pièce de canon qu'ils ont eux-mêmes coulée et usinée. Par arrêté, le Comité de Salut Public tient à ce que cet enseignement soit organisé:

1° Qu'il sera fait une description des procédés employés dans la fabrication des canons, et que cette description sera accompagnée des gravures qui représentent les plans et les détails de toutes les parties de la fabrication.

2° Que Gaspard Monge sera chargé de cette description.

3° Que les dépenses que ce travail occasionnera, seront payées sur les sommes mises à disposition de la commission des armes et poudres.

(page 7, *Description de l'art de fabriquer des canons, Monge*).

C'est ainsi que, compte tenu des exigences du Comité de Salut Public, et dans le prolongement de ces cours, l'ouvrage de Monge a vu le jour. Le *cahier des charges* est formulé et la fabrication porte sur 6000 pièces de canon en fer coulé pour l'artillerie de marine, ces 6000 pièces brutes faisant l'objet d'usinages tels que le perçage, l'alésage, et le taraudage.

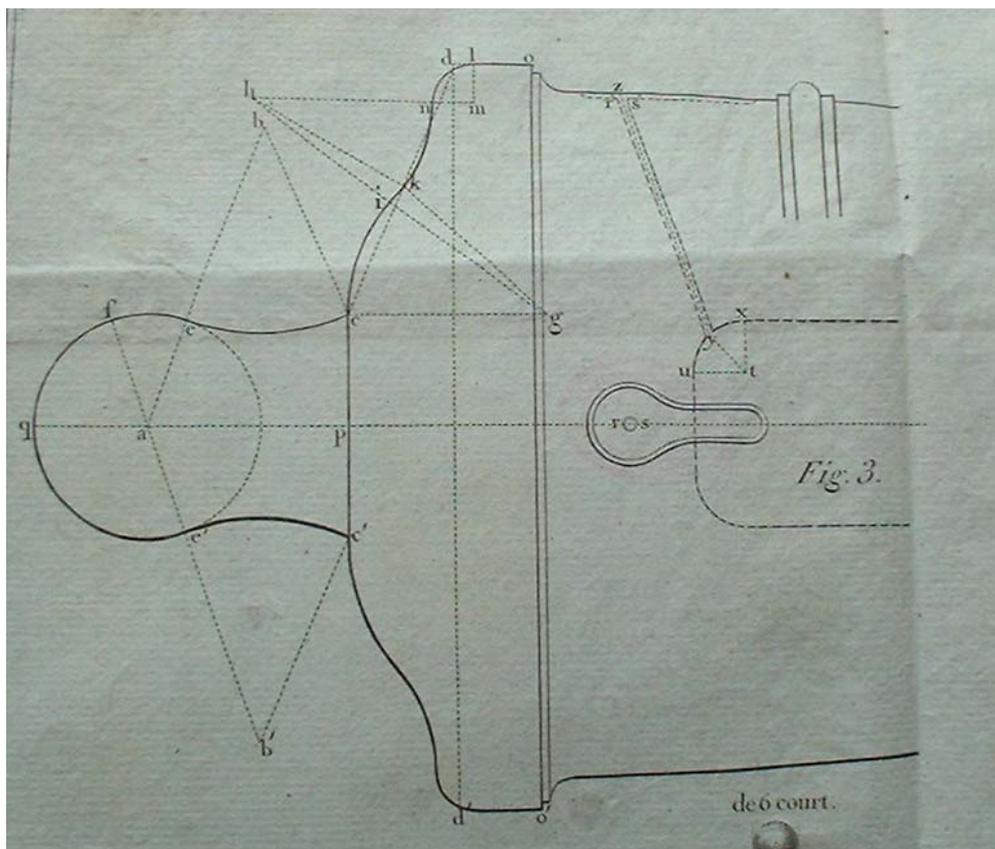


Illustration 3.2, fût de canon, extrait, Pl 59, Monge, 37,5 x 59 cm.

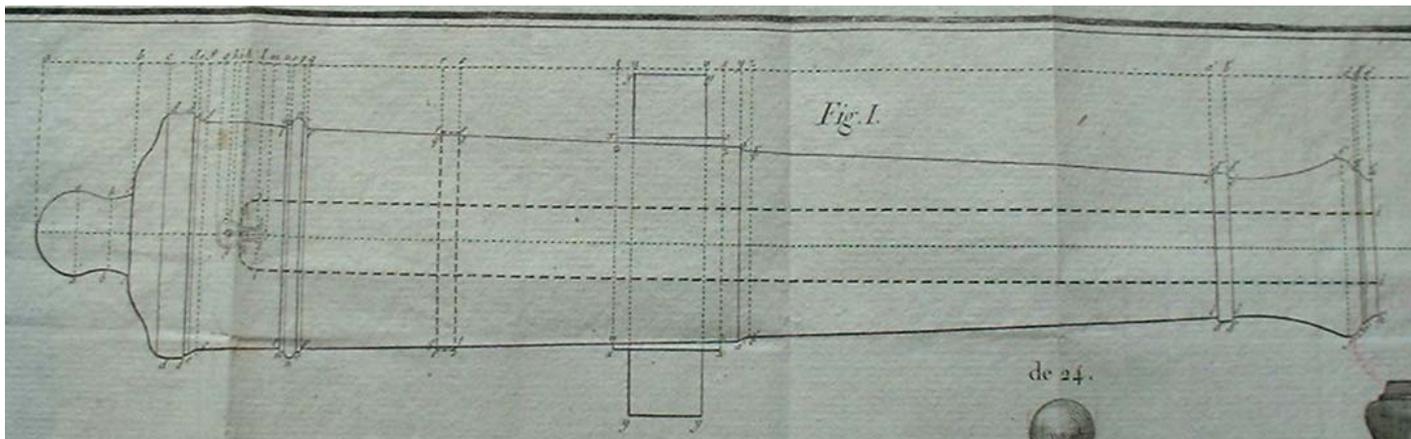


Illustration 3.3, fût de canon, extrait, Pl 59, Monge, 37,5 x 59 cm.

Les canons à réaliser sont de divers calibres et les dimensions des fûts correspondants à ces différents calibres sont fournies par quatre tableaux, ou *table des dimensions des canons de fer pour l'artillerie de marine*, (illustration 3.4). Les deux projections, (illustrations 3.2 et 3.3), ci-dessus portent des cotes littérales, et il suffit de se reporter à la table pour effectuer la cotation répondant à un calibre donné. Ces tables dimensionnelles sont identiques à celles que présentait Dassié, elles garantissent les proportions des dimensions des *bouches à feu* à fabriquer, mais aussi les performances face à un éventuel ennemi.

TABLE DES DIMENSIONS DES CANONS DE FER POUR L'ARTILLERIE DE M
PRISES PARALLELEMENT À LEUR AXE

DIMENSIONS	De 36.			De 24.			De 18.			De 12.			De 8.		De 6.		De 4.		
													LONG.	COURT.	LONG.	COURT.	LONG.	COURT.	
	Pouces.	Lignes.	Trains.	Pouces.	Lignes.	Pouces.	Lignes.	Pouces.	Lignes.										
a b	9	9	3	8	6	3	5	6	3	6	9	4	5	11	10	5	4	5	4
b c	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
c d	5	5	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
d e	7	3	3	8	2	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
e f	1	3	3	1	1	6	1	4	6	1	2	6	1	2	6	1	2	6	1
f g	1	3	3	1	11	6	1	8	3	1	5	3	1	5	3	1	5	3	1
g h	7	10	6	7	10	6	7	10	6	7	10	6	7	10	6	7	10	6	7
h i	7	3	3	7	3	3	7	3	3	7	3	3	7	3	3	7	3	3	7
i k	1	6	6	1	1	6	1	4	6	1	2	6	1	2	6	1	2	6	1
k l	1	7	4	1	4	10	1	3	4	1	1	5	1	1	9	1	1	6	3
l m	7	7	1	7	7	1	7	7	1	7	7	1	7	7	1	7	7	1	7
m n	8	8	3	8	8	3	8	8	3	8	8	3	8	8	3	8	8	3	8
n o	5	6	3	5	5	3	4	6	3	4	6	3	4	6	3	4	6	3	4
o p	11	3	3	10	3	3	9	3	3	8	3	3	7	3	3	6	3	3	3
p q	5	6	3	5	6	3	4	6	3	4	6	3	4	6	3	4	6	3	4
q r	1	3	6	1	7	6	1	7	6	1	7	6	1	7	6	1	7	6	1
r s	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1
s t	1	7	6	1	3	11	1	8	6	1	3	6	1	3	6	1	3	6	1
t u	1	9	6	1	6	3	1	6	3	1	6	3	1	6	3	1	6	3	1
u v	6	7	6	5	9	7	5	3	6	5	3	6	5	3	6	5	3	6	5
v w	1	9	3	1	6	3	1	6	3	1	3	6	1	3	6	1	3	6	1
w x	1	1	6	1	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
x y	1	1	6	1	3	3	1	10	3	1	9	3	1	8	3	1	7	3	1
y z	1	1	6	1	3	3	1	10	3	1	9	3	1	8	3	1	7	3	1

Illustration 3.4, table des dimensions, Monge, 59 x 37,5 cm.

Le dessin est présent et constitue une pièce essentielle du cahier des charges. Il définit, en formes et en dimensions les différentes pièces d'artillerie. Nous soulignons la pureté des raccordements correspondant aux congés et arrondis des pièces obtenues par moulage. La pureté du trait est à rapprocher des dessins de carènes pour lesquelles les points de tangences de cercles et autres courbes sont définis avec toute la précision souhaitée. Dans le cas présent, il est bien question des prescriptions de fabrication transmises au constructeur par le concepteur, à l'aide d'outils graphiques, un apprentissage des techniques par le livre. Les planches proposées par Gaspard Monge sont scindées en deux parties, la partie supérieure représente, par une *image*, l'atelier concerné, la partie inférieure définit, pour l'exécutant, les phases successives de la réalisation. Ces planches présentent bien des similitudes avec celle de l'*Encyclopédie méthodique* de Diderot et de d'Alembert. Les deux opérateurs qui interviennent dans cette zone de l'atelier de fonderie sont repérés par des lettres qui renvoient le lecteur à un texte qui définit leur qualification et les tâches qui leur sont dévolues. L'architecture de l'atelier est présentée sous forme de perspective cavalière. Le noyau porte une bague à croisillon qui facilite la rotation et le retournement du moule en terre. Monge décrit le mode opératoire jusque dans ces moindres détails en mettant l'accent sur l'ergonomie du poste.

C'est à partir de ces prescriptions que Monge met en évidence les étapes de la fabrication. Il traite dans son livre, de manière ordonnée, chacune des phases de la réalisation, depuis le choix de la matière d'œuvre jusqu'au contrôle des pièces finies, en passant par le moulage, le perçage et le tournage. La première étape de la réalisation consiste à obtenir par moulage les fûts bruts. Nous écartons volontairement de notre propos, la phase d'obtention, en hauts-fourneaux, des lingots de *fer coulé*.

L'étude des procédés de moulage occupe le début de la seconde partie de l'ouvrage. Deux techniques de moulage qui ont alors cours: le *moulage en terre* et le *moulage en sable*, y sont développées. Le moulage en terre, pratique des anciennes fonderies, est un procédé long, et en particulier l'élaboration des moules en terre est laborieuse. Monge songe à y substituer un procédé plus rapide, le moulage au sable. Ce type de moulage paraît, à ses yeux, à même de produire dans des délais raisonnables, *une grande série de bouches à feu*. Monge développe cependant ces deux procédés, ils présentent bien des caractéristiques communes. Il apporte le savoir-faire aux apprenants en ayant recours aux techniques graphiques.

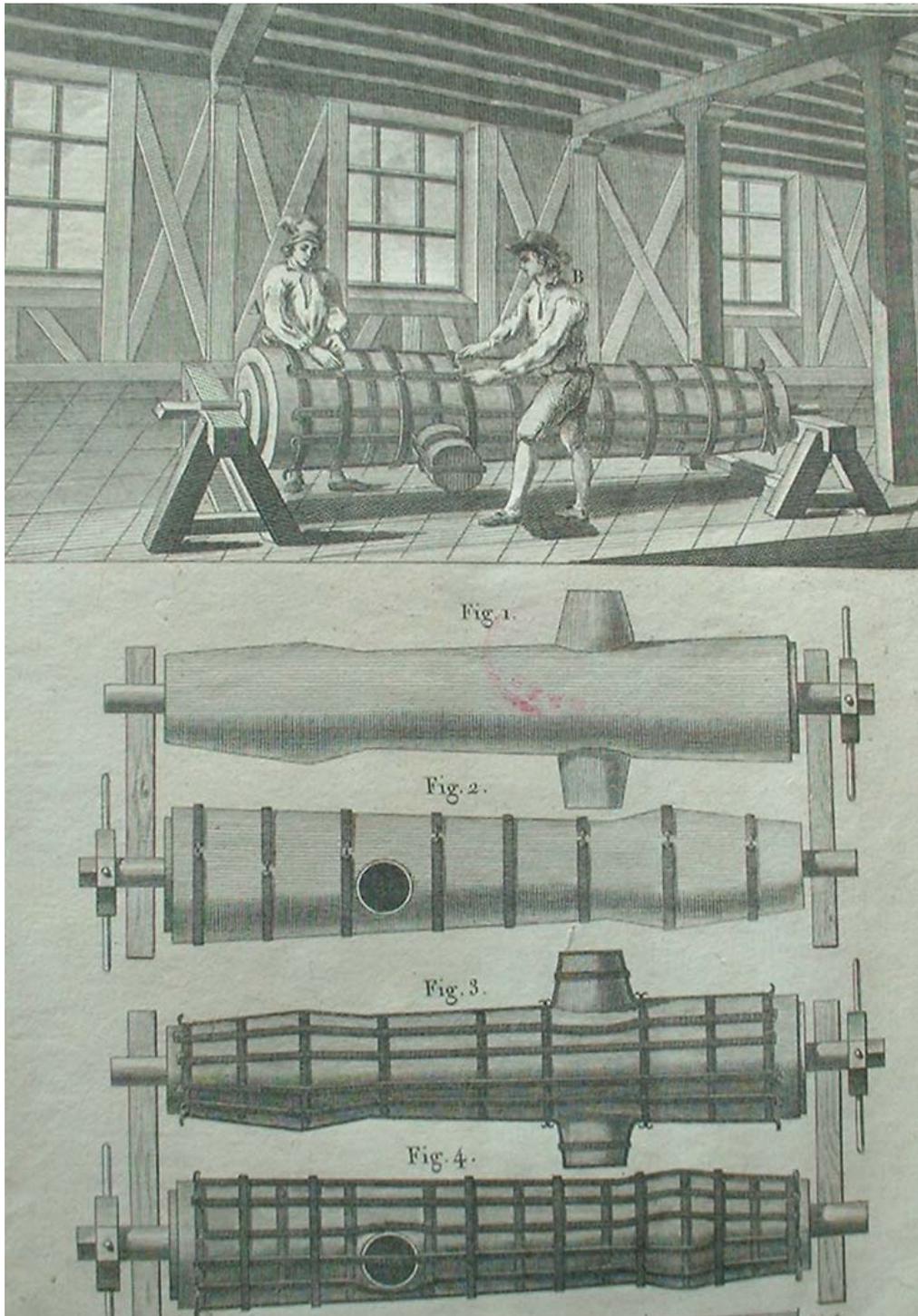


Illustration 3.5, moulage en terre, Pl 6, Monge, 15,5 x 22 cm.

Les planches dont l'objet est d'informer, comportent deux parties: l'une décrivant le geste, l'autre le résultat des actions humaines ou mécaniques successives effectuées sur l'objet à réaliser. Les quatre figures, (fig 1à4), *illustration3.5*, traduisent les étapes à retenir pour réaliser le modèle qui sera placé dans le moule en deux parties séparées par le *plan de joint*. La coulée du métal en fusion sera réussie si les

renforts métalliques constitués d'anneaux et de bandes sont correctement mis en position et assemblés. Monge insiste sur ce point. Le procédé de moulage au sable est cependant privilégié par Monge, compte tenu du temps important nécessaire à la réalisation du modèle en terre rigidifié par des bandes métalliques longitudinales maintenues par des anneaux, puis séché. Monge décrit les étapes du procédé dit *moulage en sable*, ou encore, moulage au sable, en appuyant son discours par *le trait*.

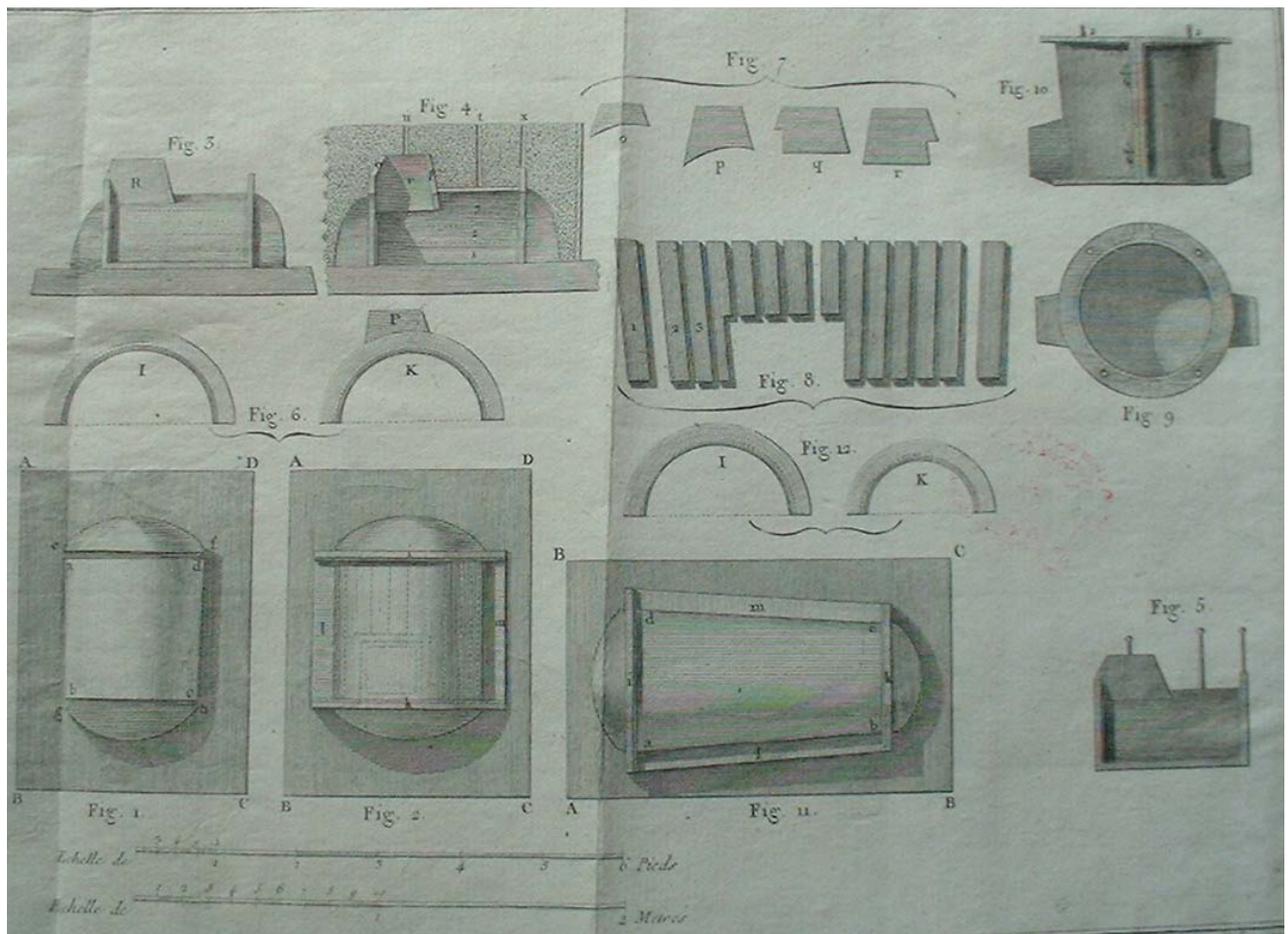


Illustration 3.6, moulage au sable, Pl 10, Monge, 22,5 x 16 cm.

L'information technologique relative à cette méthode de moulage est ordonnée, la procédure est celle à retenir pour effectuer les opérations successives liées à la réalisation du modèle et du châssis en deux parties. La planche N°10, *illustration 3.6*, concerne la préparation du moulage des tourillons qui assurent la liaison du fût de canon avec le bâti. L'empreinte dans chacune des deux parties du moule est obtenue par des *cages de bois*. Les représentations graphiques des matériels à mettre en oeuvre respectent la correspondance de vues et le dessinateur trace les ombres portées. L'échelle est donnée, mais les dessins ne sont pas cotés et les divers intervenants doivent se référer aux tableaux des

proportions pour connaître les dimensions à respecter, en fonction du diamètre de l'alésage du fût.

Les pièces brutes ainsi obtenues sont alors manutentionnées, mises en position et bridées sur les machines-outils, en vu des usinages. Monge propose une étude fine du cheminement et de la manutention des bruts ou des pièces en cours d'usinage. Rien n'est laissé à l'initiative des opérateurs, et le dessin impose un suivi parfait. Nous observons bien des analogies avec les *gammes de fabrication* modernes. Il fait par exemple le choix du système de manutention et précise les règles de sa mise en œuvre et de son utilisation. Son choix porte sur une grue orientable à treuil, guidée au sol par une crapaudine et au plafond par un palier. Le déplacement de la charge s'effectue manuellement, et Monge saisit l'occasion pour expliciter, selon une vue déplacée, le principe de transmission de mouvement, (*illustration 3.7*). L'opérateur agit sur un levier porteur d'un cliquet qui engrène avec une roue dentée. Lors de la description du système de manutention, Monge met en avant les performances attendues et donne les caractéristiques des sous-ensembles qui assure la transmission d'énergie, dont ce treuil dessiné selon cette *vue déplacée* qu'il nomme dans son texte: *vue ff*, (*figure 2, illustration 3.7*) Ce premier sous-ensemble transmet les actions mécaniques à un système de poulies. Monge fournit aussi des indications au sujet d'autres dispositifs de manutention en mettant en évidence les avantages et les inconvénients de chacun. Du point de vue graphisme, il fait usage de trois niveaux de définition: le dessin d'ensemble, le dessin d'un sous-ensemble et enfin, le dessin de détail. La vue dite, *Elévation*, présente l'architecture générale alors que la vue partielle précise l'agencement des pièces qui interviennent dans la transmission de l'action de l'opérateur. Ces données suffisent pour assurer une mise en œuvre et la manipulation de ce dispositif de levage dans de bonnes conditions, la permanence d'un repérage des pièces constitutives reprises dans un texte, renforce les données graphiques. Ce repérage est identique à celui utilisé en géométrie, Monge est géomètre.

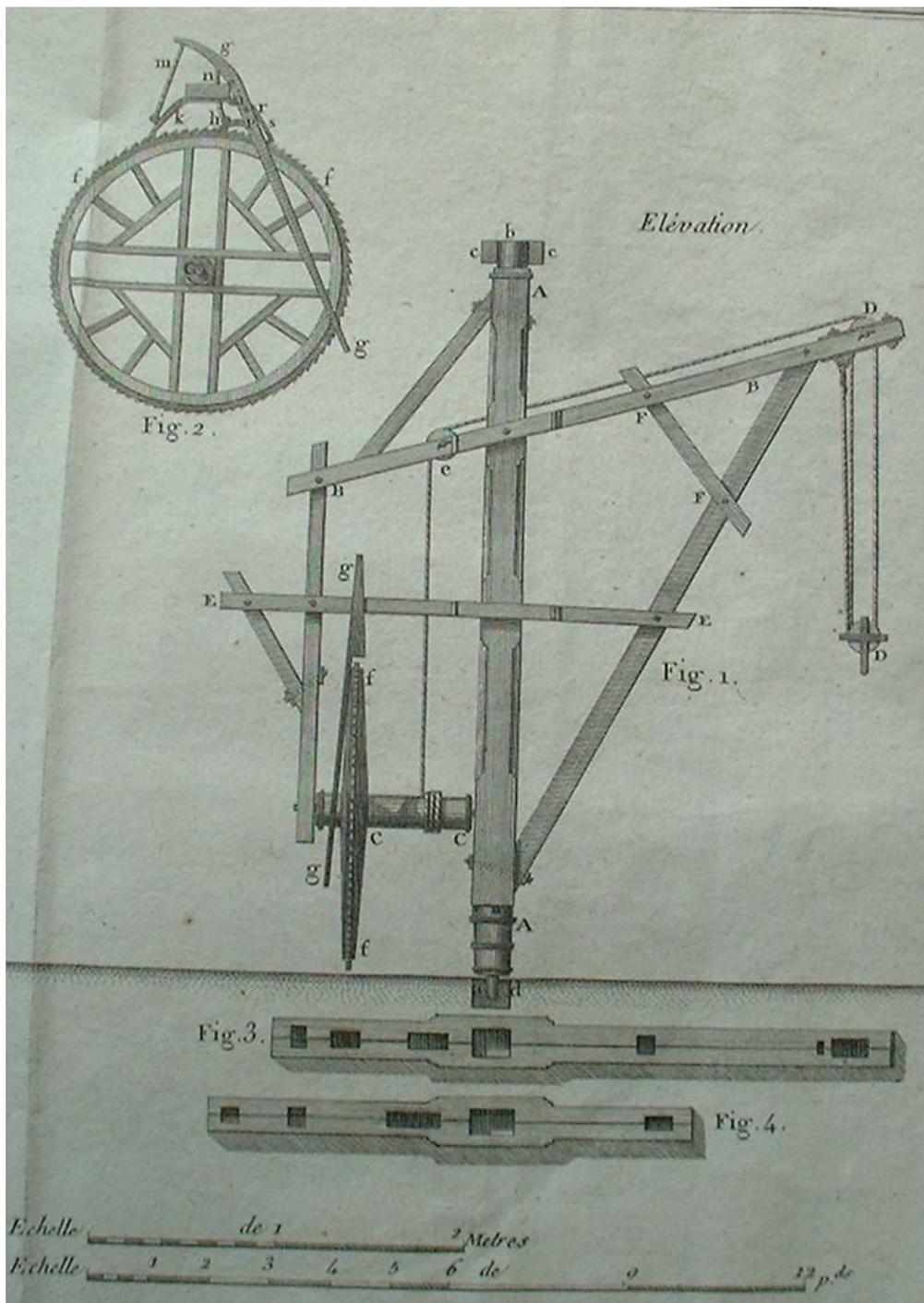


Illustration 3.7, grue, Pl14, Monge, 15 x 20 cm.

Dans la "chaîne de fabrication", la machine à percer joue un tout premier rôle, puisqu'il s'agit de percer axialement le fût, l'alésage ainsi réalisé recevant le boulet. Monge développe essentiellement deux postes de *forage des canons*: l'un à axe vertical, l'autre à axe horizontal. Nous limiterons notre analyse à celle d'une *forerie verticale* (illustration 3.8) et à celle d'un tour à charioter, à axe horizontal.

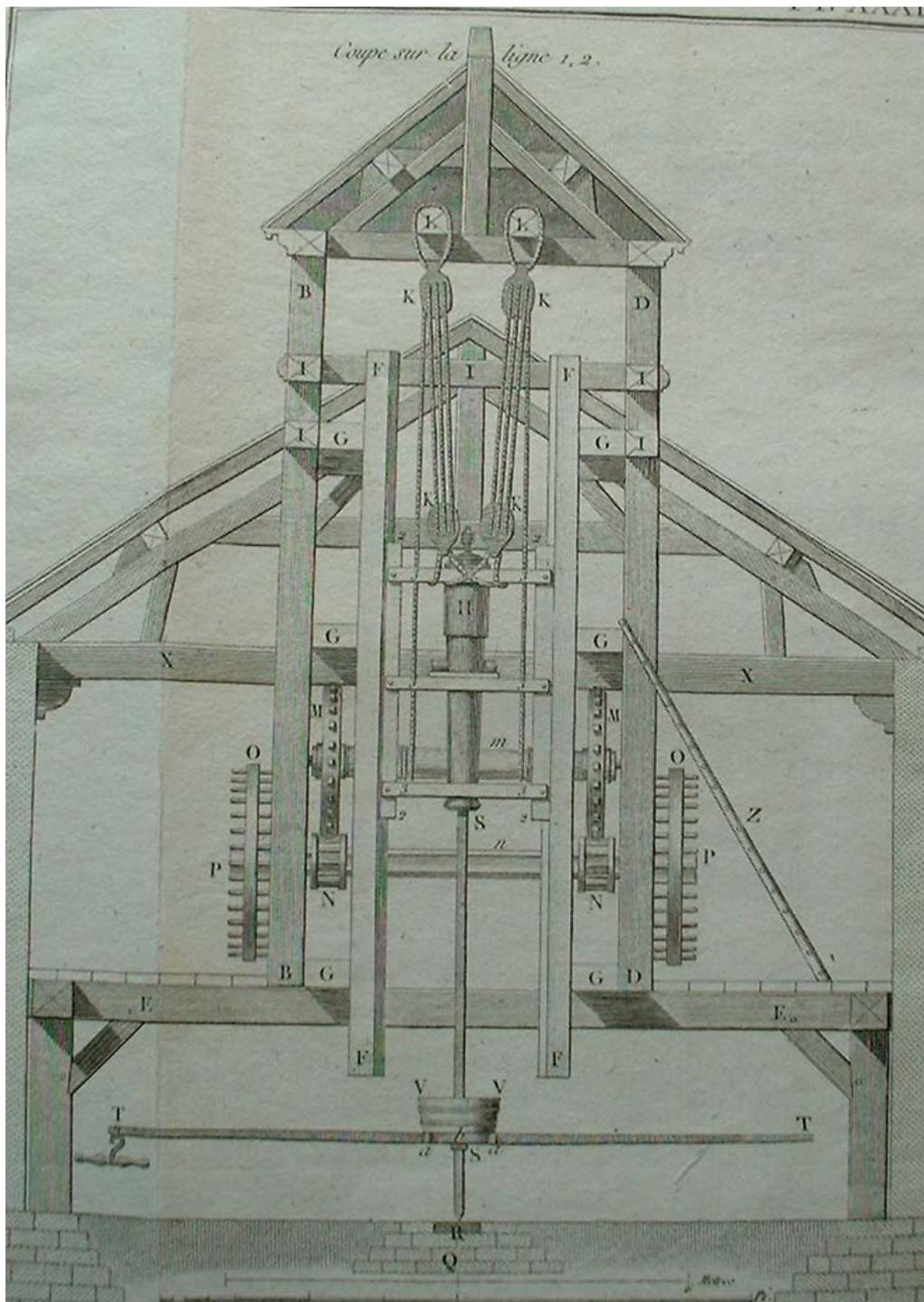


Illustration 3.8, forerie verticale, Pl 31, Monge, 16 x 21 cm.

Concernant le perçage vertical, l'énergie est fournie par l'attelage T, lié au porte-foret qui engendre le mouvement de coupe du foret (illustration 3.8). Le fût est lié en rotation mais libre en translation, afin d'assurer le mouvement d'avance. Ce procédé ne permet pas un dégagement aisé de l'outil et la mise en position de la pièce à *foré ou alézé*, exige de longues manipulations. Le procédé, traduit graphiquement selon une seule vue en *coupe sur la ligne 1, 2*, est bien lisible. Par ailleurs Monge accorde un soin particulier à la définition du

bâtiment qui abrite le système de perçage vertical. Les murs sont hachurés à 45° et les pièces de charpente, vues en bout, portent, pour bien caractériser leur position, des diagonales en traits continus fins. La taille de l'installation est imposante et se répand sur deux niveaux.

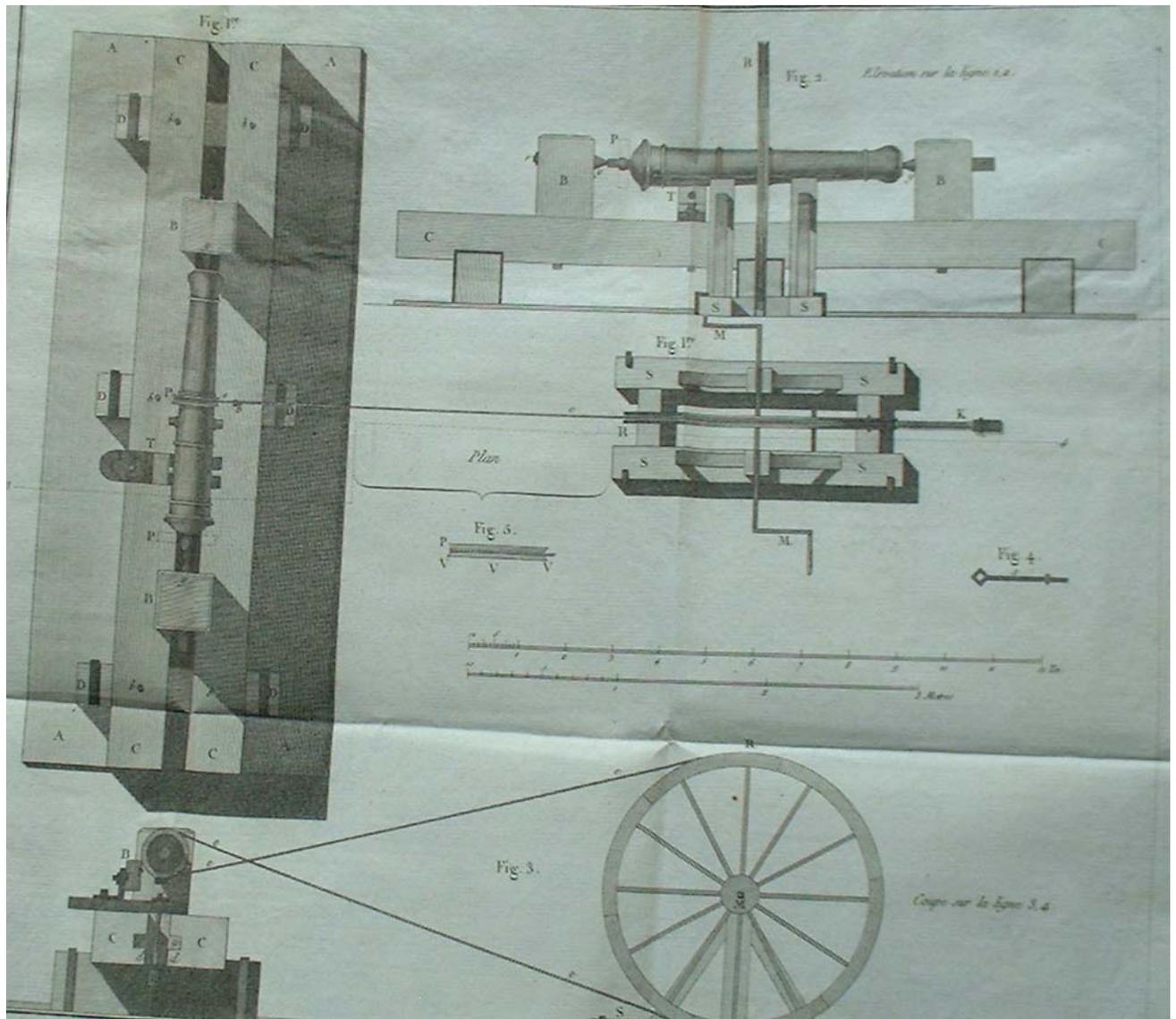


Illustration 3.9, tour, Pl 48, Monge, 33,5 x 29,5.

Monge conseille d'équiper les ateliers de tours, *illustration 3.9*. La machine est installée en situation de tournage extérieur d'une zone du fût de canon. Les vues de face et de dessus ne sont pas dessinées en correspondance, mais s'agissant d'images pour comprendre un principe de fonctionnement, le lecteur ne se trouve pas dérouté, la note d'appui rédigée par Monge complète les informations. Un dispositif analogue est utilisé pour réaliser l'alésage longitudinal, le mouvement de rotation est appliqué au corps de canon et le foret lié en rotation, mais guidé en translation, permet le dégagement de copeaux.

Nous ne traiterons pas davantage des usinages pour aborder un domaine jusqu'alors peu traité, celui du contrôle des pièces finies. Le contrôle dimensionnel est pratiqué afin d'apprécier le respect des consignes inscrites dans les *tables de dimensions*. Pour effectuer le contrôle de position des axes des tourillons par rapport à l'axe longitudinal du fût, Monge propose même un montage de contrôle spécifique. Le *tolérancement dimensionnel* est sous-jacent dans la démarche prônée par Gaspard Monge.

Dans ce livre, Monge utilise le graphisme pour transmettre, par l'image, des savoir-faire, des pratiques. Il l'exploite aussi pour décrire le fonctionnement et l'architecture de systèmes mécaniques utilisés pour cette production de *bouches à feu*. Enfin, et la portée de ce graphisme n'est pas des moindres effets sur la qualité de la production, il prescrit, ordonne, règle à l'avance, des données, des paramètres qui composent chacun des volets de la fabrication, à savoir, celui des matériaux, celui des matériels et enfin celui des méthodes. Le dessin précise les caractéristiques du produit à fabriquer et constitue dès lors un élément fondamental qui va lier le concepteur et le constructeur. Il est cependant prématuré de parler de *dessin de conception* et de *dessin de fabrication*. A la fin de ce 18^{ème} siècle il n'est pas en usage de dissocier ces deux types de dessins, la réalisation s'effectue encore à partir de prescriptions données par le dessin du concepteur. Une cote fonctionnelle d'un dessin de pièce mécanique ne fait pas encore l'objet d'un *transfert* éventuel en cote de fabrication.

La date d'édition du livre, *De l'art de fabriquer les canons*, coïncide sensiblement avec celle qui correspond à la création d'un atelier, (3 mai 1794), au sein du conservatoire des arts et métiers. La fonction de cet atelier est précisément, mais pas uniquement, de fabriquer à partir de plans, de dessins.

Nous quittons un instant Monge, pour rencontrer, toujours au conservatoire des arts et métiers, Christian Gérard, directeur de cet établissement, nouvellement fondé du temps de Gaspard Monge, mais ayant déjà ses lettres de noblesse

3.2: Gérard Christian et son regard sur la construction de machines.

Ouvrons le *Traité de mécanique industrielle*⁷⁴ paru en 1822 et dû à Christian Gérard, l'un des tout premier directeur du Conservatoire royal des arts et métiers en 1817.

Christian aborde la mécanique sous ses aspects théoriques et fourni le plan de ce traité dans un précédent ouvrage qu'il fait publier en 1819 et qu'il intitule: *Vues sur le système général des opérations manufacturières*⁷⁵ et à propos duquel nous reviendrons lorsque nous proposerons une réflexion sur l'étude des systèmes mécaniques industriels, au chapitre 6. Nous analyserons le point de vue de Christian à propos de *technonomie* et par là même sa tentative de créer une *science de la technique*. Nous proposons en document annexe le tableau intitulé: *Tableau synoptique de technonomie*, extrait de l'ouvrage que nous venons de citer.

Les travaux mécaniques des arts industriels nous semblent offrir à la science quatre grands objets à considérer, savoir: 1°. *les moteurs*, ainsi que *les modes divers de les faire agir*, quelle qu'en soit la destination; 2°. *les différents modes de transmettre et de modifier l'action de ces moteurs*, par un assemblage de pièces qui forment le corps de machines proprement dites; 3°. *Les différents modes d'exécuter un travail mécanique quelconque*, quels que soient et les moteurs employés et le mécanisme intermédiaire qui transmettent ou modifient le mouvement; 4°. Enfin, *les relations générales qui existent entre les moteurs et les machines, et celles-ci et les travaux industriels*; relations dont l'examen doit, ce nous semble, nous conduire à une méthode générale de recherches en mécanique.

(Page 5, *Idee générale de la mécanique industrielle, Traité de mécanique industrielle*).

Les apports théoriques du *Traité de mécanique industrielle* sont illustrés par de nombreuses planches dont l'objet est de mettre en évidence, par le biais d'outils graphiques, des principes de mécanique industrielle susceptibles d'être retenus, mis en œuvre et matérialisés, pour satisfaire la fonction globale d'un appareil, d'une machine ou d'une installation industrielle, par composition organisée de *machines simples*, ou encore dites, machines élémentaires. Aux yeux de Christian, ces propositions d'architectures mécaniques à caractère théorique constituent un passage obligé en amont d'une réalisation effective de mécanismes, de machines, de systèmes techniques. Dans un contexte moderne, il s'agirait d'une *étude d'avant-projet*. Le lecteur se trouve face à des *documents techniques* qui s'apparentent fort au

⁷⁴Christian, Gérard, *Traité de mécanique industrielle*, ou exposé de la science de la mécanique déduite de l'expérience et de l'observation; principalement à l'usage des manufacturiers et des artistes, 1822, Bachelier, libraire à Paris, quai des Augustins. BM de Rennes, cote:16715.

⁷⁵ Christian, Gérard, *Vues sur le système général des opérations manufacturières ou plan de technonomie*, 1819, Huzard et Courcier, libraires à Paris, bibliothèque du CNAM à Paris, cote : 8°ky4.

contenu d'un ouvrage de technologie de construction mécanique actuel avec ses schémas, ses dessins qu'accompagne un discours pour décrire, expliquer, mettre en évidence les fondements de la mécanique industrielle, édicter des règles de la construction.

Christian considère que les figures des planches ne constituent *qu'un autre langage pour se faire entendre* sur les principes mécaniques:

Ce sont des combinaisons mécaniques, c'est la pensée, si je puis le dire, de ces combinaisons, que je représente, soit en plans, en élévations, en coupes, soit en perspective suivant qu'on le juge convenable pour la représentation.

Je n'ai donc aucune dimension à donner, parce que je n'examine point une machine de telle grandeur, mais la conception, le système de cette machine.

(page iv, préface du *Trait de mécanique industrielle*).

Le graphisme est la traduction, "*une traduction semi-concrète de la pensée*", de connaissances scientifiques et techniques susceptibles d'orienter et de guider le constructeur de machines pour un choix de type de liaison, de guidage en translation, de guidage en rotation, de transformation de mouvements...La planche 31 (*illustration 3.11*) a trait à la transmission d'un mouvement de rotation entre arbres à axes parallèles ou à axes perpendiculaires, par engrenages droits, hélicoïdaux ou coniques. Chaque dispositif est défini par deux projections sur lesquelles la denture est dessinée comme elle est observée, sans avoir encore recours à une quelconque normalisation avec simplification de représentation. Le graphisme est de grande qualité et la lecture permet d'examiner la conception et l'agencement des éléments en cernant les trois composantes retenues pour toute opération mécanique par Christian: *le moteur, un outil ou une machine et la matière*. Un second exemple dont le sujet est lié au mode de transformation de *la force du vent* fait l'objet de plusieurs planches dont celle reproduite ci-dessous (*illustration 3.12*). Cette image d'un moulin anglais à ailes verticales met en évidence les dispositifs mécaniques qui transmettent l'action mécanique du vent.

Les planches ne comportent pas donc pas d'échelle et à ce propos Christian écrit: *vu le grand nombre de figures que comporte l'ouvrage, je n'ai pu avoir la pensée de donner des épures et les détails pour la construction; on conçoit où m'eût mené un tel plan*. Effectivement il confie à César-Nicolas-Louis.Leblanc, alors attaché en qualité de dessinateur au conservatoire des arts et métiers, le soin de dresser les plans propres à la fabrication de machines dont la pertinence a été reconnue. Nous savons par ailleurs que les planches du *Traité de mécanique industrielle* de Christian portent la signature du mécanicien

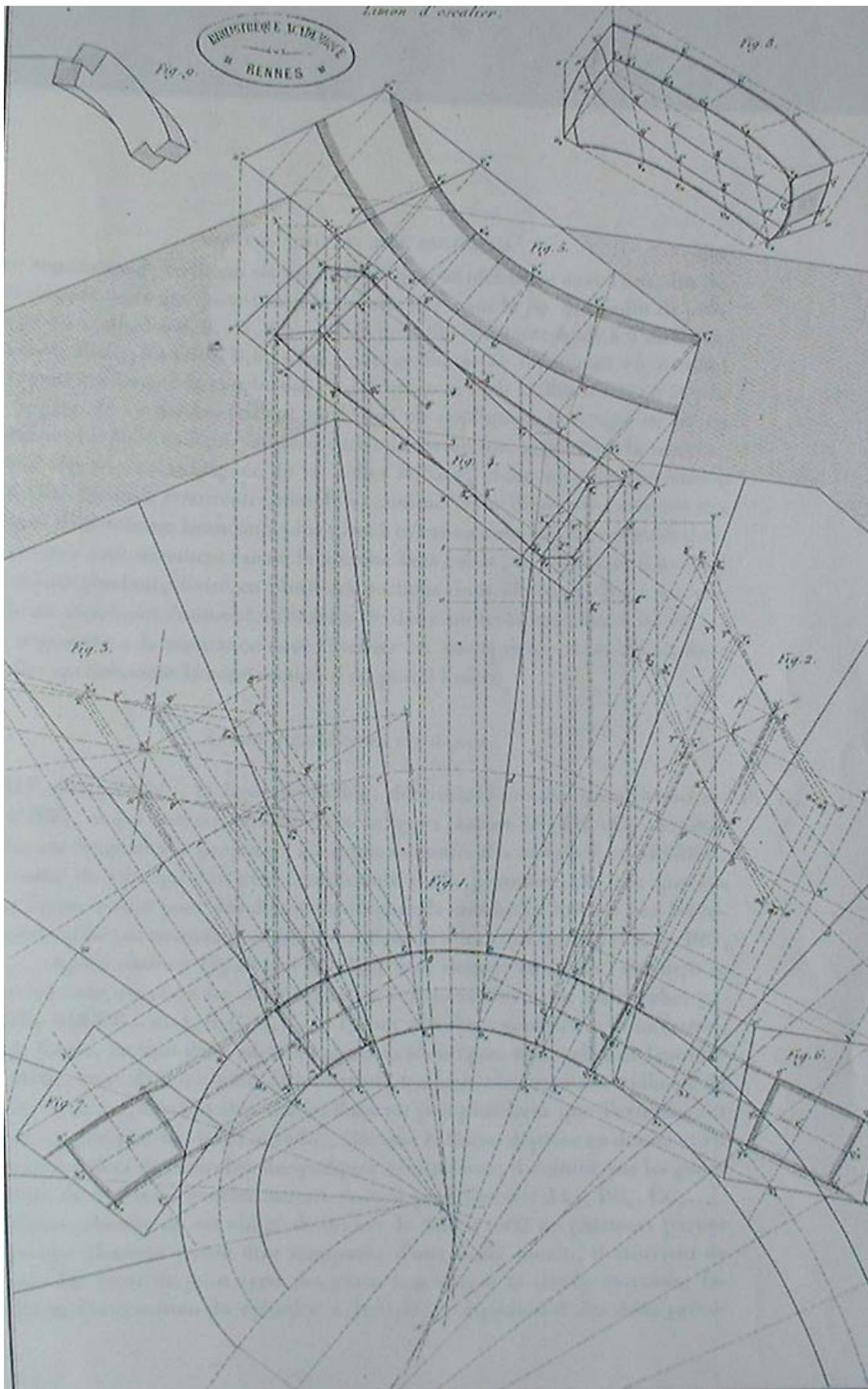


Illustration 3.10, Pl 62, limon d'escalier, *Traité de géométrie descriptive*, C.F.A.Leroy, 25 x 16,5 cm.

et dessinateur Leblanc, qui enseignera le dessin de machines au conservatoire des arts et métiers.

M.Leblanc dont le mérite est connu, se propose de publier successivement les épures de construction des machines les plus en usage, répandues dans ce traité.

C'est un service réel qu'il rendra aux artistes mécaniciens, et je ne doute pas que ce travail, pour lequel M.Leblanc a réuni déjà beaucoup de matériaux précieux, n'obtienne les suffrages de tous les hommes éclairés dans les arts industriels.

(page iv, préface du *Traité de mécanique industrielle*).

Nous soulignons ici que le moulin à vent, *illustration 3.11*, figure également dans les ouvrages que font éditer César-Nicolas-Louis Leblanc et Charles Dupin. Nous consacrons notre point 3.3 à l'étude de certains aspects de l'œuvre de ce dernier. Nous ferons part de l'exploitation que chacun effectue à partir de ce même support technique: un moulin à orientation automatique, moulin *dont les ailes motrices se déshabillent d'elles-mêmes quand la force du vent devient trop grande*⁷⁶.

Dans les propos de Christian que nous rapportons dans une page précédente figure le mot *épure*. Le mot *épure* vient de la géométrie de Monge, et il n'a pas la même signification que le mot *dessin*. L'*épure* fournit les projections des détails de formes de pièces aux contours singuliers et, par une application des règles de la géométrie descriptive, *changement de plans de projection, rotation, rabattement*, elle peut porter, si nécessaire, des surfaces en vraie grandeur. L'*épure* nécessite des constructions non exigées par le *dessin*. Nous retenons, ci-après, à titre d'exemple, l'*épure* relative à un limon d'escalier et nous pouvons apprécier le travail du dessinateur-géomètre. Nous devons cette *épure*, datée de 1834, à C.F.A.Leroy, professeur à l'Ecole polytechnique; nous reviendrons sur ses travaux au cours du chapitre 5.à venir.

⁷⁶ Dupin, Charles, 1784-1873, *Géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux arts*, tome 3, dynamique, 11^{ème} leçon, page 346.

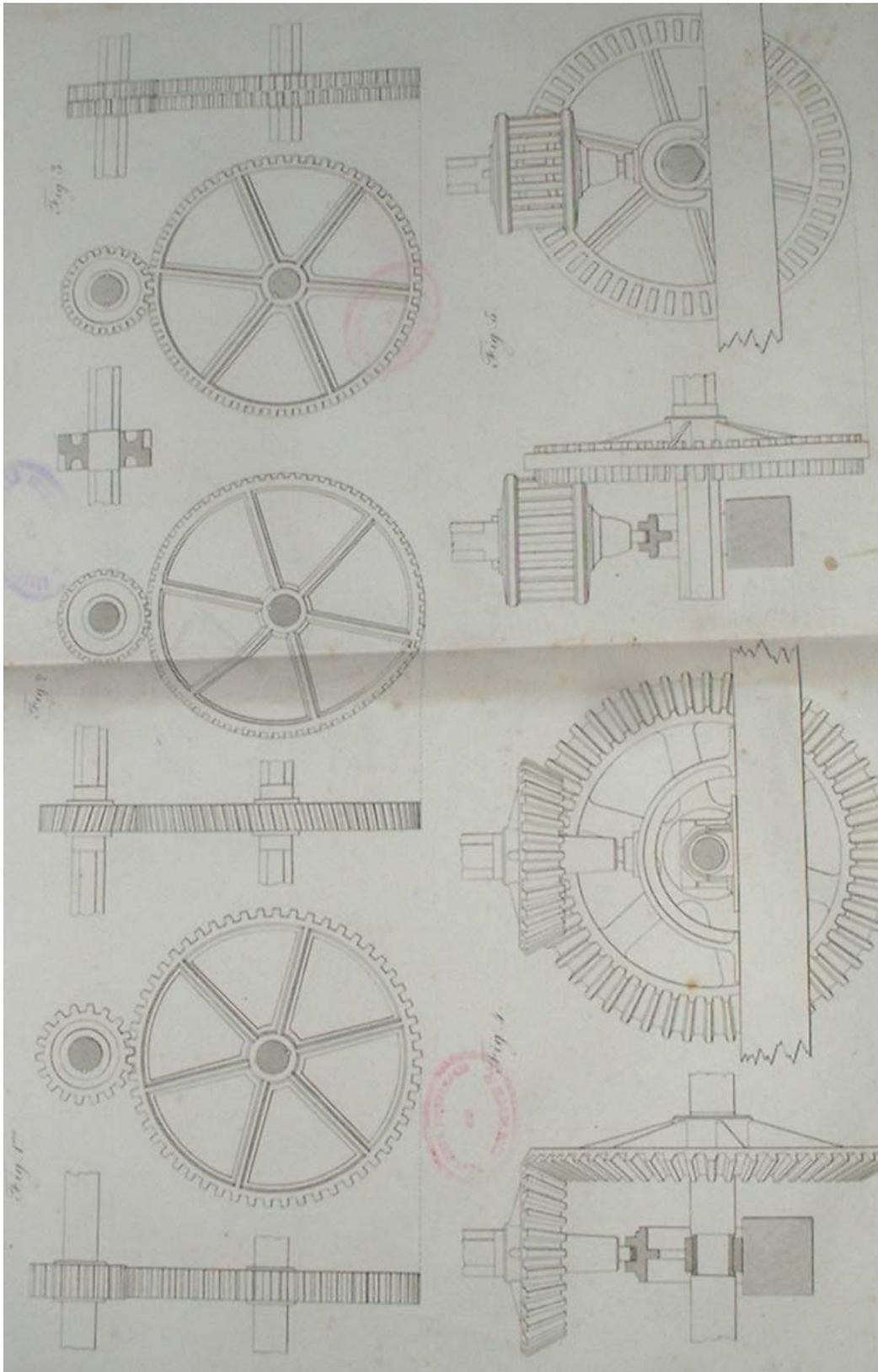


Illustration 3.11, Engrenages, Traité de mécanique industrielle, Christian, 32 x 21 cm.

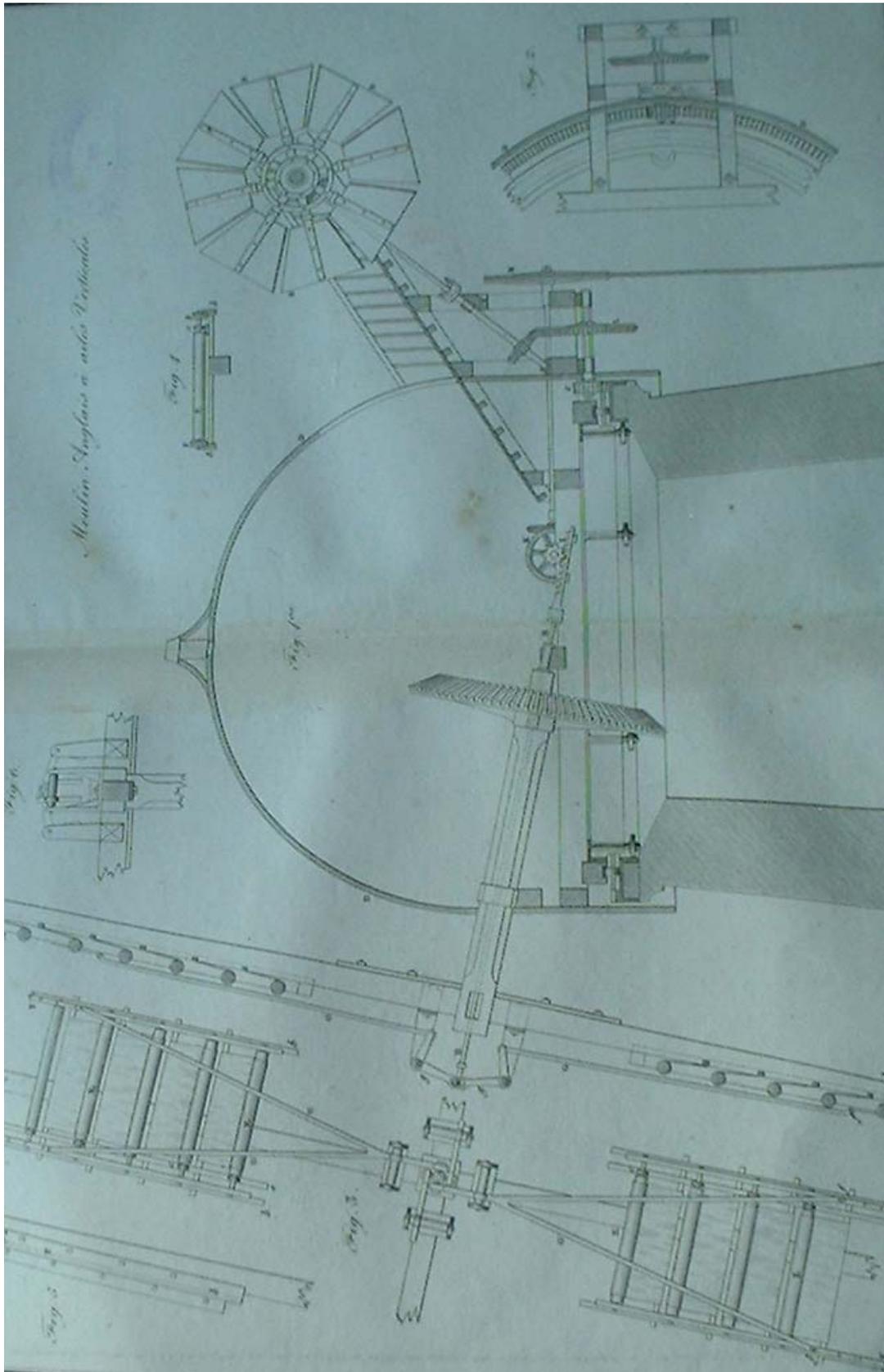


Illustration 3.12, moulin orientable, *Traité de mécanique industrielle*, Christian, 32 x 21 cm.

Leblanc fait éditer son propre *Recueil des machines, instruments et appareils* en 1826. Il accède alors au grade de professeur et est de plus chargé de la garde de la collection de machines. Il se distingue par la qualité de ses dessins de machines et est considéré comme l'un des plus habiles artistes en la matière. Il sera décoré de la légion d'honneur. Son recueil est un ensemble de 72 planches au format A2 de machines et d'instrument à vocation agricole. La page de présentation est destinée au ministre, secrétaire d'état de l'intérieur:

Leblanc à son Excellence le Comte Decazes, ministre, secrétaire d'état de l'intérieur:
Ouvrage destiné à répandre la connaissance des meilleures machines d'économie rurale et à servir de guide sûr à ceux qui entreprendront de les construire. Les bons modèles de ce genre manquent dans la plupart de nos départements. Les bonnes méthodes de construction, même pour les machines connues, y sont souvent ignorées.

Les machines représentées ont pour nom: pressoir à vis horizontales, coupe racines à tambour, machine à battre le grain, moulin à la française, presse hydraulique, charrues, blutoir à brosse... Chaque système est dessiné selon des vues d'ensemble, extérieures et en coupe, souvent accompagnées de vues partielles et de dessins de détail. Le trait est de parfaite qualité et à la seule lecture des projections, il est possible de dégager les principes mécaniques et les dispositions constructives retenues.

Leblanc possède a son actif un certain nombre d'ouvrages: *Nouveau système de filature du coton*, paru en 1828; *Choix des modèles appliqués à l'enseignement du dessin des machines*, ce livre réalisé entre 1830 et 1833 sera adopté par les arts et métiers et *Le mécanicien constructeur, ou atlas et description des organes de machines* qui paraîtra une année avant sa mort.

3.3: Charles Dupin (1784-1873) et son cours professé au conservatoire royal des arts et métiers.

Nous voici à nouveau au conservatoire royal des arts et métiers, mais cette fois pour rencontrer le Baron Charles Dupin, membre de l'académie des sciences et officier supérieur au corps du génie maritime. Né dans le Nivernais en 1784, il décède à Paris en 1873. Conseiller d'état en 1831 puis Ministre de la marine en 1843, il sera élu sénateur en 1852.

Il enseigne la géométrie et la mécanique au conservatoire royal des arts et métiers et fait éditer en 1825 son *cours normal* qu'il nomme: *Géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux arts*⁷⁷; ce cours normal s'adressant aux artistes et aux ouvriers, aux sous-chefs et aux chefs d'ateliers et de manufactures. En introduction, et à destination des ouvriers français, il tient ces propos:

Si vous étudiez l'application de la géométrie et de la mécanique à vos arts, à vos métiers, vous trouverez dans cette étude un moyen de travailler avec plus de régularité, de précision, d'intelligence, de facilité et de rapidité. Vous ferez mieux et plus vite; vous apprendrez à raisonner vos travaux et vos inventions.

(Extrait, page vj, introduction, tome1, *géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux-arts, Dupin.*)

Une apologie de la promotion sociale, par l'éducation, des ouvriers. L'ouvrage compte trois tomes, le premier au sujet de la géométrie, le second de la mécanique et le troisième la "*dynamie*". Le cours de mécanique, commencé en 1824 et assuré par le Baron Charles Dupin fût si apprécié que le Comte de Chabrol, au nom du ministre de la marine et des colonies fit en sorte que cet enseignement fasse des adeptes ailleurs qu'à Paris et en particulier dans les ports où existent des écoles d'hydrographie. Ces cours de géométrie et de mécanique, d'après le cours du conservatoire de Paris, auront lieu deux fois par semaine, le soir. Il est décidé de l'installer dans quarante quatre ports militaires ou marchands du Royaume, dont ceux de Brest, Lorient et Nantes.

Charles Dupin fait aussi éditer, en 1822, un livre sous le titre suivant: "*Applications de géométrie et de mécanique à la marine et aux ponts et chaussées*⁷⁸". L'idée d'une géométrie descriptive appliquée aux industries se développe fortement durant la révolution. Dès l'année

⁷⁷Dupin, Charles, 1784-1873, *Géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux arts*, 1825, Bachelier Paris, BM de Rennes, cote:54306.

⁷⁸Dupin, Charles, *Applications de géométrie et de mécanique à la marine et aux ponts et chaussées*, 1822, BU Rennes1 cote: 10216.

1820, Charles Dupin, ancien élève de Gaspard Monge à l'école polytechnique, se placera en véritable ambassadeur pour un développement du dessin géométrique et de la mécanique dans les arts et manufactures de France. En hommage à Monge et aussi conscient des " *progrès dont les professions les plus utiles sont redevables aux savantes conceptions, aux applications ingénieuses de ce grand géomètre* ", il écrit en 1819 un essai historique sur les services et travaux scientifiques de Gaspard Monge. A l'âge de vingt et sept ans, il oriente résolument ses travaux scientifiques vers le domaine maritime. Ses fonctions d'officier supérieur au Corps du génie maritime l'y invitent sans doute; il deviendra ministre de la marine. Dupin relate également, en 1811, les: *Expériences sur la flexibilité, la force et l'élasticité des bois avec application aux constructions en général et spécialement à la construction des vaisseaux*⁷⁹. Ces expériences seront d'ailleurs menées à l'arsenal de la marine française à Corfou.

Charles Dupin, en sa qualité de capitaine en premier au Corps du Génie Marine, présente le 10 janvier 1814 un mémoire traitant: *De la stabilité des corps flottants, premier mémoire d'application de la géométrie*. Au même moment, deux géomètres avaient entrepris cette étude: Bouguer sur le bateau *la Condamine* composait le *Traité du navire* en 1746, et Euler écrivait à Saint Pétersbourg son ouvrage intitulé *Scientia Navalis*. Les savants Sané, Poinsot et Delambre sont chargés par la première classe de l'Institut de France de rendre compte de la contribution de Dupin qui reçoit les éloges d'un Lagrange disant: " *l'auteur a trouvé le secret de dire des choses neuves et intéressantes, sur un sujet que nous croyions épuisé*".

Il écrira aussi à propos de ses voyages en Angleterre, en Irlande et en Ecosse: " *Mémoires sur la marine et les ponts et chaussées de France et d'Angleterre*⁸⁰". La préface est dédiée à M de Prony, ancien professeur de l'école polytechnique, directeur de l'école des ponts et chaussées et membre de l'Institut. L'objet du livre, selon l'auteur, est le perfectionnement de l'art dans les travaux publics. Dupin estimera tirer profit de ses observations de voyages effectués entre 1816 et 1818, mais sans dessins rapportés. Au sujet de ce voyage outre-Manche, il écrit:

Je suis allé dans le pays de nos rivaux en industrie; j'ai vu que les savants et les puissants y réunissaient leurs efforts pour procurer aux ouvriers anglais, écossais, irlandais, une instruction nouvelle qui rend les hommes plus habiles, plus à l'aise et plus sages. J'ai désiré pour vous les mêmes biens, et mieux encore. J'ai pensé qu'on

⁷⁹ *Journal de l'école polytechnique*, tome X, 17^{ème} Cahier.

⁸⁰Dupin, Charles, 1784-1873, *Mémoires sur la marine et les ponts et chaussées*, 1818, BM Rennes cote: 15352.

pourrait vous donner un enseignement plus complet et plus avantageux: j'ai tâché de le faire.

(Extrait, discours aux ouvriers français, tome 1, Géométrie et mécanique, Dupin).

Par ailleurs, les transactions de la Société Royale de Londres publient en 1817 ses observations: "*De la structure des vaisseaux considérée dans ses derniers perfectionnements*".

De toute évidence le graphisme est privilégié dans les trois tomes qui constituent cet ouvrage imprimé par cahiers contenant chacun une leçon, avec la planche de figures relatives à cette leçon: les leçons de géométrie forment le premier volume, les leçons sur les machines le second puis enfin celles sur les forces industrielles. Nous présentons quelques unes de ses planches aux pages qui suivent.

J'appelle dynamique la science dont l'objet est d'examiner la production et l'application des forces motrices. Parmi les forces motrices qu'emploie l'industrie, il faut distinguer: 1°, les forces des êtres intelligents, nous les appellerons par abréviations *forces vivantes*; 2°, les forces de la nature inanimée, nous les appellerons *forces inanimées*.

(Extrait, introduction, Dynamie ou science des forces motrices applicables aux arts, Charles Dupin).

Nous retiendrons que les apports scientifiques et techniques développés par Charles Dupin, le sont à partir de réalisations effectives transcrites sur des planches qui illustrent chacun des trois tomes qui composent son cours *Géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux arts*. Par ailleurs, il a su observer l'état de l'industrie anglaise durant ses séjours outre-manche et il a ainsi pu mesurer le retard accusé par la France en matière de production industrielle. Ainsi, la machine à vapeur constituera un centre d'intérêt de tout premier ordre qu'il développe dans la treizième leçon de *Dynamie. Machines à vapeur d'après le système de Watt* (page 393).

Le baron Dupin fait de son cours, une sorte d'ouvrage de propagande afin que, et au delà des murs du conservatoire royal des arts et métiers, l'enseignement de la mécanique s'installe et se développe sur chaque site industriel du royaume. L'instruction, dont il souhaite la mise en place, vise une préparation des jeunes gens à la fabrication; une fabrication organisée associant connaissances techniques et savoir-faire. Il suggère que dans chacune des villes où la formation est assurée, se constituent des collections de modèles et de machines réalisés par les élèves eux-mêmes.

On pensera, par degrés, à former des collections de modèles et de machines. Ces collections pourront être riches et vastes, dans les villes manufacturières. Dans ces

viles, on pourra former des collections d'une manière économique, en engageant l'ouvrier, l'artiste, qui suivra les cours, à donner seulement un modèle des produits ou des machines de son industrie spéciale. Chaque tailleur de pierre pourra faire cadeau d'une petite voûte, d'une petite porte ou d'une petite fenêtre, taillées au trait. De même, chaque charpentier pourra faire cadeau d'une pièce de charpente taillée en petit, comme modèle. Le charron, le tonnelier, le machiniste, l'horloger, etc, feront pareillement leur modeste présent ; et la collection se complètera peu à peu, par les tributs des élèves.

(Extrait, page xv, *Géométrie et mécanique des arts et métiers, tome 2, Dupin*).

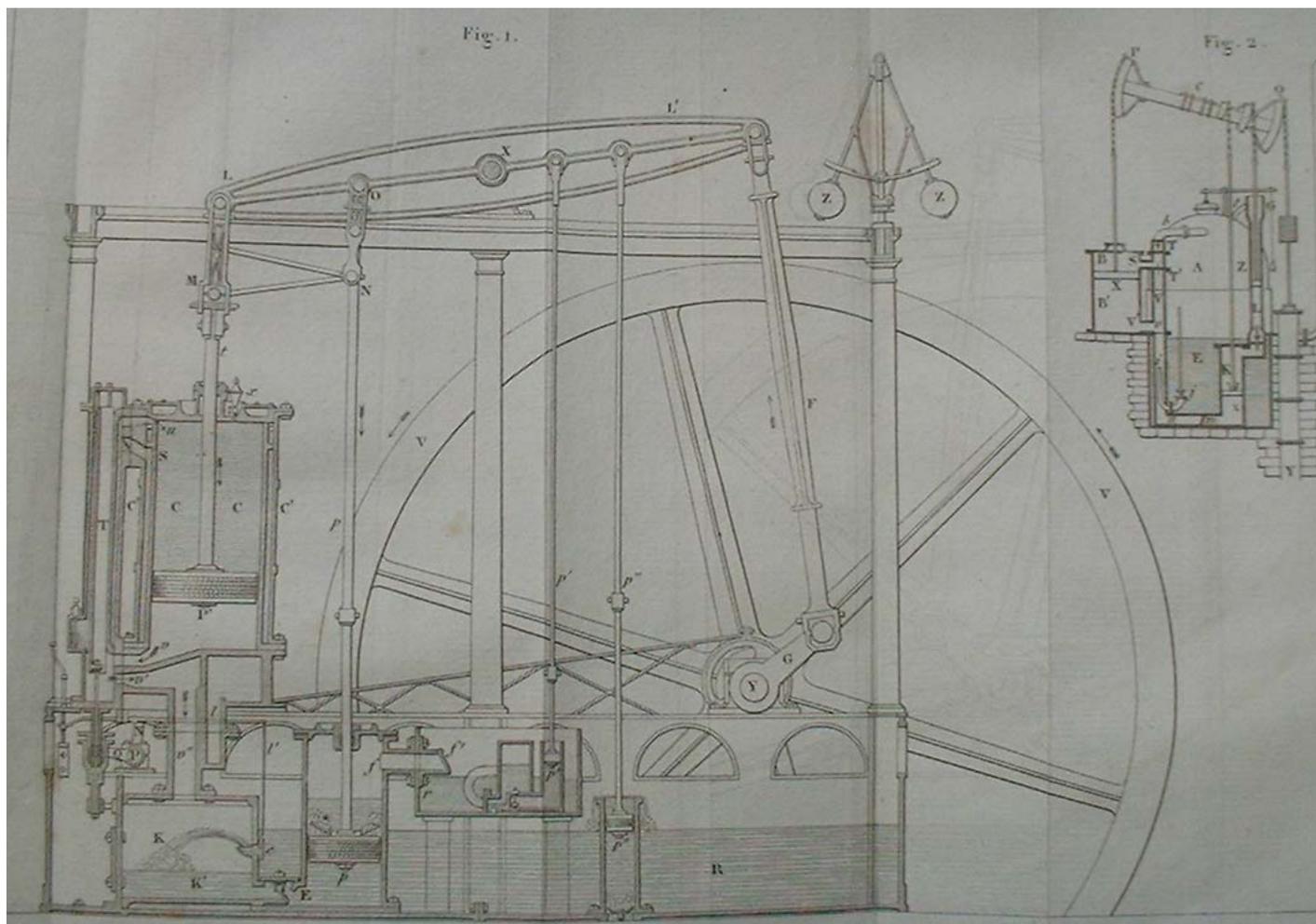


Illustration 3.13, machine à vapeur, Dupin, 15 x 21 cm.

Dans une note accompagnant le premier volume, Charles Dupin ne cesse de mettre en confiance et d'encourager les éventuels auditeurs car son cours est accessible par chacun dit-il.

Ce cours ne suppose, chez les personnes qui voudront l'étudier, d'autres connaissances que celle des quatre règles de l'arithmétique.

(Extrait, note préliminaire, tome 1, *Géométrie et mécanique, Dupin*).

Le baron Charles Dupin va mobiliser bien des énergies afin qu'un grand nombre de villes du royaume réunissent les conditions matérielles et d'encadrement pour mettre en place l'enseignement du dessin linéaire, à l'instar du projet qu'il a lui même construit et mis en œuvre au conservatoire royal des arts et métiers. Dans l'introduction du tome 2 édité en 1826 et dédié à la mécanique, Charles Dupin affiche une évaluation positive des actions de formation à destination *des artistes des villes manufacturières*. Il y souligne combien, ses idées sont suivies d'effets: *Déjà, beaucoup de villes du royaume ont reconnu la vérité de mes observations*. En Bretagne, ce sera le cas des villes de Lorient, de Saint-Brieuc, de Brest, de Nantes. Ainsi, par exemple, à Lorient, le chevalier de Kerdrel, ancien officier de marine et maire de la ville, établit une école de *dessin linéaire*, afin de compléter l'instruction des élèves qui suivront le cours de géométrie et de mécanique appliquées aux arts.

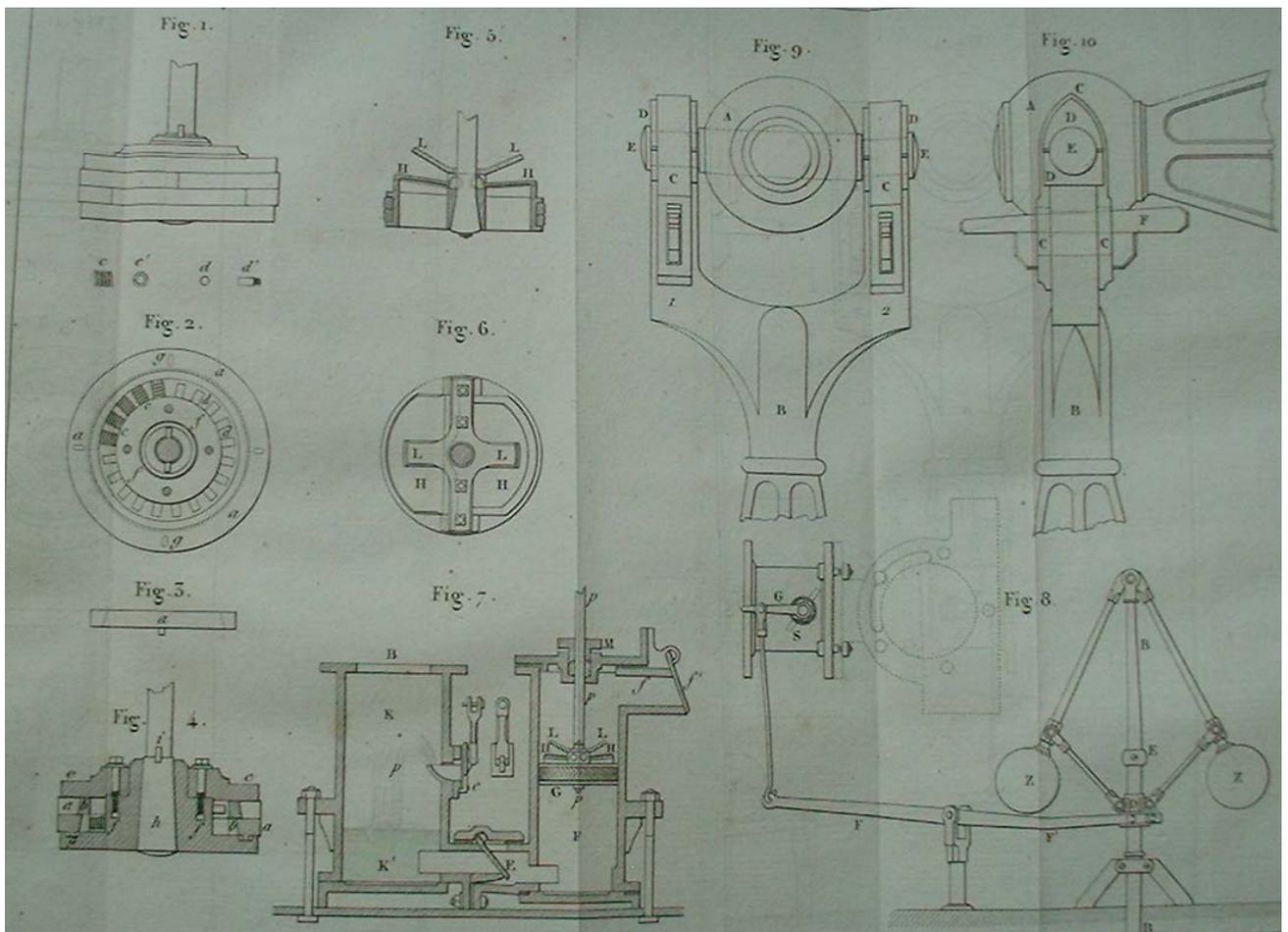


Illustration 3.14, sous-ensembles, machine à vapeur, dynamique, tome3, Dupin, 15 x21 cm.

Le cours construit par Charles Dupin, est, pour la première fois, dispensé au conservatoire des arts et métiers en novembre 1824 puis proposé dans plusieurs villes du royaume. Il va constituer une référence à partir de laquelle les professeurs recrutés à la hâte, vont construire le contenu et la forme de leur enseignement. Ceci va naturellement conduire à une certaine harmonisation de cet *enseignement spécial* tourné vers la technique, et tout particulièrement vers la mécanique. Les modèles de dessins fournis par Dupin vont être "imités". Ces dessins figurant dans l'ouvrage de Dupin certes, mais sans doute ceux rédigés par les différents intervenants du conservatoire royal des arts et métiers, tels Leblanc, Christian, Hachette. Le dessin linéaire du champ des mécaniciens va peu à peu se structurer. Les exigences en matière de définition vont s'affirmer dans la mesure où les systèmes techniques deviennent plus complexes, plus nombreux et destinés à satisfaire les fonctions les plus diverses. Les dessins de la machine à vapeur (*illustrations 3.13 et 3.14*) retenus par Dupin témoignent de cette évolution des *conventions* du dessin technique. La machine est représentée dans son intégralité sur l'une des planches, alors que sur une autre l'auteur projette quelques sous-ensembles. Le piston qui puise l'eau du réfrigérant est dessiné suivant trois vues nommées figures (fig 5, 6 et 7). La compréhension du fonctionnement passe par la lecture de ces vues. L'eau aspirée est retenue dans le cylindre de pompe par un jeu de clapets (E, H). La partie active du piston est *représentée en grand*, (fig 5 et 6), nous pouvons y lire la forme et le montage des clapets de pistons et de leurs limiteurs d'oscillation. La coupe montre la solution retenue pour assurer l'étanchéité entre le piston et le cylindre et la liaison tronconique du corps de piston avec la tige de guidage. Une boîte à garniture à chapeau réglable participe au guidage en translation de la tige de piston. Les figures 1, 2, 3 et 4 sont les vues représentatives d'un piston dont les deux parties du corps sont moulées. Les deux rangées de segments d'étanchéité sont appliquées sur l'alésage du cylindre par des ressorts, cette conception constitue d'ailleurs un dispositif de rattrapage automatique du jeu dû à l'usure des surfaces en contact. L'emmanchement conique du corps de piston et de la tige est sécurisé par un clavetage transversal. Le dessinateur représente sur *une plus grande échelle*, dit-il, *le mouvement du modérateur ou gouverneur* de la machine. La lecture du dessin nous suffit pour saisir le principe de ce régulateur: l'écartement des sphères, par un système de tringlerie, provoque l'oscillation de la soupape. Il est question du régulateur de Watt, bien connu de chacun. L'assemblage du balancier avec la bielle est lisible sur les deux vues extérieures des figures 9 et 10. Cependant, une vue en coupe donnerait plus de détails quant à cette articulation cylindrique.

Nous venons d'effectuer ce bref commentaire afin de montrer combien le trait qui nous est proposé est porteur de sens. Nous nous trouvons éloigné de la simple représentation en perspective de machines, perspectives que nous offrait Gallon par exemple, dans le but de donner une image globale de l'objet sans entrer chaque fois dans le détail de ce qui relève des dispositions mécaniques retenues, de la conception. Cette nouvelle orientation du dessin linéaire, pour être perçue par tout lecteur, doit opter pour des codes et des signes à caractère universel. C'est dans cette optique que l'on voit naître ces volontés pour s'orienter vers un langage commun pour une communication au sujet des systèmes techniques industriels.

Parallèlement, pour chaque champ, établir et s'accorder sur l'établissement d'une terminologie commune deviendra nécessité. De toute évidence, la communication scientifique et technique aura tout son sens si les concepteurs et les constructeurs accordent aux tracés, aux mots et expressions une même signification. Chacun sait que la construction navale, et les activités de mer, font appel à un vocabulaire particulièrement riche, et il y a lieu de convenir que les échanges dans ces domaines seraient bien délicats si une terminologie commune n'était pas établie. En la matière, il nous faut reconnaître que l'architecture navale fait figure de pionnière.

CHAPITRE 4

Une orientation vers une terminologie et un langage communs pour une communication scientifique et technique.

Dans le domaine des sciences et des techniques, mais ce champ n'en possède pas l'exclusivité, le graphisme représente un niveau de concrétisation d'idées, de faits technologiques. Ce graphisme est une composition, un arrangement de traits, traduction matérielle de signes pour l'expression d'une forme de message, d'information à transmettre, à véhiculer. Les signes ainsi apposés sur un support approprié, sans parler de la xylographie⁸¹ et en se limitant au parchemin ou au papier, contribuent à la définition d'un contenu: *le signifié*. Ce signifié est porteur de sens et est *le signifiant* d'une idée, d'un fait. En présence d'un signifié et d'un signifiant, nous sommes au cœur d'un langage susceptible de permettre et de développer une forme d'échanges, une communication entre interlocuteurs, concepteurs et constructeurs par exemple, si et uniquement si le signifié, à savoir le contenu, revêt le même sens, la même signification, pour celui qui émet le message, d'une part, et pour celui qui le reçoit d'autre part.

Ce graphisme pour construire que nous avons développé au chapitre premier revêt ici tout son intérêt. Il s'agit de représentations graphiques, de signes ou de codes, qui participent à l'élaboration d'un contrat, d'un cahier des charges. Les documents ainsi obtenus, liens communs au concepteur et au constructeur, doivent être lus, compris et interprétés par chacun de ces interlocuteurs. En construction navale, ce graphisme a parfois pour mission de participer à la traduction de situations technologiques existantes; autrement dit: faire connaître, par le trait, ce qui a été matériellement réalisé dans l'optique d'un service à rendre, d'une information à transmettre. Mais nous observons que dans le domaine de l'architecture navale, c'est, dans la plupart des cas, le "graphisme pour construire " qui l'emporte. Les illustres "ingénieurs constructeurs", tels que: Dassié, Bouguer, Duhamel du Monceau, Ollivier, Vial du Clairbois, Sané, font usage d'outils graphiques pour communiquer aux constructeurs les informations strictement utiles pour bâtir un vaisseau, pour construire le navire qu'ils ont imaginé. Ces hommes éclairés ont éprouvé, chacun à leur manière, ce besoin de définir l'ensemble des éléments qui entreront dans la composition du navire projeté. Certes, une définition par un trait accompagné d'un état des dimensions, mais aussi un trait qui s'accommode fort de la

⁸¹ *Xylographie*: Impression tabellaire en usage en Chine dès le 6^{ème} siècle.

définition de mots et expressions propres à la construction de navires. Par ailleurs, un vocabulaire spécifique aux activités maritimes est établi, qu'il soit question des savoir faire sur le chantier ou de la manœuvre proprement dite du vaisseau dans son élément. C'est à cette définition du sens du trait et à l'établissement d'une terminologie appropriée, commune et lisible, que se sont attelés les concepteurs, les ingénieurs-constructeurs.

Ainsi, il nous eut été possible, mais nous sortions alors du cadre de notre étude, de répertorier sur une période antérieure à la date précitée, bon nombre de documents écrits et dessinés relatifs à la construction de bâtiments aux vocations les plus diverses. Ces documents s'avèreraient d'ailleurs précieux aux yeux de l'historien des sciences et des techniques qui souhaiterait composer une histoire du graphisme à un moment où le livre traitant de sujets à caractère technique va occuper une place toujours plus grande dans les rayonnages des libraires. Ce constat est souligné dans le discours⁸² prononcé par Jules Antoine de la Gournerie lorsqu'il ouvre son cours de géométrie descriptive face aux élèves du conservatoire des arts et métiers de Paris, le 14 novembre 1854. Il retient dans ce discours d'ouverture, fort d'une cinquantaine de pages, quelques ouvrages qu'il estime lui-même majeurs pour ce qui est de la diffusion de connaissances à verser au chapitre des sciences et des techniques et plus particulièrement à celui des outils graphiques. L'art du trait et la géométrie descriptive y sont développés avec une mise en relief de l'utilité et de l'usage du graphisme dans la réalisation effective d'un ouvrage appartenant surtout au domaine du génie civil et de manière plus confidentielle à celui du génie mécanique.

Le livre, porteur de connaissances et de savoirs, devient outil de communication entre le concepteur et le réalisateur d'un édifice, entre celui qui sait et celui qui méconnaît. Son objet est bien de dire, de divulguer, de livrer et de transmettre en des termes accessibles, intelligibles et tout ceci, dans un langage, une écriture, lisible, compréhensible et interprétable. Ce "triolet" composé des verbes: *lire, comprendre* et *interpréter* constitue, à nos yeux, le fondement même de la communication scientifique et technique. Il s'avère nécessaire d'accorder un sens commun au mot lorsqu'il est question d'écriture et au trait lorsqu'il s'agit de graphisme. Cette nécessité de donner un sens commun aux *signes* dans les diverses formes d'expression, de formulation, s'observe dans les ouvrages dédiés à l'architecture civile

⁸² De la Gournerie, Jules-Antoine-René-Maillard, 1814-1883, ingénieur des ponts et chaussées, professeur de géométrie descriptive à l'école polytechnique et au conservatoire impérial des arts et métiers, élu à l'académie des sciences en 1873, *Discours sur l'art du trait et de la géométrie descriptive*. 1854, bibliothèque du CNAM, Paris, cote: Pa 52.

mais elle tendra à se généraliser, et tout particulièrement et très tôt, comme nous allons le voir, en architecture navale.

4.1: François Dassié et son sens du mot juste.

Afin d'introduire et d'étayer nos propos, nous accorderons un temps aux travaux de François Dassié, ce marin-constructeur soucieux de contribuer à l'harmonisation de sens du signifié pour ce qui relève de la marine et de l'architecture navale en particulier. Ainsi, souscrivons nous déjà aux propos tenus par François Dassié en 1677, lorsque dans *L'architecture navale*, il s'adresse au lecteur en ces termes:

Nous avons un grand nombre d'Autheurs qui ont amplement traité de toutes les parties des mathématiques, et principalement de l'Architecture civile et militaire; mais il semble qu'ils ont négligé de nous instruire de *l'architecture navale*.
(Extrait, page 3, *L'architecture navale*, Dassié).

Le livre de François Dassié, *L'architecture navale, contenant la manière de construire les navires, galères et chaloupes, et la définition de plusieurs autres espèces de vaisseaux*, constitue, à nos yeux, une référence, pour ce qui est de la représentation graphique du vaisseau et de la terminologie appropriée à la marine. En introduction, il précise qu'il tient à se *faire entendre* du lecteur quant au vocabulaire spécifique dont il fait usage et sa toute première préoccupation réside en l'explicitation du vocabulaire particulier de ce domaine de la construction navale et de la marine en général:

Dans le premier livre j'explique les termes de géométrie, avec la pratique des traits du compas, qui sont nécessaires pour représenter le plan et les proportions d'un navire, les termes de la marine qui sont en usage, les définitions de plusieurs sortes de vaisseaux. Je distingue toutes les proportions et mesures de toutes les parties d'un vaisseau, représentées par des figures.
(Page 6, note au lecteur, *L'architecture navale*, F. Dassié).

Intéressons nous à quelques uns de ses dessins de vaisseaux. La vue de face et la vue de dessus de la galère représentée à la page 13, (*illustration 0.2*), portent des repères qui renvoient à la terminologie et à la définition de la fonction de chaque élément constitutif du navire. Les procédures à suivre pour façonner puis assembler les pièces sont livrées au constructeur qui a la charge d'assurer l'harmonie générale de son œuvre par le strict respect des dimensions et des proportions indiquées par les *Tables pour trouver les proportions*. Le lecteur découvre dans ce livre les définitions des diverses et très nombreuses composantes du vaisseau: *la rode de proue, la queue de l'étambot, le listeau, le trinquet, le tabernacle etc...* cette lexicographie incluse dans

l'ouvrage pourrait constituer les bases d'un *dictionnaire, d'une encyclopédie.*

Dans le second livre, je donne l'explication des termes pour la construction de la galère et de la chaloupe, la distribution de leurs parties représentées par des figures, la description générale de tous les agrès...

(Page 6, *L'architecture navale, F.Dassié*).

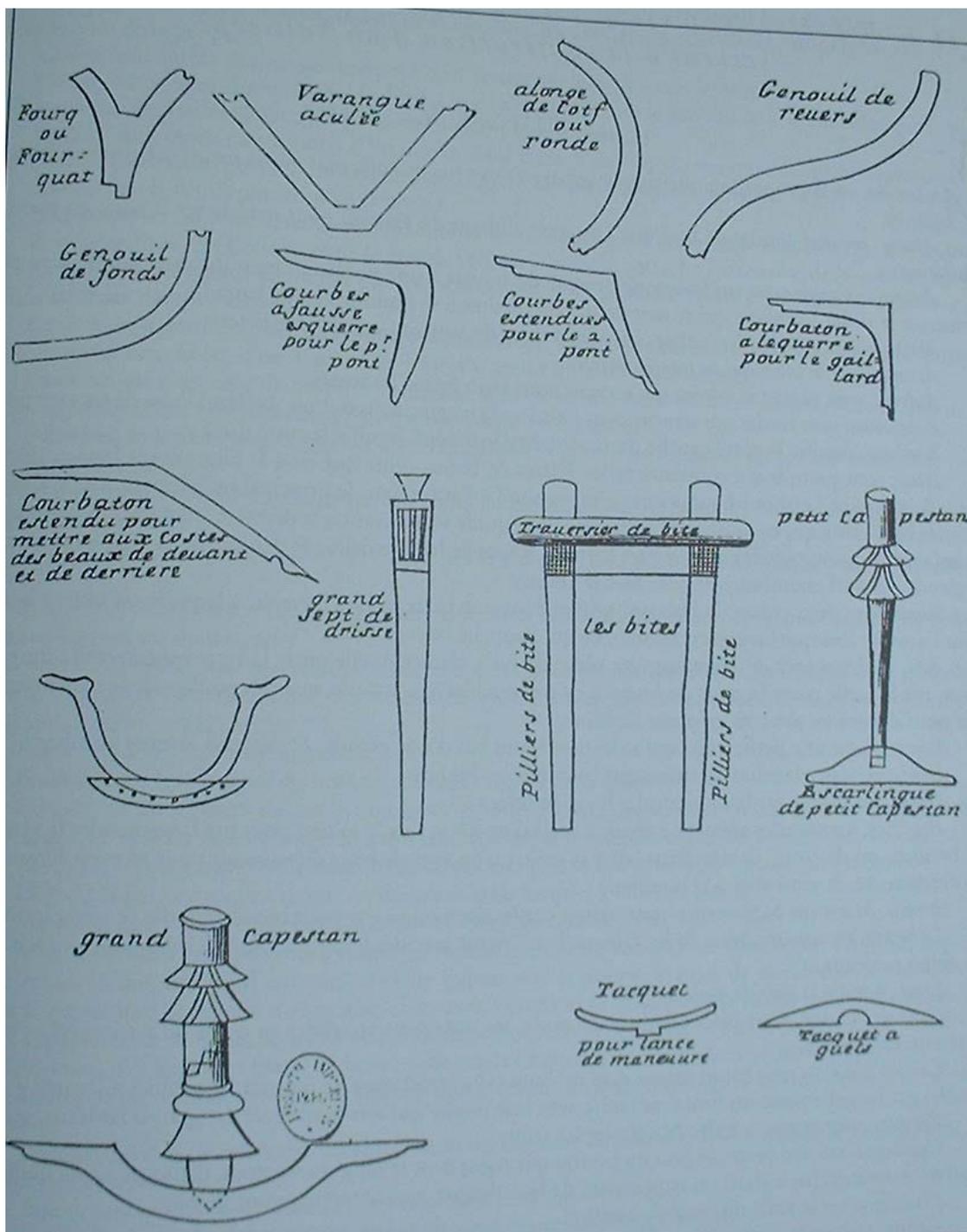


Illustration 4.1, page 13, *Architecture navale, Dassié*, 21 x 34 cm.

Un dessin simplifié accompagné d'un mot ou d'une expression aide le lecteur à s'appropriier le vocabulaire en usage dans la marine. La silhouette de l'objet nommé suffit pour le situer sur un navire. La planche représentant les gabarits, (*illustration 0.3*), comporte un bon nombre d'annotations qui complètent la définition du projet de construction d'un vaisseau.

Pierre Bouguer optera pour une démarche analogue à celle de Dassié pour ce qui est de la définition des termes de marine. Les chapitres 2 et 3 du traité qu'il fait éditer en 1746 sont essentiellement consacrés aux *principales parties du vaisseau et à l'explication des noms des différentes pièces qui le composent*.

4.2: Pierre Bouguer et sa présentation d'une terminologie marine.

Le premier livre qui compose l'ouvrage de Bouguer, *Traité du navire, de sa construction, et de ses mouvements* est consacré à la terminologie en usage dans la marine et en particulier, en sa première section, où l'on traite de la figure du vaisseau et de ses parties intérieures. Chaque pièce composant le navire est nommée et sa définition est accompagnée de sa quantité, c'est-à-dire de ses dimensions ou cotes, avec ce souci du respect des proportions. Une harmonie certaine se fait jour entre les définitions formulées par François Dassié près d'un siècle auparavant et celles placées sous la plume de Pierre Bouguer qui prend appui sur un graphisme pour mieux situer son propos.

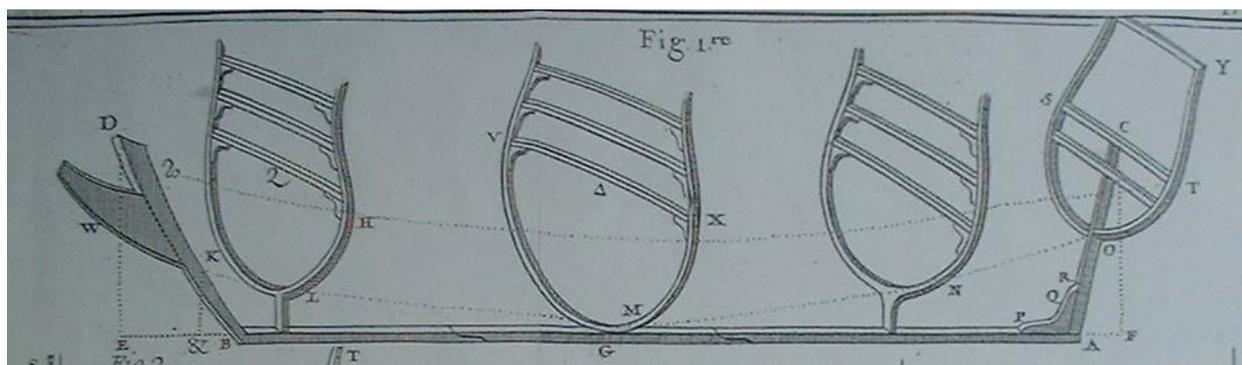


Illustration 4. 2 (extrait planche1, Traité du navire, Bouguer, 16 x 21 cm.

On voit la plus grande partie de ce que nous venons de dire dans la première figure. La quille AB est formée de quatre pièces jointes l'une à l'autre par des *escars* que nous n'avons pas oublié de représenter. A l'extrémité de l'arrière que l'on nomme *talon*, et B l'extrémité de l'avant qu'on nomme *brion* ou *ringeot*...

(Page 15, livre 1, section 1, chapitre 2, *Traité du navire*, P.Bouguer).

Nous observons qu'une même pièce peut être nommée selon des mots ou expressions différents, ce qui ne nous porte pas encore vers une certaine standardisation en matière de vocabulaire spécifique à l'architecture navale. Afin d'écartier, les situations ambiguës de nomenclature, Bouguer prend alors soin de livrer les différentes appellations éventuelles d'un même élément: les membrures, *illustration 0.3*, sont également des *membres*, des *varangues*, des *couples* ou encore des *gabarits*. Bouguer préférant cependant réserver le mot gabarit à la pièce de bois qui servira de modèle pour les débits et pour le contrôle de conformité. Pour éviter toute confusion sur le chantier il livre également les différents termes en usage pour désigner les surfaces de jonction des éléments qui composent la quille du vaisseau. Ces éléments sont joints, les uns aux autres, suivant *des espèces d'entailles, nommées, endentures, escares ou empatures* et forment ainsi la quille. Pour satisfaire *l'arrangement des différentes pièces qui constituent le vaisseau*, Bouguer s'attache à donner toute précision relative au dimensionnement. Nous devons admettre que la lecture de la cotation n'est pas des plus commode et nous percevons ici tout l'intérêt que comporterait une inscription des dimensions sur les dessins eux-mêmes. Ces dispositions ne seront retenues par les concepteurs que bien plus tard, à l'image des mécaniciens, au début du 19^{ème} siècle. Bouguer associe, pour une pièce donnée, nom, dimensions, et fonction. Bouguer, admet que le lecteur puisse rencontrer quelques difficultés quant à *imaginer*, à partir d'un écrit, l'agencement des si nombreuses pièces qui composeront le vaisseau projeté.

Nous continuons notre description en commençant par avertir le Lecteur, de tâcher de dissiper par son attention, ou par une lecture réitérée, l'obscurité qui est inséparable de pareils détails, vû la multitude d'objets et la difficulté qu'il y a d'y apporter tout l'ordre qu'on souhaiterait.

(Extrait, page 18, Chap 3, *Traité du navire, Bouguer*).

Traitant de la *maîtresse couple*, ou, autrement dit, de la *maîtresse varangue*, qui sépare l'avant et l'arrière du vaisseau, Bouguer tente de guider le constructeur en ces termes:

Au lieu de la mettre au milieu de la longueur du navire, on la place toujours un peu plus vers la prouë, ce qui rend cette partie plus courte et plus grosse. Plusieurs constructeurs la mettent aux 5/12 de la quille, à commencer de l'avant; c'est-à-dire, que toute la quille BA (Fig. 1.) étant divisée en 12 parties égales, il y en a cinq depuis son extrémité B jusqu'au point G, où on place le premier gabari; de sorte qu'il se trouve à peu près à une trente-sixième partie de toute la longueur DC du navire plus en avant que le milieu.

(Extrait, page 18, Chap 3, *Traité du navire, Bouguer*).

Manifestement, de tels propos tenus au sujet du dimensionnement, peuvent être d'un décryptage parfois délicat. En pareil cas, ne serions

nous pas tenter de porter ces informations écrites sur un dessin? Nous ressentons, à la lecture des descriptions formulées par Bouguer, les prémices d'une rationalisation de la communication par le graphisme. En ce domaine de l'information, Duhamel du Monceau, se sentira naturellement tenté d'apporter davantage de structure et de rigueur.

4.3: Duhamel du Monceau et son souci de rationalisation, essai d'une normalisation.

Duhamel du Monceau, au vu de *la place qu'il occupe dans la marine*, déclare nettement ses intentions en préface du livre qu'il commet en 1752 *Eléments de l'architecture navale, ou traité pratique de la construction des vaisseaux*. Ses ambitions sont orientées vers une rationalisation, une standardisation, *une normalisation*, dirions-nous, de la construction navale française. En prenant en compte les expériences des chantiers navals d'une part et les contenus des mémoires d'architecture d'autre part, il souhaite rassembler et *ranger dans un ordre méthodique* ce qui peut être utile aux jeunes gens qui désirent apprendre la construction navale. Soulignant les limites de l'habitude, *de la routine*, fortement ancrée chez certains constructeurs, il milite pour un apport de connaissances auprès des jeunes capables de faire preuve d'esprit critique.

J'ai pensé qu'il fallait exciter les jeunes à faire usage de leur esprit et les engager à acquérir de la sagacité, ou du moins à augmenter celle qu'ils tiennent de la nature; or rien n'est si utile pour cela que le doute salutaire que conseille Descartes, et qui obligent les jeunes gens à approfondir l'objet sur lequel ils travaillent. En un mot j'ai jugé qu'il serait avantageux de les mettre dans un embarras dont ils ne peuvent se tirer que par des réflexions qui font naître des idées.

(*Extrait, page jv, préface, Eléments de l'architecture navale, Duhamel du Monceau*).

L'apprentissage par les jeunes gens de la signification des termes propres à *l'art de la construction navale* constitue également pour Duhamel du Monceau un incontournable afin que les hommes intéressés par cet art se comprennent et communiquent leurs idées. Comme chez Bouguer, le *lexique* fait corps avec l'ouvrage et ne fait pas l'objet d'un " tiré à part ". L'idée fondamentale émise par Duhamel du Monceau est d'éviter de multiplier *les rangs et les ordres des vaisseaux*, c'est-à-dire de limiter le nombre de modèles. En adoptant cette mesure, Duhamel du Monceau pense conduire les constructeurs vers une simplification des activités des chantiers navals et celles des services dans les ports. Il estime que cinq rangs de vaisseaux suffiraient pour répondre aux besoins du royaume, une telle mesure conduisant à des économies.

Effectivement, quelle simplicité dans le service des ports, et en même temps quelle économie si les mâtures, les agrès et les manœuvres de toute espèce pouvaient être

rangées en 5 ou 6 classes qui suffiraient à tous les besoins de la Marine. En adoptant cette idée, cinq rangs de vaisseaux pourraient être suffisants, encore le premier rang serait-il des vaisseaux à trois ponts(en cas que le Roi jugeât à propos d'en avoir quelques-uns dans ses grands ports...

(Extrait, page vj, préface, *Elémens de l'architecture navale*, Duhamel du Monceau).

Une telle disposition est naturellement déterminante pour structurer davantage l'architecture navale. Pour ce qui est de la terminologie, Duhamel reprend le contenu de traités précédents, et en tout cas renvoie le lecteur aux résultats des travaux de Pierre Bouguer, qu'il soit question de vocabulaire ou de traçages préalables à la fabrication.

je renvoie entièrement au Traité du Navire: ce que j'ai dit étant suffisant pour comprendre combien l'ouvrage de M. Bouguer est utile aux constructeurs qui seront capables de l'entendre.

(Extrait, page xlij, *Elémens de l'architecture navale*, Duhamel du Monceau).

La démarche retenue par l'ingénieur-constructeur ordinaire, Honoré-Sébastien Vial du Clairbois, est différente de celle de Dassié, de Bouguer ou de Duhamel du Monceau. Il dit ne pas vouloir *hacher son discours* par un excès de définitions de termes en usage dans la construction navale. Il reporte à la fin de son *Traité élémentaire de la construction des vaisseaux* paru en 1787 la définition des mots ou expressions particulières liées à l'architecture navale.

Beaucoup de termes techniques (ils se présentent à chaque instant dans les arts) n'auraient pu être définis dans le corps de l'ouvrage, sans le double inconvénient de hacher le discours, et d'envelopper la définition qui peut échapper à la mémoire, dans une suite de chapitres où il serait difficile de la trouver; ce qui m'a engagé à terminer ce traité par un vocabulaire de tous les mots particuliers de la construction, qui se trouvent dans le cours de ce livre.

(Page 3, avant-propos, *Traité élémentaire de la construction des vaisseaux*, Vial du Clairbois).

Nous percevons chez Vial du Clairbois, la forme d'une esquisse de dictionnaire dédié à l'architecture navale. Cet homme, devenu ingénieur-constructeur sur les recommandations de Borda et de Bezout, publia en 1776 un essai intitulé, *Essai géométrique et pratique sur l'architecture navale, à l'usage des gens de mer*⁸³, et proposa en 1781, une traduction de l'ouvrage de l'ingénieur et vice-amiral suédois, Friderico-Henry Chapman, *Architectura navalis mercatoria*⁸⁴. Il participera à la composition d'un dictionnaire, *Encyclopédie méthodique marine*⁸⁵,

⁸³ Vial du Clairbois, Honoré-Sébastien, 1733-1816, *Essai géométrique et pratique sur l'architecture navale*, Malassis à Brest, Durand-Neveu à Paris, 1776, Service historique de la marine à Brest, cote: R 3010.

⁸⁴ Chapman, Friderico Henry, *Architectura navalis mercatoria*, 1768, Jean Georges Lange à Stockholm, Service historique de la marine à Brest, cote: R 3391.

⁸⁵ *Encyclopédie méthodique marine*, 1783-1787, Panckoucke à Paris, Bibliothèque municipale de Rennes, cote:14397.

associé à La coudraie, Savérien, Bourdé de Villehuet, Bellin, l'Escalier, Aubin et Blondeau.

4.4: Duranti de Lironcourt et son dictionnaire des gens de mer.

Un pas de plus était franchit en matière de communication scientifique et technique en architecture navale, lorsque Duranti de Lironcourt, Enseigne de vaisseaux du Roi, fait éditer, en 1771, son *Instruction élémentaire et raisonnée sur la construction-pratique des vaisseaux, en forme de dictionnaire*⁸⁶. L'appropriation de la signification des mots ou expressions utilisés en construction navale y est estimée indispensable à

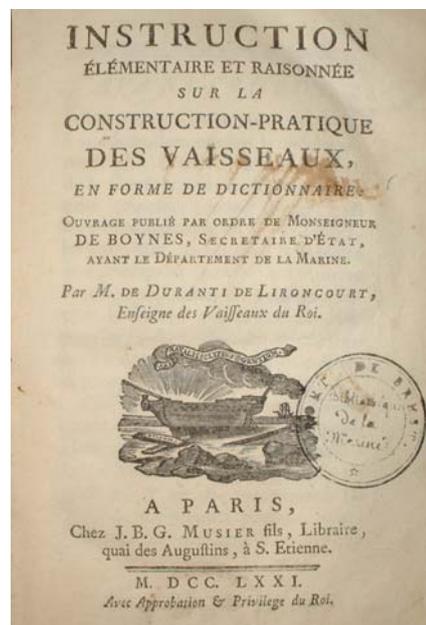


Illustration 4.2

tout jeune qui souhaite tirer profit des ouvrages qui développent *des théories sur la figure, sur les qualités et sur les mouvements du vaisseau*. Cette démarche y est qualifiée d'essentielle à ceux qui se destinent en l'exercice des fonctions d'ingénieur-constructeur.

Je me suis proposé dans chaque article de montrer la forme, la position, l'usage, les effets et les rapports de chacune des parties et des pièces du vaisseau avec les détails pratiques du chantier, tant pour les proportions du vaisseau, que pour les dimensions de chacune de ses pièces, ainsi que pour les principales opérations de la construction. (Page 7, avant propos, *Instruction élémentaire et raisonnée sur la construction-pratique des vaisseaux, Duranti de Lironcourt*).

⁸⁶ Duranti de Lironcourt, François-Camille de, 1733-1802, *Instruction élémentaire et raisonnée sur la construction-pratique des vaisseaux, en forme de dictionnaire*, 1771, Musier libraire à Paris, service historique de la marine à Brest, cote:R 3008.

Le contenu de cette *Instruction raisonnée* ne se limite pas à la définition des pièces constitutives du vaisseau, il va au-delà, en proposant une information technologique associée et exprimée en terme de savoir-faire essentiellement. Nous soulignons les analogies qui résident entre l'esprit de l'ouvrage de Duranti de Lironcourt et celui de l'*Encyclopédie méthodique. Marine*.

4.5: Des dictionnaires pour les mécaniciens, le Bélidor, le Lunier, l'Armonville, le Laboulaye.

Quittons un temps l'architecture navale pour appréhender les travaux de Bernard Forest de Bélidor, travaux auxquels nous faisons allusion, en introduction, en retenant ce *Dictionnaire portatif de l'ingénieur*⁸⁷ qui paraît en 1775, un dictionnaire qui se veut pluri-technologique mais qui accorde cependant une place non négligeable aux définitions de mots et expressions des domaines de l'architecture militaire, des fortifications, de l'artillerie et de la pyrotechnie. Ces choix ne sont sans doute pas étrangers aux fonctions exercées par l'auteur: Bernard Forest de Bélidor ne bénéficiait-il pas du statut de colonel d'infanterie? Mais il consacre tout de même une part de ses réflexions aux usages des outils graphiques et rédige la définition des mots-clés utiles lorsqu'il est question de dresser ou de lire le plan d'un ouvrage, d'un édifice. Nous avons précédemment relevé quelles définitions liées à notre propos, à savoir, celles concernant des mots ou expressions telles que: *dessinateur, perspective, profil de bâtiment, projet, stéréotomie, vue à plomb, vue de bâtiment*.

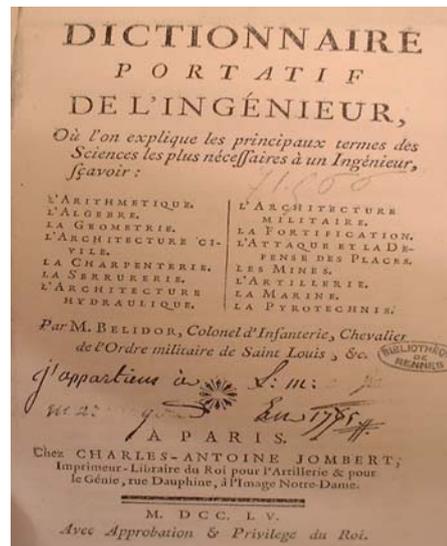


Illustration 4. 3

⁸⁷ Bélidor, Bernard- Forest de, 1697-1761, *Dictionnaire portatif de l'ingénieur*, 1755, Jombert à Paris, Bibliothèque municipale de Rennes, cote 71566.

Dessinateur: *Est, en fortification, celui qui dessine et met au net les plans, profils et élévations des ouvrages projetés par un ingénieur en chef, ou par un directeur.* Au travers de cette définition, nous décelons la représentation d'un objet projeté orthogonalement sur trois plans, le plan frontal recevant la vue de face dite ici, *élévation*, le plan horizontal, la vue de dessus ou *plan*, enfin le plan de profil, la vue de gauche ou de droite ou *profil*.

Perspective: *partie de l'optique. C'est une science qui enseigne, par des règles, à représenter sur une superficie plane, les objets tels qu'ils paraissent à la vue.* Cet outil de représentation graphique est utilisé dans les différents domaines des activités humaines, généralement pour communiquer une image globale accessible d'un objet.

Profil de bâtiment: *C'est le dessein d'un bâtiment coupé sur sa longueur ou sur sa largeur, pour en voir les dedans et les épaisseurs des murs, voûtes, planchers, etc. C'est ce qu'on nomme encore coupe, scénographie, et section perpendiculaire.* Effectivement, les vues de profil de bâtiments sont fréquemment réalisées en coupe pour en décrire l'intérieur. Les équivalences concernant la coupe et la section pourraient ne pas faire unanimité, et tout particulièrement chez les mécaniciens.

Projet: *Est généralement tout ouvrage nécessaire à faire tant au dehors qu'au-dedans d'une place; on rend ces projets sensibles par des plans et des profils qu'on lave de jaune, ou de gomme-gutte, afin de faire voir que ce sont des ouvrages à faire; ces projets sont envoyés en cour par les ingénieurs, afin d'obtenir les fonds nécessaires pour leur exécution.* Le dessin du projet de construction d'un ouvrage constitue une pièce tangible permettant d'apprécier sa faisabilité et d'en apprécier le coût. Nous observerons que les vues sont coloriées pour distinguer qu'il est question d'ouvrages à réaliser.

Stéréotomie: *Science qui enseigne à tailler les corps solides; on entend aussi par ce terme, la coupe des pierres. Voyez à ce mot. M. Frézier a fait un savant ouvrage sur cette matière, qu'il a intitulé Traité de stéréotomie.*

Vue à plomb: *C'est une inspection perpendiculaire du dessus des combles et terrasses d'un bâtiment, considérés dans leur étendue, sans raccourci, ce que quelques-uns nomment improprement plan des combles.*

Vue de bâtiment: *C'en est l'aspect, qu'on nomme vue de front, lorsqu'on le regarde du point du milieu; vue de coté, lorsqu'on le voit par le flanc; et vue d'angle, lorsqu'il est aperçu par l'encoignure.*

Le *Dictionnaire des sciences et des arts*⁸⁸ conçu sous la direction de Lunier est disponible aux librairies Gide et Nicolle à Paris en 1805. Il est question d'un ouvrage couvrant quasiment l'ensemble des activités humaines. L'œuvre est colossale et se présente comme un outil précieux de communication et d'apport de connaissances scientifiques et techniques. En préface, Lunier fait cependant preuve de modestie et estime que son travail n'a rien d'exceptionnel. Il espère d'ailleurs qu'un plus grand nombre *de ces sortes d'ouvrages* que constituent les dictionnaires soit publié.

Il doit, en effet, arriver, de temps en temps, des époques où ceux qui existent ne pouvant suffire, il faut nécessairement les renouveler; et ces époques sont marquées par de grands changements qui s'introduisent dans le langage des sciences et des arts, et qui sont une suite naturelle de leur progrès. Mais s'il est une circonstance où ce besoin se fait particulièrement sentir, c'est incontestablement celle dans laquelle nous nous trouvons, où une foule de nouvelles idées ayant accru, dans l'espace de moins de vingt-cinq ans, les richesses de l'esprit humain, il a fallu, pour les exprimer, créer une multitude de nouveaux termes, ou multiplier les acceptations des anciens.

(Page 2, préface, *Dictionnaire des sciences et des arts*, Lunier).

En se gardant d'être exhaustif, nous avons extrait de ce dictionnaire quelques définitions présentant un lien avec notre sujet d'étude: Communication scientifique et technique et les outils graphiques. Sous le mot: *Dessin*, nous relevons des informations concernant les *arts du dessin*: cet art du dessin qui consiste à imiter, par le trait, la forme des objets *que la nature offre aux yeux*. A la suite, sont fournies les dénominations particulières selon que les dessins sont différemment tracés: *dessin au trait, haché, estompé, grené, coloré*. Nous analysons les définitions de ces quelques mots ou expressions:

Dessin: de l'italien disegno, dérivé du latin designare. Tracer, marquer, faire un modèle, former un plan. L'art du dessin consiste à imiter, par des traits, avec la plume, le crayon ou le pinceau, la forme des objets que la nature offre à nos yeux.

Les dessins prennent des dénominations particulières, suivant la manière dont ils sont tracés. Lunier en cite plusieurs que nous rapportons ci-après.

⁸⁸Lunier, *Dictionnaire des sciences et des arts*, 1805, bibliothèque municipale de Rennes, cote: 56406 et bibliothèque du CNAM de Paris, cote: Ky33

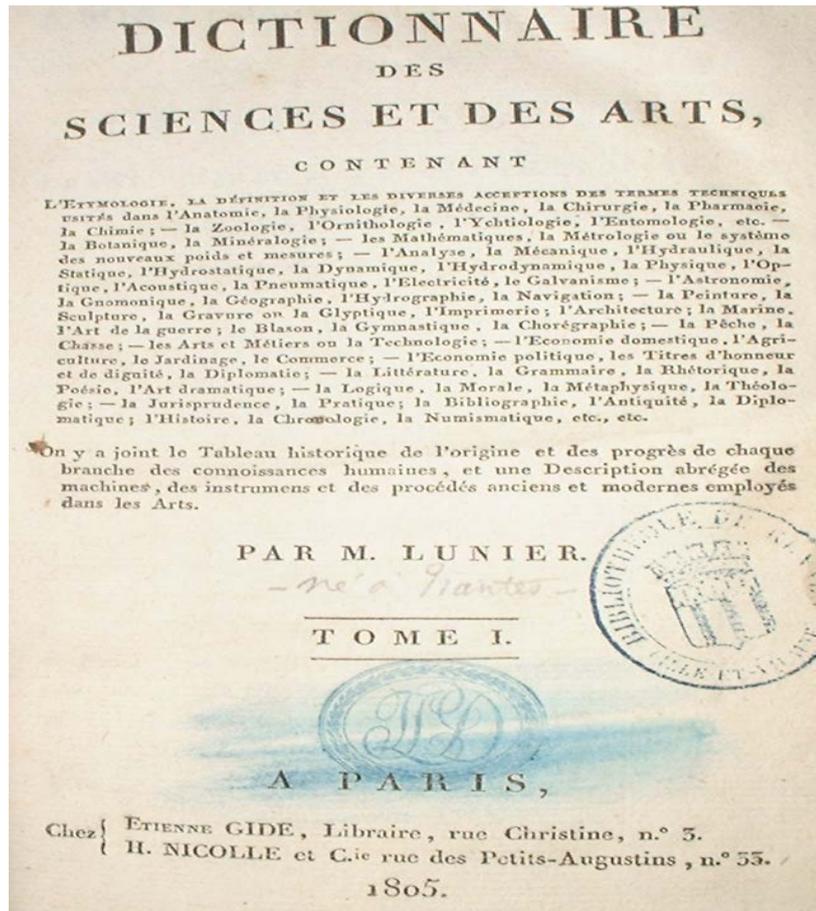


Illustration 4.4

Dessin au trait: *c'est celui qui, sans avoir aucune ombre, est fait au crayon ou à l'encre.*

Dessin haché: *c'est celui dont les ombres tracées avec la plume, le crayon ou le burin, sont exprimées par des lignes sensibles et le plus souvent croisées.*

Dessin estombé: *celui dont on frotte le crayon qui a tracé les ombres, afin qu'il n'y paraisse aucune ligne.*

Dessin grené: *celui où l'on voit les grains du crayon, et où l'on ne frotte point les lignes qu'il a formées.*

Dessin lavé: *celui dont les ombres ont été faites au pinceau avec de l'encre de chine, ou quelque autre liqueur.*

Dessin coloré: *celui qui est fait avec des couleurs à peu près semblables à celles de l'original.*

Pour ce qui est de la définition du *dessin estombé*, il nous semble qu'il faille parler de *dessin estompé*, c'est-à-dire d'un dessin couvert d'une ombre légèrement dégradée à l'aide d'une estompe, peau ou papier roulé en pointe.

Ces définitions sont liées au dessin artistique comme au dessin technique, mais en ce qui concerne ce dernier domaine, d'autres définitions se feront jour au fil du temps. Nous en parlerons lorsque nous traiterons de l'évolution des outils graphiques.

L'ouvrage commis par Jean-Régnauld Armonville, secrétaire de l'administration du conservatoire royal des arts et métiers est un guide qui paraît en 1818: *Le guide des artistes ou répertoire des arts et manufactures*⁸⁹. Ce répertoire propose un développement sur des thèmes rangés dans un certain ordre et ne se limite pas à une explication de mots, comme il est d'usage dans un bon nombre de dictionnaires. Jean-Régnauld Armonville définit ainsi l'organisation de son livre:

L'ouvrage que je donne ici au public est un ouvrage dans lequel j'ai disposé, suivant un ordre alphabétique, tous les mots qui désignent l'objet principal d'un art, d'un travail ou d'un procédé quelconque, ainsi que ceux des outils, instruments et machines employées dans les arts ; on les trouvera écrits en grosses capitales et en saillie sur la marge. Les titres des ouvrages qu'on doit consulter sont en caractères italiques, et forment chacun un alinéa.

(Page 3, préface, *Le guide des artistes ou répertoire des arts et manufactures*, Armonville).

Armonville attend du lecteur une démarche personnelle pour prendre connaissance et analyser les ressources répertoriées dans le guide, au droit de chaque mot qu'il aura souhaité retenir. Ce travail personnel de recherche et de réflexion, fortement encouragé par Armonville, est à engager à partir de livres et de publications pour *accroître curiosité et instruction*. Le lecteur saura prendre appui sur des *choses existantes, sources de richesses*. Ce qui vient d'être dit peut se confirmer par l'extrait de l'article correspondant au mot *Dessins* (illustration 4.5).

⁸⁹ Armonville, Jean-Régnauld, 1786-1837, *Le guide des artistes ou répertoire des arts et manufactures*, 1818, Chaigneau aîné imprimeur à Paris, bibliothèque du CNAM de Paris, cote: 12Kyl.

DESSINS. Voyez *Portraits, Estampes, et Conservatoire des Arts et Métiers*. Appareil de M. PONSON pour exécuter de grands dessins sur des étoffes façonnés à la Marche. — Chevalet pour lire un dessin d'étoffes.

Brevets non publiés. Procédé pour faire un dessin sur toutes sortes d'étoffes, brevet de 5 ans délivré, en 1807, à MM. REVOL et RIGONDET.

Bulletin de la Société d'encouragement. Instrument pour dessiner d'après nature, t. IV, p. 59. — Moyen prompt et facile de calquer des dessins, t. XII, p. 267. Méthode prompte et facile de lever des empreintes, par M. JOMARD, t. XV, p. 82. Voyez *Doublets*.

Annales des Arts et Manufactures, 1^{re} collection. Moyen d'obtenir des impressions des dessins, t. XI, p. 154. — Procédé de M. LASTEYRIE pour calquer des dessins, t. LIV, p. 109.

Archives des Découvertes et Inventions. Instrument pour prendre les profils de toutes sortes d'objets, par M. LIMOINE, t. I, p. 274.

Repertory, 2^e série. Appareil pour produire plusieurs dessins ou écrits à la fois, patente de M. WENWOOD, t. XV, p. 193.

Illustration 4. 5. *Le guide des artistes.*

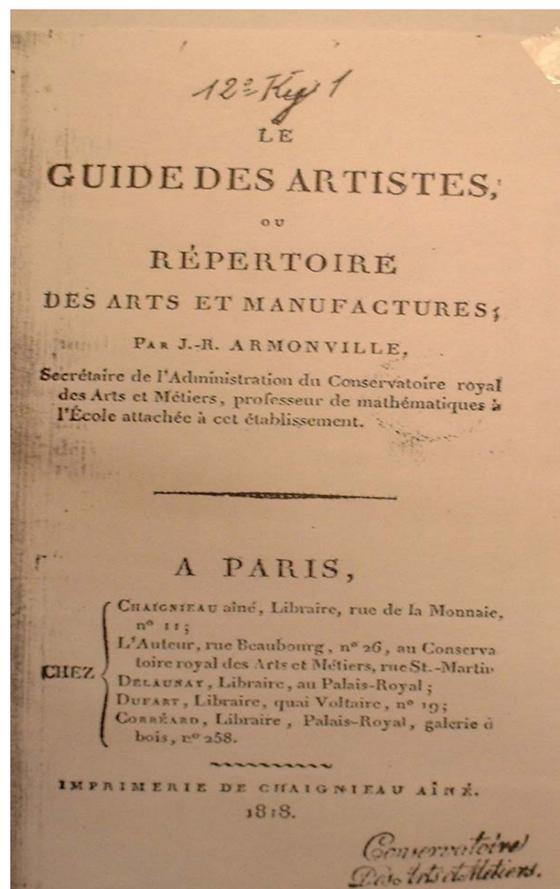


Illustration 4.6

Au-delà des définitions des mots ou expressions en usage pour satisfaire l'uniformité, l'universalité du contenu de la communication scientifique

et technique, Armonville incite tout consultant de son guide à mener un travail personnel de recherche afin d'avoir une vue plus élargie de l'état des techniques à un instant donné. L'introduction de la préface de l'ouvrage dicte le sens qu'il espère avoir donné à son travail qu'il qualifie volontiers de *pénible et fastidieux*.

Les personnes qui se livrent à la recherche de quelques nouvelles découvertes, celles qui s'occupent du perfectionnement des machines ou des procédés imaginés par d'autres, celles enfin qui désirent se livrer avec succès à l'exercice d'un art quelconque, ont toutes besoin de connaître ce qui existe déjà qui peut avoir quelque rapport avec l'objet qui les occupe.

(Page 1, préface, *Le guide des artistes*, Armonville).

Dans le prolongement de ce *Guide des artistes*, Armonville fait éditer en 1825 un autre livre: *La clef de l'industrie et des sciences qui se rattachent aux arts industriels, ou table générale, par ordre alphabétique de matières, de ceux que contiennent de relatif à l'industrie*⁹⁰

A cet ouvrage est jointe une *Table analytique* des publications recensées par Armonville et dont il s'est servi pour alimenter la *Clef de l'industrie et des sciences qui se rattachent aux arts industriels*. Ce dernier ouvrage est développé selon trois volets. Le premier, en tout bien tout honneur, dresse un historique du conservatoire royal des arts et métiers installé dans les pièces de l'abbaye Saint Martin à Paris. Le second volet fait état des brevets d'invention, de perfectionnements et d'importation, délivrés en France depuis 1791, date de leur création, jusqu'à la fin de 1824. Le dernier présente 138 ouvrages, périodiques et autres publications, français et anglais, *pris parmi les plus estimés*.

La table analytique représente à elle seule un ouvrage. Sa lecture est riche d'enseignement pour ce qui relève des publications concernant un domaine industriel en pleine mutation. Parmi les 138 publications rapportées par Armonville, nous retiendrons, avec leur repère, celles qui se trouvent être en harmonie avec notre objet d'étude:

1. Une notice historique sur le conservatoire royal des arts et métiers de Paris, rue et abbaye Saint Martin. 7 pages.

⁹⁰ Armonville, Jean Régnault, *La clef de l'industrie et des sciences*, 1825, bibliothèque municipale de Rennes, cote: 54398 et Bibliothèque du CNAM de Paris, cote:8Ky2 bis.

2. Description des machines et des procédés spécifiés dans les brevets d'invention; de perfectionnement et d'importation.
 Volume 1: 1811
 Volume 2: 1825

3. Les brevets d'invention, de perfectionnement délivrés en France depuis 1721 jusqu'à 1824 et non publiés dans le 2.

4. Bulletin de la société d'encouragement pour l'industrie nationale. Paris, chez Mme Huzard imprimeur-libraire rue de l'éperon , N°7

6. Archives des découvertes et des inventions nouvelles faites dans les sciences, les arts et les manufactures.
 1^{er} volume: 1809, le 17^{ème} en 1825
 deux sections: la 1^{ère}: les arts, la 2^{ème}: les beaux arts et les arts mécaniques.

7. Journal des mines publié par l'agence des mines de la République.
 Mensuel N°1 en 1795, sera remplacé en 1815 par les annales des mines.

8. Annales des mines, ou recueil de mémoires sur l'exploitation des mines et sur les sciences qui s'y rattachent.

11. Annales des Arts et Manufactures, première collection ou mémoires technologiques sur les découvertes modernes concernant les arts, les manufactures, l'agriculture et le commerce, par O'Reilly et Barbier de Vémars; 1800.

16. Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences depuis 1606, époque de son établissement, et jusqu'en 1754; dessinées et publiées, du consentement de l'Académie par Mr Gallon. 7 volumes avec planches. Les 6 premiers parus en 1735 et le 7^{ème} en 1717.

24. Traité de mécanique industrielle, ou exposé de la science de la mécanique déduite de l'expérience et de l'observation, principalement à l'usage des Manufactures et des artistes, par Christian Directeur du Conservatoire royal des Arts et Métiers. 3 volumes, 1 atlas.

1^{er} volume: 1822.

2^{ème} volume:1823.

3^{ème} volume:1824. Ce 3^{ème} volume se termine par l'explication des 20 planches de l'atlas et s'intitule: transmission, transformation et modification du mouvement moteur.

25. Traité élémentaire des machines, Par Hachette Professeur à l'école polytechnique, 1819.

26. Théorie des machines simples, en ayant égard au frottement de leurs parties et à la raideur des cordages. 1821 par C.A. Coulomb

27. Traité complet de mécanique appliquée aux arts contenant l'exposition méthodique des théories et des expériences les plus utiles pour désigner le choix, l'invention, la construction et l'emploi de toutes les espèces de machines.244 planches, 8 traités ou volumes, par J.A.Borgnis. 1818.

1^{er}: de la composition des machines

2^{ème}:de la composition des machines

3^{ème} des machines que l'on emploie dans les constructions diverses (architecture civile, hydraulique, militaire et navale)

4^{ème}: des machines hydrauliques 1819

5^{ème} des machines d'agriculture.

6^{ème}: des machines employées dans diverses fabrications: forges, ateliers métallurgiques, papeteries, tanneries.

7^{ème}: machines qui servent à la fabrication des étoffes. 1820.

8^{ème}: des machines qui imitent ou facilitent les fonctions vitales des corps animés, machines théâtrales.

- 30 . Journal des arts et manufactures. 3 volumes. 1795
- 31 . Recueil des machines et instruments servant à l'économie rurale, par Leblanc, 1819, Atlas.
33. Nouvelle architecture contenant l'art d'élever l'eau au moyen de différentes machines, de construire dans ce liquide, de le diriger, et plus généralement de l'appliquer de diverses manières aux besoins de la société, par Prony R.
- 1^{ère} partie publiée en 1780: l'art d'élever, de conduire et de se servir des eaux.
- 2^{ème} partie publiée en 1796: l'art de traiter particulièrement les machines à feux.
37. Encyclopédie de l'ingénieur ou dictionnaire des Ponts et Chaussées par J.R Delaistre, 3 volumes avec atlas de 56 planches, 1812. Renferme les sciences qui font la base de l'instruction à l'Ecole des Ponts et Chaussées.
38. Essai sur les machines par A. Guenyveau 1810.
39. Essai sur les machines hydrauliques , contenant des recherches sur la manière de les calculer et de perfectionner, en général, leur construction; une méthode de construire des vaisseaux, la description de plusieurs machines propres à porter l'hydraulique à un point de perfection; et le détail d'un grand nombre d'expériences intéressantes. Par M le Marquis Ducrest. 1777.
- 42 . Mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture et à la guerre. Par Berthelot ingénieur, mécanicien du Roi. 1782 .
43. Recueil d'ouvrages curieux de mathématiques et de mécanique, ou description du cabinet de M Grollier de Servière, par Grollier de Servière, son petit Fils.

Les ouvrages sur tour.

Les horloges inventées par Grollier

Les modèles de machines pour différents usages.

44. Dictionnaire portatif des Arts et Métiers contenant un abrégé, l'histoire, la description et la police des Arts et Métiers, des fabriques et manufactures de France et des pays étrangers: ouvrage utile à tous les citoyens. 1766; nouvelle édition corrigée et considérablement augmentée d'après les mémoires et procédés des artistes, revues et mise en ordre par Mr l'Abbé Jaubert, publié en 1773.

45. Essai sur la manière la plus avantageuse de construire des machines hydrauliques, et en particulier des moulins à blé, par Fabre 1783.

46. Essai sur les machines à soie, et description d'un moulin propre à servir, seul, à l'organsinage et à toutes les opérations du tord de la soie; suivi de 5 mémoires relatifs à la soie et à la culture du mûrier, par M le Payen, Metz 1767.

47. Essai sur l'horlogerie, dans lequel on traite de cet art relativement à l'usage civil, à l'astronomie et à la navigation, par Ferdinand Berthoud, horloger de Roi, 1786.

48. Histoire de la mesure du temps par les horloges par F Berthoud 1802.

57. Voyage dans l'Empire d'Autriche pendant les années 1809 et 1810 ou essai sur les arts et manufactures de l'Empire d'Autriche, par Marcel de Serres, 1814 et 1815.

59. Manuel de l'ingénieur constructeur de machines à vapeur par Olivier Ewans de Philadelphie, traduit de l'anglais par I Doolittle, membre de la société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1821.

65. Plans, coupes, élévations de diverses productions de l'art de la charpenterie, par J.Ch Krafft, architecte et dessinateur, 1805.
66. Traité de la fabrique des manœuvres pour les vaisseaux, ou l'art de la corderie perfectionnée, par Duhamel du Monceau de l'académie royale des sciences, 1769.
70. Cours de stéréotomie appliqué au jaugeage . par Bazaine professeur de jaugeage à l'Athénée des arts, 1806.
74. Du transport, de la conservation et de la force des bois, surtout pour la construction des vaisseaux, par Duhamel du Monceau, 1767.
75. Manuel du tourneur par L.E.Bergeron, 2^{ème} édition par Hamelin Bergeron.
76. Manuel du meunier et du charpentier de moulins, rédigé sur les mémoires de Sieur César Buquet. 1785.
83. Histoire et mémoires de l'académie royale des sciences, depuis son établissement en 1666 jusqu'en 1699. Douze volumes publiés en 1733, dont un sur la mécanique.
84. Dictionnaire technologique ou nouveau dictionnaire universel des Arts et Métiers et de l'économie universelle et commerciale, par une société de savants et d'artistes, 2 vol en 1822, 3^{ème} et 4^{ème} en 1823, le 5^{ème} en 1824.
86. Théorie de la mécanique usuelle, ou introduction à l'étude de la mécanique appliquée aux arts. Par J.A Borgnis, 1821.
87. Instruments aratoires par M.C.Guillaume, atlas de 12 planches, 1821.
88. Description des arts de fabriquer des canons, faite en exécution de l'arrêté du Comité de Salut Public, du 18 pluviôse de l'an 2 de la République.

Par Gaspard Monge, 1 volume, 60 planches.

1^{ère} partie: les matières utilisées,

2^{ème} partie: donne les détails des procédés les plus avantageux, surtout pour une grande fabrication. Il est terminé par 4 tableaux des dimensions des canons de fer pour l'artillerie de mer et des canons de bronze pour l'artillerie de terre.

104. Examen maritime théorique et pratique ou traité de mécanique appliquée à la construction et à la manoeuvre des vaisseaux . Par Don Georges Juan, traduit de l'espagnol avec des additions par Pierre Levêque, ingénieur de la marine, Nantes, 1783, 2 volumes, 14 planches.

107. Traité des ponts, où il est porté de ceux des romains et de ceux des modernes, Gautier, Paris, 1723.

110. Description des nouveaux instruments d'agriculture les plus utiles. Par Thaer. Traduit de l'allemand par C.J.A. Mathieu de Dombasle, 1821.

115. Réflexion sur la puissance motrice du feu par S.Carnot, ancien élève de l'école polytechnique, 1824.

118. L'art du trait de charpenterie. Nicolas Fourneau

1802

1791

1802

1807

1^{ère} partie

2^{ème} partie

3^{ème} partie

4^{ème} partie

120. Introduction sur l'usage des moulins à bras inventés et perfectionnés par MM Durand Père et Fils, 1793.

123. Mémoire sur la force expansive de la vapeur d'eau, présenté et lu à l'académie des sciences en 1790 par M. Bétancourt.

135. Rapport sur les produits de l'industrie française, présenté , au nom du jury central à son Excellence Mr le Comte de Corbière, Ministre secrétaire d'Etat de l'intérieur, approuvé par

SSM le Duc de Doudeauville. Rédigé par le Comte de Héricart de Thury et Migneron. Exposition de 1823, un volume in 8, 517 pages. Paris 1824, de l'imprimerie royale.

138. Moyen pour produire spontanément et à peu de frais un moteur capable de suppléer aux pompes à feu et à tout autre agent mécanique. Proposé par J.B.M. Granier, Maire de Tréffort.

Broché, 16 pages in 8°, une planche, Lyon 1824.

139. Traité d'économie pratique, ou moyen de diriger, par économie, différentes constructions, réparations ou entretien, suivi de quelques principes concernant la meilleure construction des machines hydrauliques.

Par Jumel Riquier, inspecteur des Communes de Picardie, auteur de la machine hydraulique et des premières fontaines de la ville d'Amiens.

Nous rapportons fidèlement cet extrait de la bibliographie établie, avec ses commentaires, par Jean Régnault Armonville. Parmi les ressources répertoriées par l'auteur nous signalons celles que nous analysons dans le cadre de notre sujet de recherche. Nous les signalons, ci-après, en indiquant le numéro d'ordre retenu par Armonville.

N°16, l'ouvrage de Jean Gaffin Gallon qui dresse un inventaire des *machines et inventions approuvées par l'Académie royale des sciences depuis 1606*.

N°24, le *Traité de mécanique* de Gérard Christian, avec en filigrane le travail accompli par Leblanc, un exemple en matière de communication technique, comme nous l'avons développé au cours de précédentes pages.

N°25, le *Traité élémentaire des machines*, de Hachette.

N°26, la *Théorie des machines simples*, par Coulomb.

N°27, le *Traité complet de mécanique appliquée aux arts*, par G.A.Borgnis.

N°31, le *Recueil des machines et instruments servant à l'économie rurale*, par Leblanc.

N°42, la *Mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture et à la guerre*, par Berthelot.

N°86, *la Théorie de la mécanique usuelle, ou introduction à l'étude de la mécanique appliquée aux arts*, par G.A.Borgnis.

N°88, *Description des arts de fabriquer des canons*, par G.Monge.

Issu de l'école polytechnique, Charles-Pierre Laboulaye (1813-1886), est du nombre de ces ingénieurs fortement impliqués dans la rédaction de publications scientifiques et techniques dont l'objet majeur consiste à établir un état de ressources dont l'industrie dispose. Le but visé consiste à aider les chercheurs et les éventuels inventeurs. L'ouvrage ainsi conçu, *Encyclopédie technologique, dictionnaire des arts et manufactures, de l'agriculture, des mines, etc; description des procédés de l'industrie française et étrangère*⁹¹, va bien au-delà d'une simple définition de mots ou expressions en usage pour satisfaire une communication scientifique et technique; il offre un accès aux connaissances *qui constituent l'édifice scientifique et technique d'une nation*. Pour mener à terme ce travail de recherche d'informations, Charles-Pierre Laboulaye s'assure du concours de personnes aux compétences reconnues et qui exercent des fonctions dans des domaines spécifiques du secteur industriel (ingénieurs, professeurs, chefs d'entreprises industrielles, scientifiques). Nous retiendrons tout particulièrement trois rubriques de ce dictionnaire technologique: *Le conservatoire des arts et métiers, la construction de machines et le dessin industriel*. Ces trois champs appelleront un développement.

⁹¹Laboulaye, Charles-Pierre, 1813-1886, ingénieur, *Encyclopédie technologique, dictionnaire des arts et manufactures*, seconde édition, 1854, Comon libraire à Paris, bibliothèque municipale de Rennes, cote:10882.

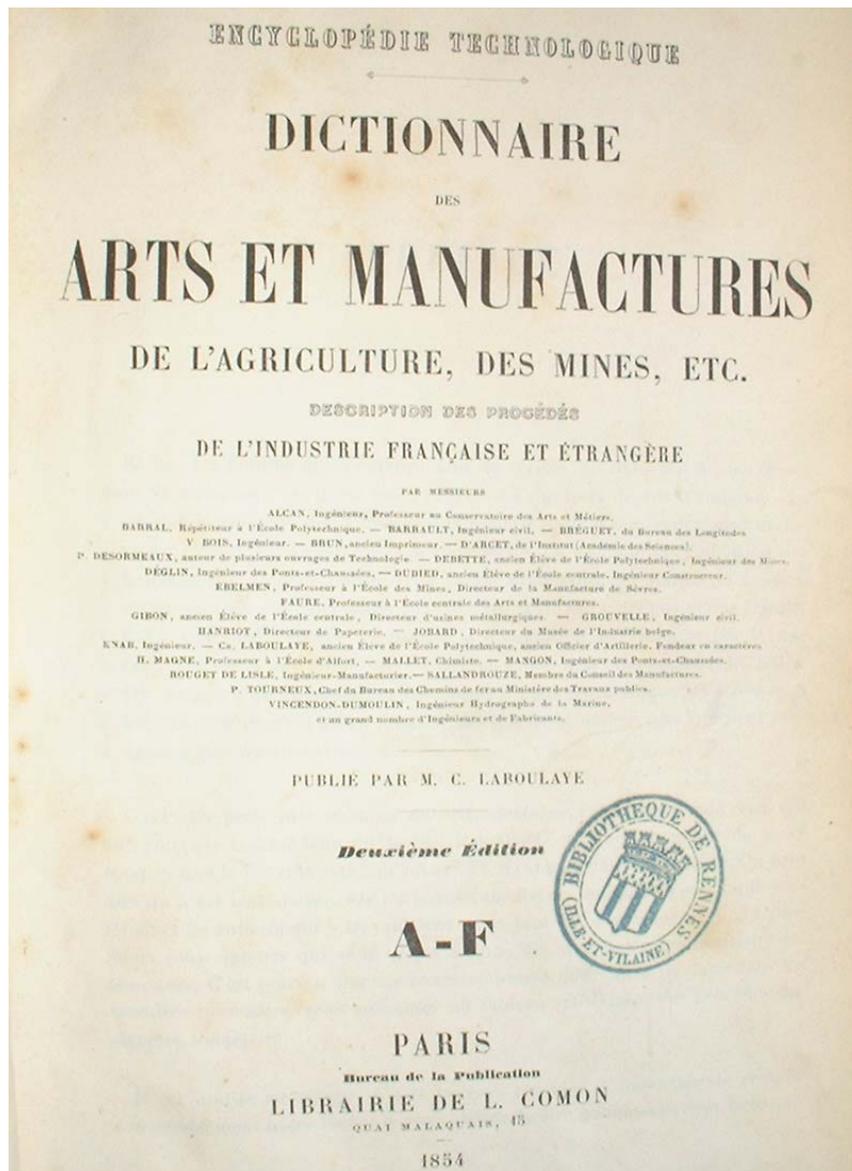


Illustration 4. 7

Dans le prolongement de son *Traité complet de mécanique appliquée aux arts*, l'ingénieur Giuseppe-Antonio . Borgnis fait éditer en 1823 son *Dictionnaire de mécanique appliquée aux arts*. Il dit y définir et décrire des objets qu'ils estime les plus importants ou les plus usités et se rapportant aux fabrications mécaniques. Il énonce leurs propriétés essentielles et fournit des indications propres à faciliter des recherches dans le domaine de *cette science que constitue la mécanique appliquée aux arts*. Il prend soin de cerner le champ couvert par cette science et se garde de la confondre avec la *Technologie* au sujet de laquelle il s'exprime ainsi:

La technologie est une science immense, qui embrasse, sans exception, tout ce qui se rapporte à l'industrie humaine; la mécanique appliquée aux arts n'est qu'une branche particulière de ce vaste ensemble; ainsi ce dictionnaire ne renferme que les objets qui

sont de son domaine spécial; c'est-à-dire les objets industriels, qui sont essentiellement dépendant de la science de l'équilibre et du mouvement ; nous disons *objets industriels*, pour les distinguer des objets également dépendants de la mécanique, proprement dite, et qui sont appliqués, soit à la haute physique, soit à l'astronomie et à la navigation, soit à l'architectonique, etc ; lesquels sortent du cadre que nous avons adopté.

(Extrait, page ij, avertissement, *Dictionnaire de mécanique*, Borgnis).

La construction progressive d'un langage commun de communication scientifique et technique ne se conçoit pas, bien naturellement, en laissant sous silence les mots et expressions en usage dans le domaine des mathématiques, et en visant essentiellement la géométrie. Aussi, mentionnons nous le dictionnaire commis par le professeur de mathématiques, Jacques Ozanam: *Dictionnaire mathématique*⁹² et publié en 1691. Jacques Ozanam estime que l'arithmétique, la géométrie, l'astronomie, l'optique, la mécanique, la musique et toutes les parties des mathématiques ont *encore besoin du secours du dictionnaire*. Il souligne d'ailleurs que la jurisprudence, la médecine, la théologie, l'histoire, la géographie, la peinture, l'architecture, la sculpture, la fortification, la navigation, la botanique et le jardinage ont déjà bénéficié de définitions sans pour autant faire encore l'objet de dictionnaires. Jacques Ozanam s'attache tout particulièrement à y couvrir le champ de la mécanique et de la perspective. Nous reviendrons sur ses travaux et sur ses publications dès que nous aborderons la géométrie descriptive qui fera l'objet du chapitre qui suit.

⁹² Ozanam, Jacques, 1640-1717, mathématicien, *Dictionnaire mathématique, ou idée générale des mathématiques*, Estienne Michalet imprimeur du Roi à Paris, 1691, bibliothèque municipale de Rennes, cote:17173.

CHAPITRE 5

Une communication scientifique et technique qui fait usage d'outils graphiques en évolution.

La communication scientifique et technique par le graphisme, celle entretenue entre concepteurs et constructeurs, s'est établie et développée à l'instar des mutations techniques successives observées pour ce qui relève des procédés et des méthodes de la production matérielle d'objets et de systèmes techniques conçus et réalisés pour un besoin humain à satisfaire.

Suite à l'analyse de représentations graphiques et à la lecture de notes qui généralement les accompagnent, nous avons indiqué la place occupée par le dessin perspectif pour des échanges à caractère scientifique et technique, qu'il soit question de l'architecture civile, de l'architecture navale ou des arts mécaniques. Nous y soulignons l'usage fréquent de cet outil graphique par Pierre Bouguer, Jean Gaffin Gallon, Giuseppe Antonio Borgnis, Louis Jean Deslongchamps, Bellec et quelques autres précédemment rencontrés dans cette étude. Par l'intermédiaire d'un graphisme, ces auteurs, soucieux d'informer et de communiquer, ont produit sur une surface plane l'image d'objets présentés et observés dans les positions estimées les plus favorables, à savoir celles qui offrent au lecteur la possibilité de s'appropriier les formes et l'architecture générale extérieures des diverses réalisations humaines. C'est à la lecture de représentations graphiques de quelques auteurs que nous allons mesurer plus précisément l'évolution de différents outils graphiques mis en œuvre au fil du temps, pour décrire, informer ou construire.

5.1: Une sélection composée de quelques représentations graphiques en perspective.

Nous rapportons, ci-après, quelques extraits de planches qui illustrent le livre de Jean Gaffin Gallon. La lecture des représentations de machines selon des dessins perspectifs nous donnera une occasion de débat sur cet outil graphique si souvent mis en œuvre par les artistes et les techniciens. La première image, *illustration 5.1*, est celle d'un *cric d'équilibre pour élever des fardeaux*, dispositif de manutention inventé par Perrault et présenté à l'académie royale des sciences en 1699. L'objet est disposé dans une position favorable pour une compréhension satisfaisante de son architecture générale. Les "faces-avant", parallèles

au plan frontal de projection sont dessinées sans déformation et dans le respect des proportions des dimensions des différents éléments constitutifs. Si nous prolongeons les arêtes ou lignes non situées dans des plans parallèles au plan de projection, nous constatons qu'elles sont sensiblement concourantes, aux erreurs de tracés près et aux imprécisions liées à nos propres techniques de photographie et de reproduction. Par contre les arêtes limitant la face supérieure de la charge F sont quasiment parallèles.

La perspective ne "dévoile" pas le point central de l'invention de Perrault, à savoir, le dispositif mécanique qui assure la transmission de l'action de l'opérateur et le maintien en position de la charge déplacée. L'auteur a recours aux projections orthogonales pour rendre lisible cette conception. Le dessin, *illustration 5.1 bis*, par ses deux vues, montre comment la fonction de levée et celle de maintien de la charge sont assurées par les cliquets articulés sur le cadre sur lequel agit l'opérateur. L'amplitude angulaire du mouvement figure en traits interrompus courts du cadre guidé en translation par les deux crémaillères fixes. Les conventions du dessin technique d'aujourd'hui font faire usage du trait mixte fin ou du trait continu fin pour indiquer les trajectoire ou les encombrement de pièces en mouvement. Le trait ponctué, encore nommé trait interrompu court, est systématiquement réservé pour la représentation des formes cachées des objets projetés. Nous remarquerons que Gallon souligne la correspondance de vues par un tracé en ponctué lorsqu'il représente le sous-ensemble composé d'une *crémaillère* et d'un *cliquet*, (*illustration 5.1 bis*).

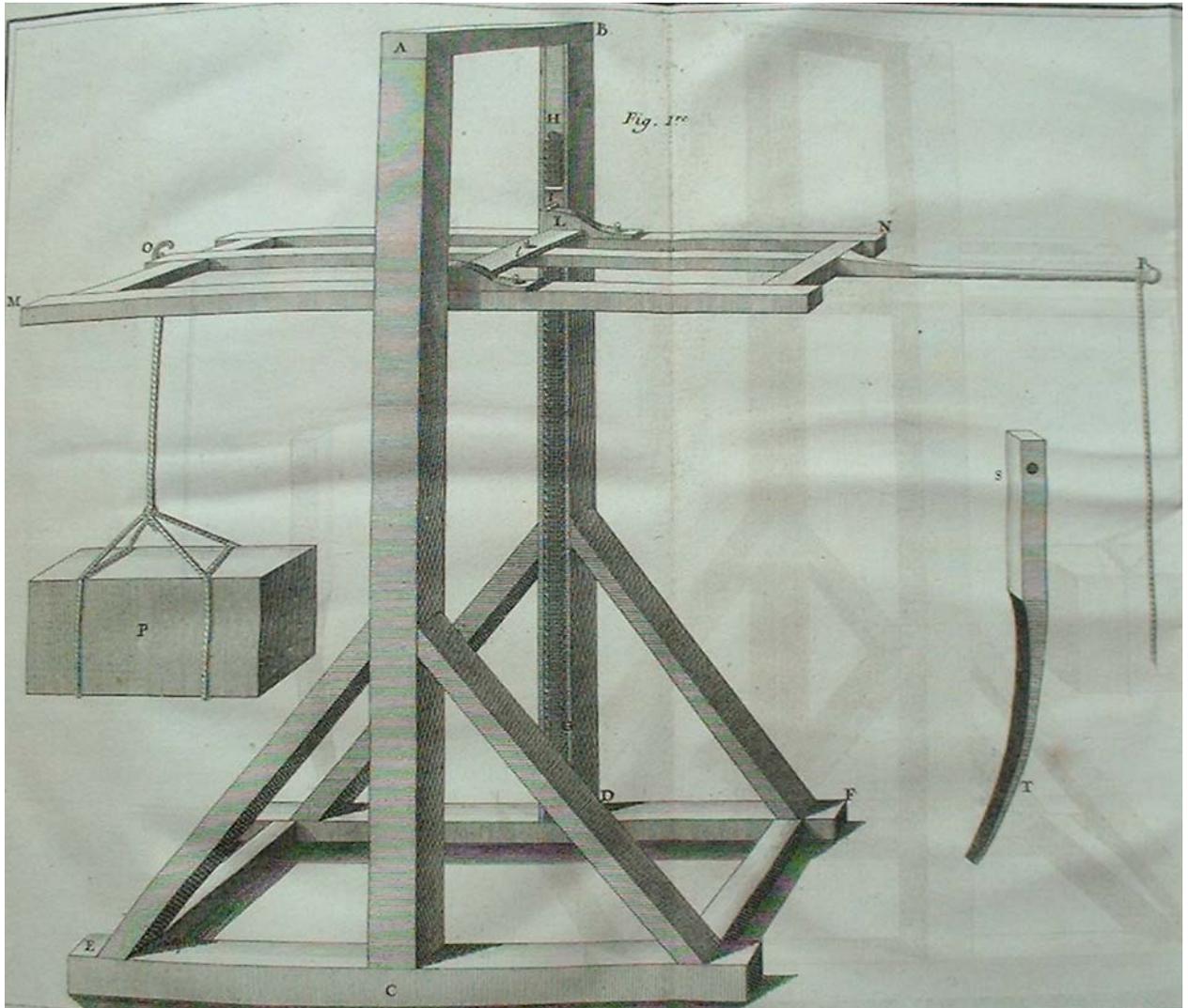


Illustration 5.1, cric d'équilibre pour élever des fardeaux, page31,T1, Gallon, 20 x16 cm.

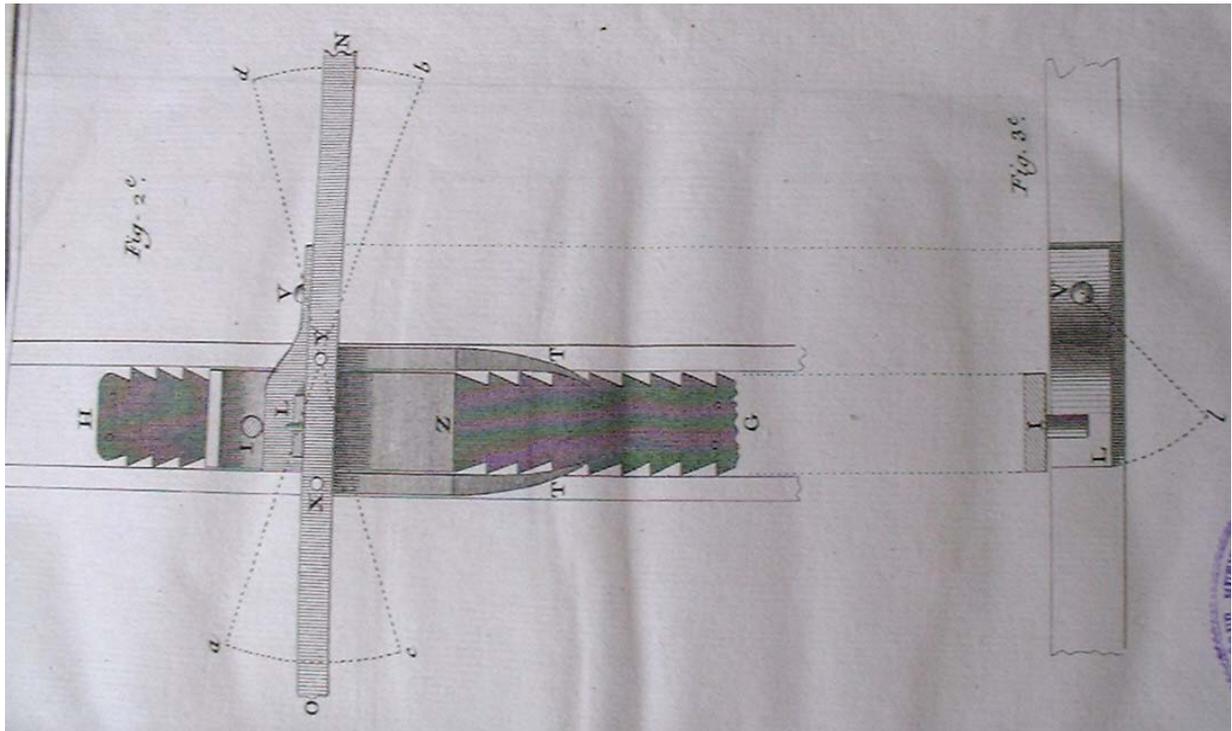


Illustration 5.1bis, cric d'équilibre pour élever des fardeaux, page 31, Gallon, 20 x16 cm.

Les lignes, dites fuyantes, concourent approximativement sur une droite horizontale, la ligne d'horizon. L'image ainsi obtenue fournit au lecteur les renseignements utiles pour se faire une première idée de l'agencement du système. Cependant la perspective ne fait pas apparaître nettement le principe mécanique retenu par l'inventeur pour déplacer verticalement la charge. L'auteur complète la définition de la machine par deux vues auxiliaires partielles de l'un des deux systèmes composés d'une crémaillère, d'un cliquet et d'un levier. Nous avons régulièrement souligné ce recours aux projections orthogonales pour parfaire la définition des systèmes techniques du domaine des arts mécaniques dès le début du 18^{ème} siècle.

La seconde machine dont nous proposons la lecture est une invention d'un certain Fonsjean et soumise au verdict de l'académie royale des sciences en 1700. Sa fonction consiste à scier du marbre. L'auteur dit en donner:

une première figure qui représente la machine en total, c'est-à-dire, telle qu'elle paraîtrait au lieu où elle serait établie. La mécanique de cette machine est enfermée sous la plate-forme A, et développée dans les figures II et III.

(Extrait, page 195, tome 1, Gallon.)

Observons la *machine au total*, dessinée selon la perspective figurant au centre de l'image, *illustration 5.2*. Le parallélépipède capable (prisme fictif contenant) du plateau se caractérise par des lignes fuyantes concourantes, mais dont le point de concours est quasiment rejeté à l'infini. Certains auteurs parlent d'ailleurs, par abus de langage peut être, de *perspective sans point de fuite*. L'architecte Borissavlievitch développe cette perspective "sans point de fuite" dans l'un de ses livres⁹³, il y a un demi siècle.

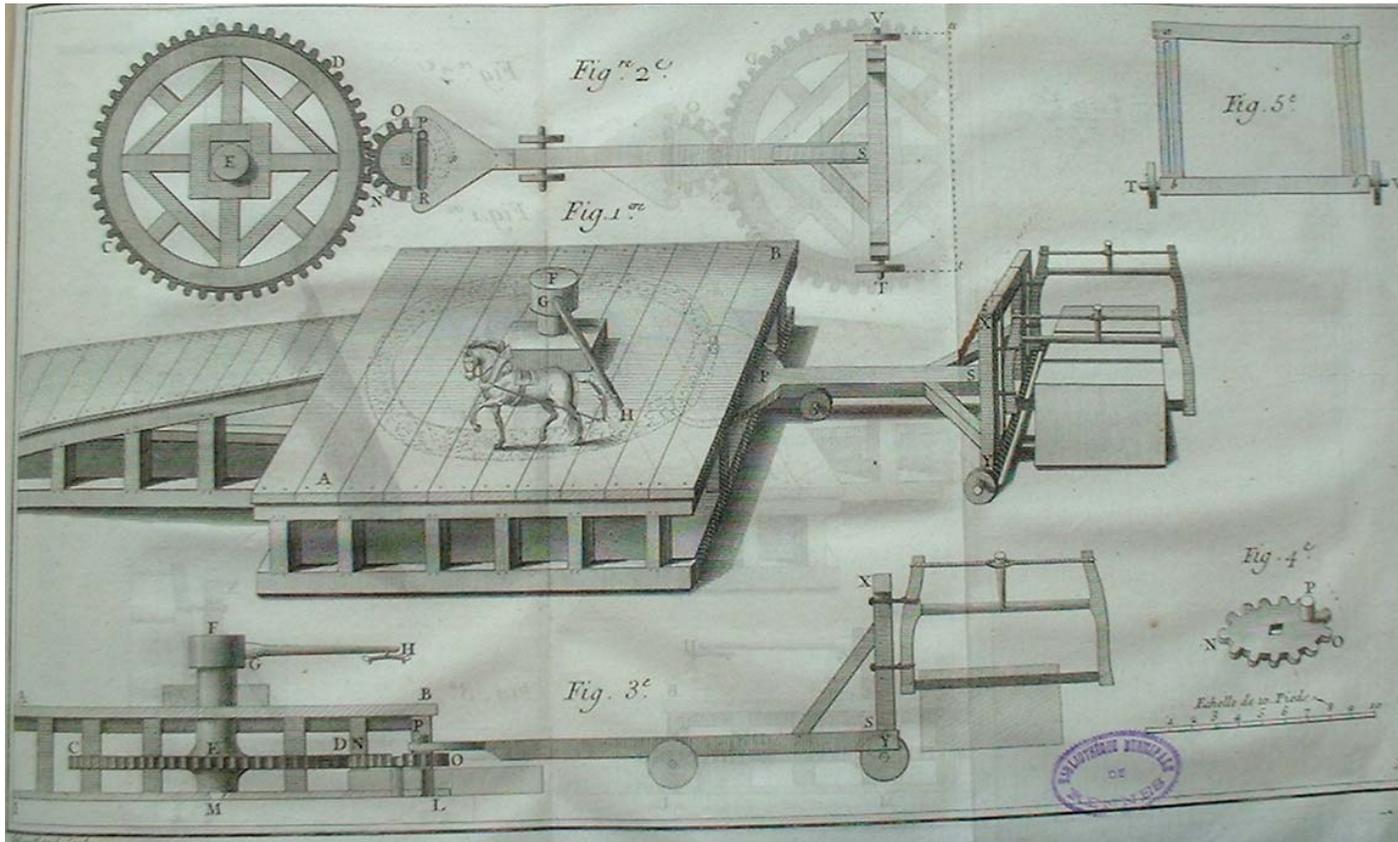


Illustration 5.2, machine pour scier le marbre, page195, T 1, Gallon, 20 x 31 cm.

La perspective figurant sur l'illustration ci-dessus, propose une mise en situation de la machine en décrivant l'entrée du système, *l'action mécanique exercée par le cheval*, et sa sortie, *l'action mécanique de la scie rectiligne sur le bloc de marbre*. La partie mécanique de transmission de puissance et de transformation de mouvement n'est pas lisible sur ce dessin, *elle est enfermée sous la plate-forme*. C'est à la lecture des projections (fig 2 et 3) qu'il est permis de s'approprier les principes mécaniques retenus par l'inventeur pour transformer le

⁹³ Borissavlievitch, Miloutine, architecte, docteur de l'université de Paris, *La perspective sans point de fuite*, 1956, Oberthür Paris, Bibliothèque municipale de Rennes, cote:DL 30654.

mouvement de rotation de la roue en un mouvement rectiligne alternatif du chariot porte scie. Chacun aura repéré le rôle tenu par la rainure oblongue du chariot et l'axe solidaire du pignon.

La machine (*illustration 5.3*) conçue par M Perrault de l'académie royale des sciences pour déplacer des charges date de 1699. Les dessins qui participent à sa définition sont au nombre de trois, à savoir, deux perspectives et une projection orthogonale du châssis B muni de ses rouleaux cylindriques et des cordes de liaison. L'appropriation de l'architecture de cette *Machine pour traîner les fardeaux* et la compréhension des mouvements des châssis qui la composent, par action sur le treuil à bras, n'est pas immédiate. Nous observons sur cet exemple, les limites du dessin perspectif pour ce qui relève de la compréhension principe de fonctionnement de certains systèmes techniques.

Dans le présent exemple, le graphisme est accompagné de quatre pages descriptives qui peuvent dérouter, voire décourager le lecteur néophyte.

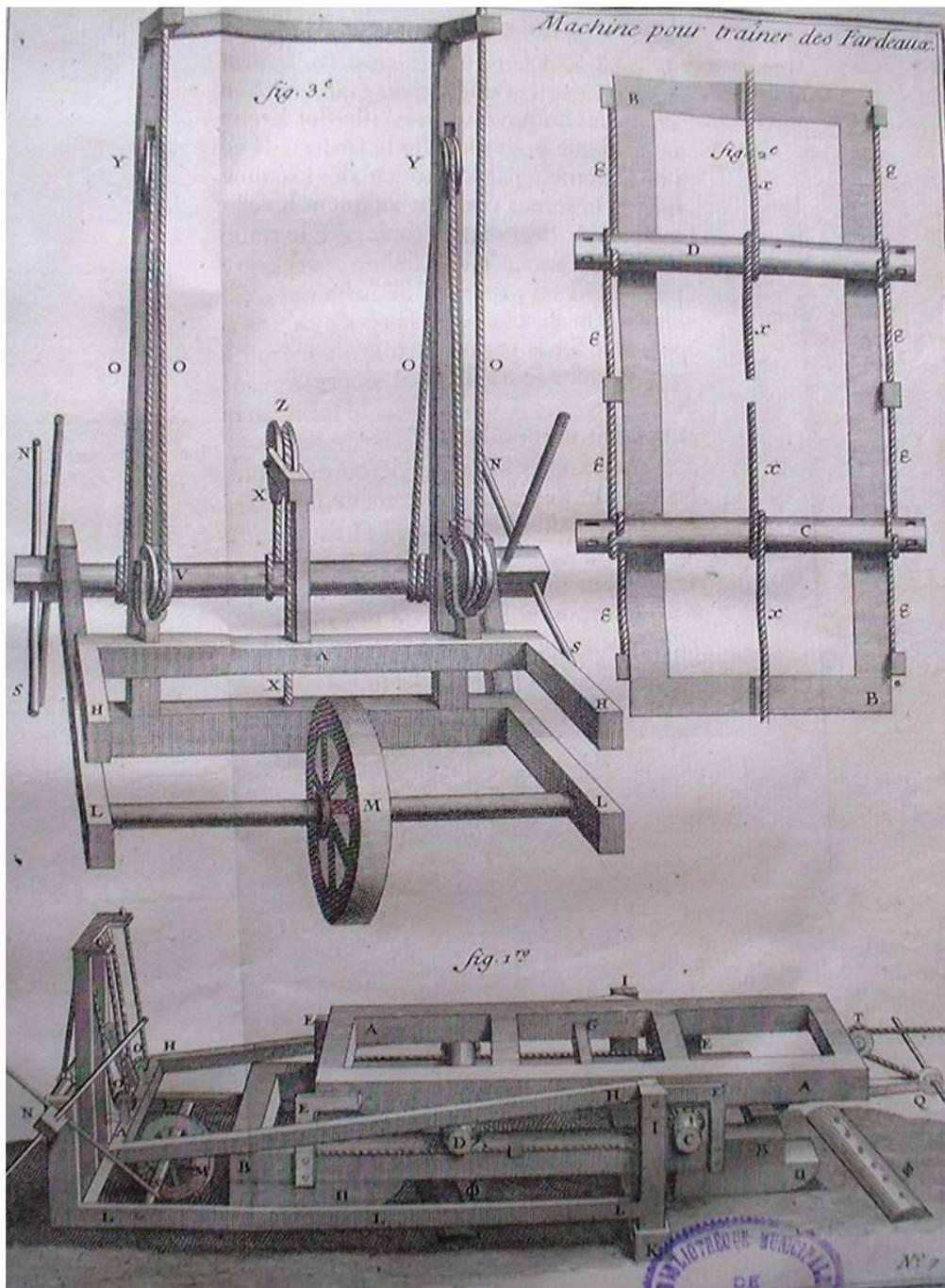


Illustration 5.3, machine pour traîner des fardeaux, page 31, T 1, Gallon, 20 x 16 cm.

Nous poursuivons cette analyse par l'étude du projet d'une machine pour laminer le plomb (*illustration 5.4*), présentée à l'académie royale des sciences en 1728 par son inventeur, Mr Fayolle. Cette machine figure au tomeV du recueil des machines et inventions de Jean Gaffin Gallon. En tout premier lieu, c'est la *représentation aérienne* qui attirera notre attention. Le choix de ce type de vue n'est pas sans lien avec les dimensions importantes de ce système qui met en jeu un bon

nombre de sous-ensembles mécaniques de transformation de mouvements.

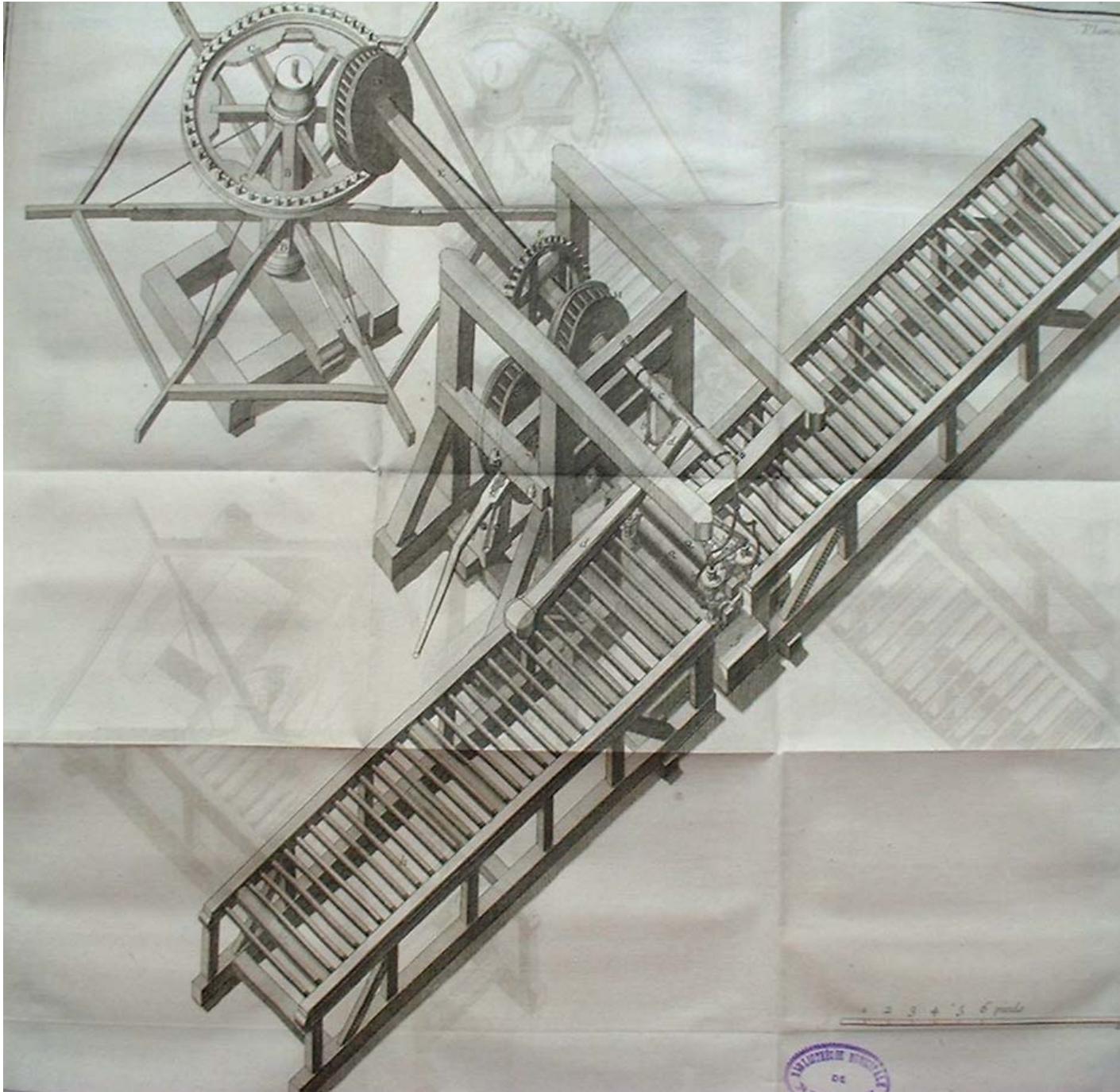


Illustration 5.4, machine pour laminer le plomb, page 43, T 5, Gallon, 20 x 31 cm.

Cette vue *du ciel* permet de représenter l'installation selon trois directions en faisant le choix d'angles d'observation favorables pour une définition d'ensemble suffisamment éclairante dès une première lecture. Cette représentation en perspective, bien qu'agréable à l'œil, demeure réductrice pour ce qui est de la compréhension du

fonctionnement du système. L'auteur développe son invention par le biais d'un texte ne comportant pas moins de huit pages qui prennent appui sur une douzaine de dessins en projection orthogonale de sous-ensembles ou d'éléments isolés. Deux extraits de ces planches figurent ci-après.

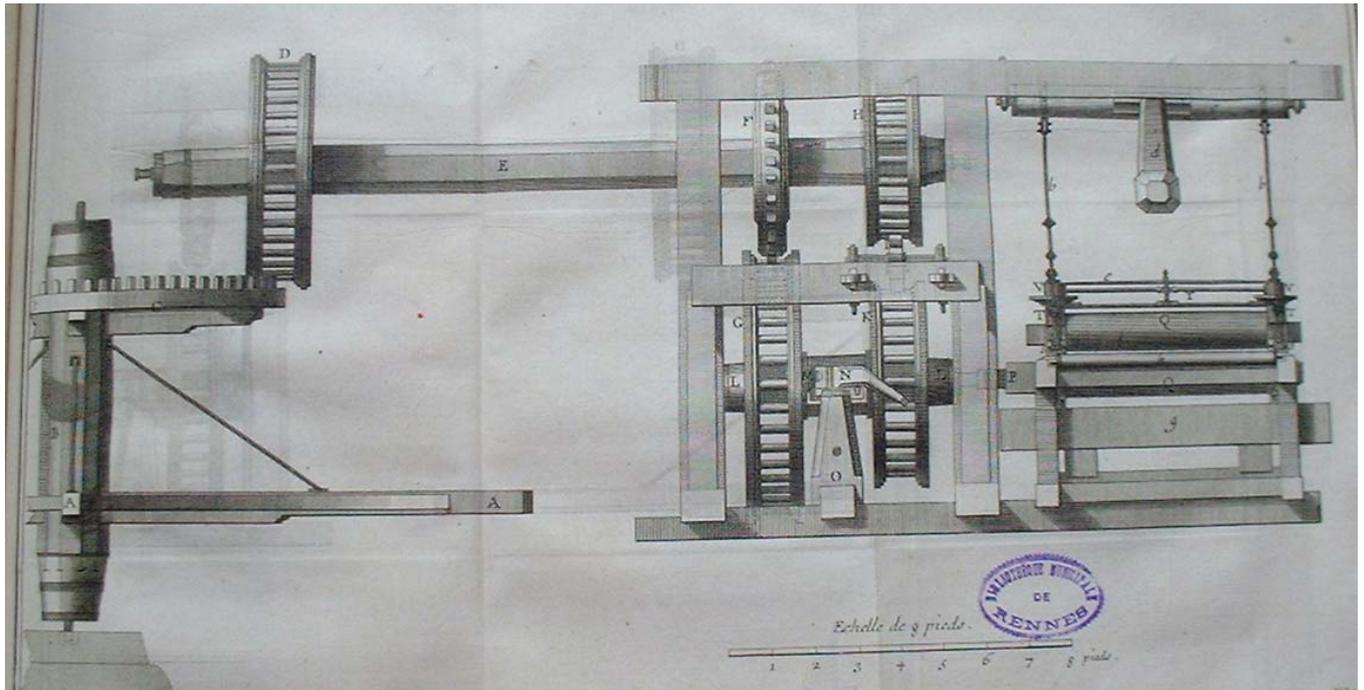


Illustration 5.5, machine pour laminer le plomb, page 31, T 5, Gallon, 20 x 31 cm.

Les chevaux, attelés aux leviers tels que A, animent en rotation l'arbre horizontal E par l'intermédiaire du *renvoi d'angle* composé d'une *roue de chant* C et d'une *lanterne* D. Le *hérisson* F et la *lanterne* H sont solidaires de l'arbre E. Ces éléments engrènent avec deux lanternes *montées folles* sur l'arbre inférieur mais pouvant en être solidaires, alternativement et à la demande, par un verrou, sorte de clavette longitudinale. La lanterne F comporte une denture intérieure en liaison avec l'arbre de sortie qui assure la rotation des galets d'entraînement en translation de la plaque de plomb à laminer. Nous voici en présence d'une boîte de vitesse avec embrayage commandé!

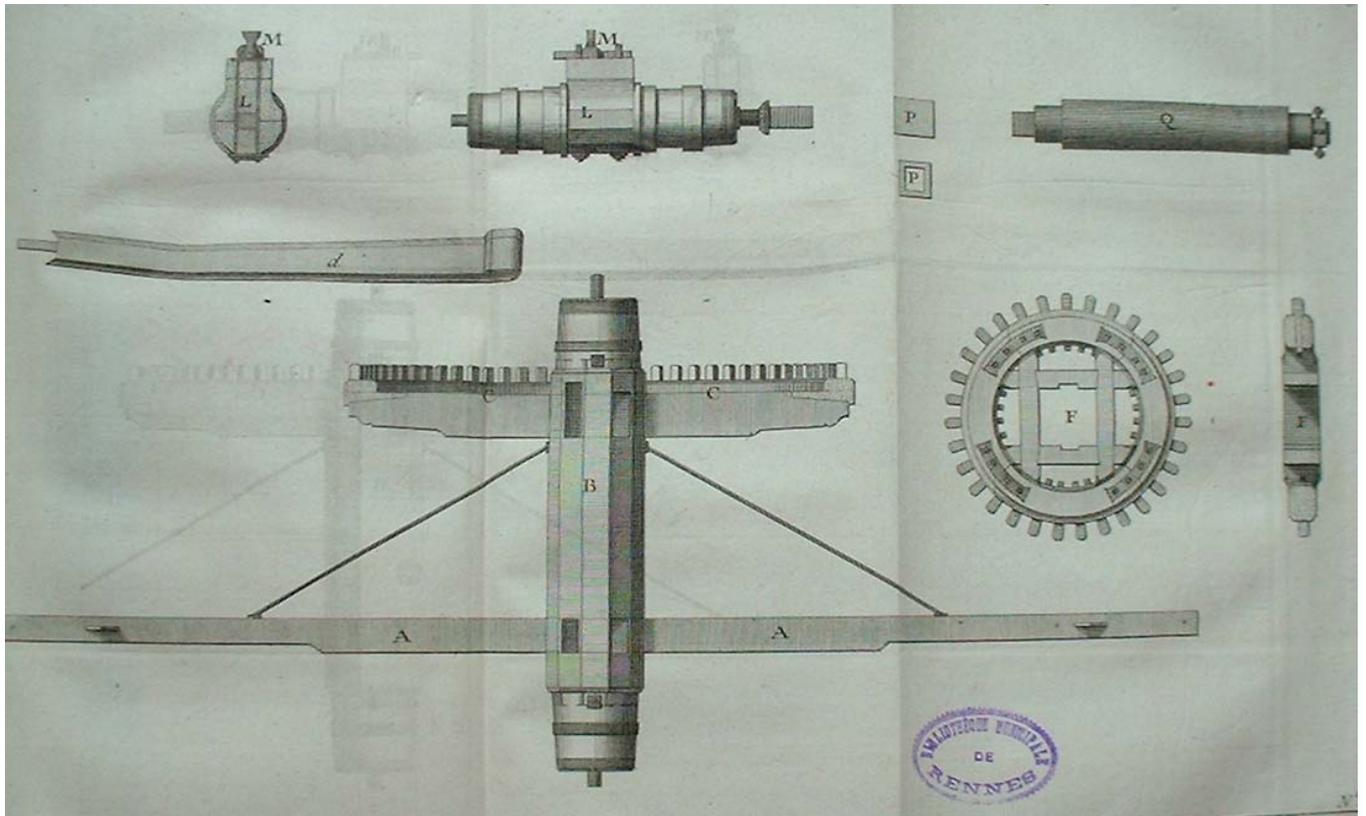
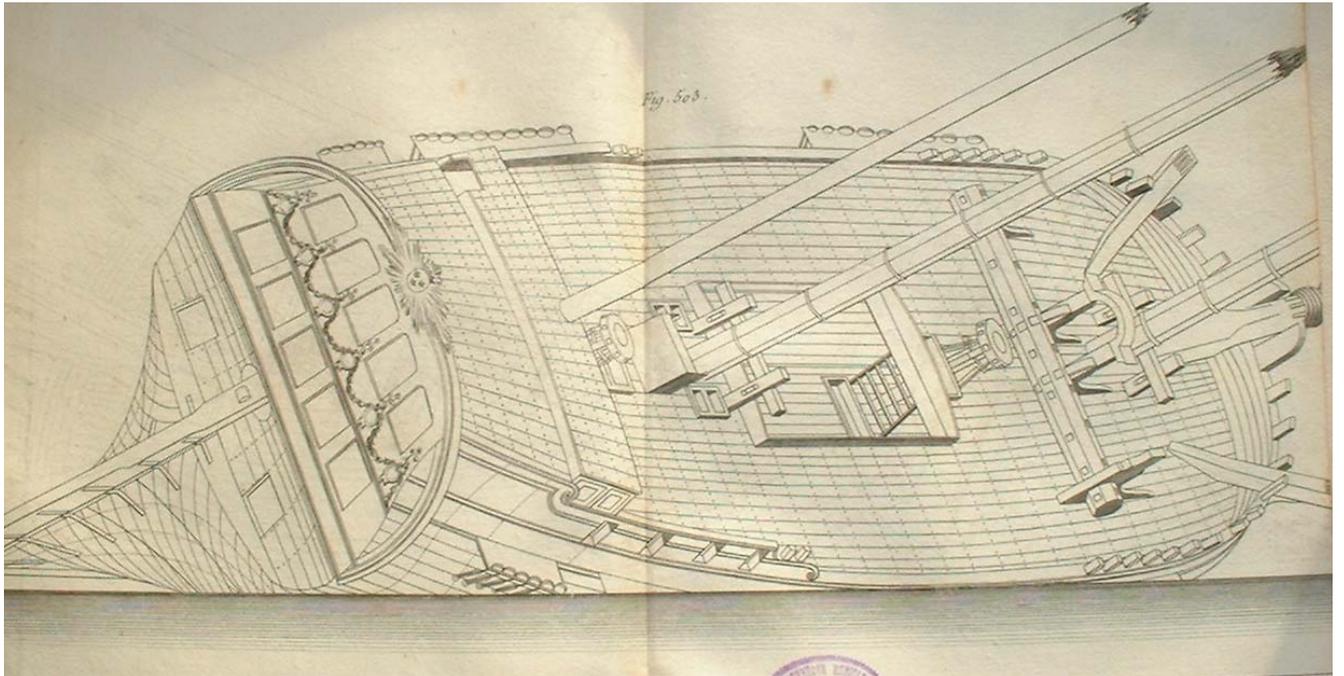


Illustration 5.6, machine pour laminer le plomb, page 31, T 5, Gallon, 20 x 31 cm.

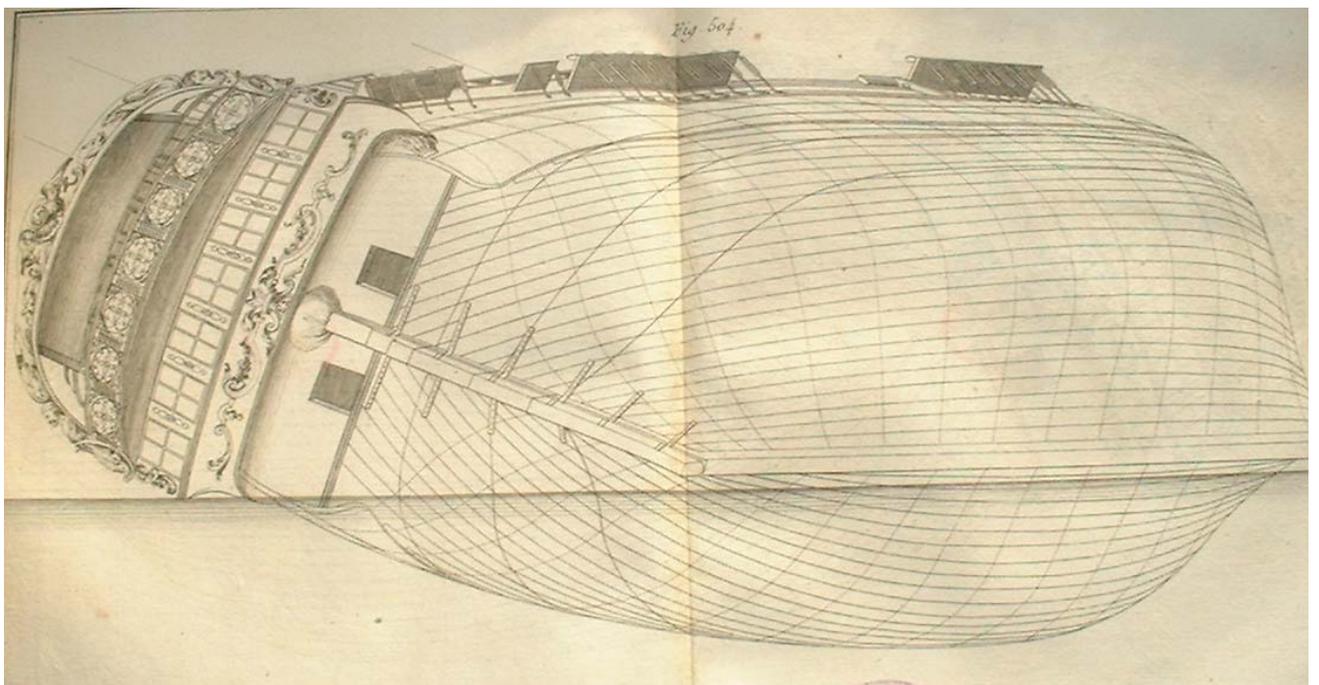
Ces quelques exemples montrent les limites de l'outil graphique que constitue la perspective dès qu'il est question de définir des systèmes techniques classés dans le domaine des arts mécaniques. L'image globale construite fournit une idée de l'objet réalisé ou projeté, mais elle n'est pas essentielle pour une communication scientifique et technique entre concepteurs et constructeurs.

Ce constat nous paraît également fondé si l'on observe les dessins en perspective de vaisseaux. L'*Encyclopédie méthodique Marine*, dans son tome V et sous le mot *Construction*, présente un bon nombre de perspectives de vaisseaux observés selon divers point de vue. Nous en extrayons les trois illustrations qui suivent et qui fournissent une image d'un vaisseau achevé. Cette vue de l'œuvre demeure précieuse aux différents stades de la construction, elle dicte, en quelque sorte, l'objectif final à atteindre. Elle est une traduction écrite de l'idée du concepteur, mais il y a lieu de s'interroger sur les principes de la géométrie et sur les techniques de tracé sous-jacents.



*Illustration 5.7, planche 58, Encyclopédie méthodique, Marine, 1783,
22,5 x 33,5 cm.*

de construction de perspectives, celles que nous mentionnerons dans les pages qui suivent, mais les préoccupations esthétiques prévalent.



*Illustration 5.8, planche 59, Encyclopédie méthodique. Marine, 1783,
23 x 34 cm.*

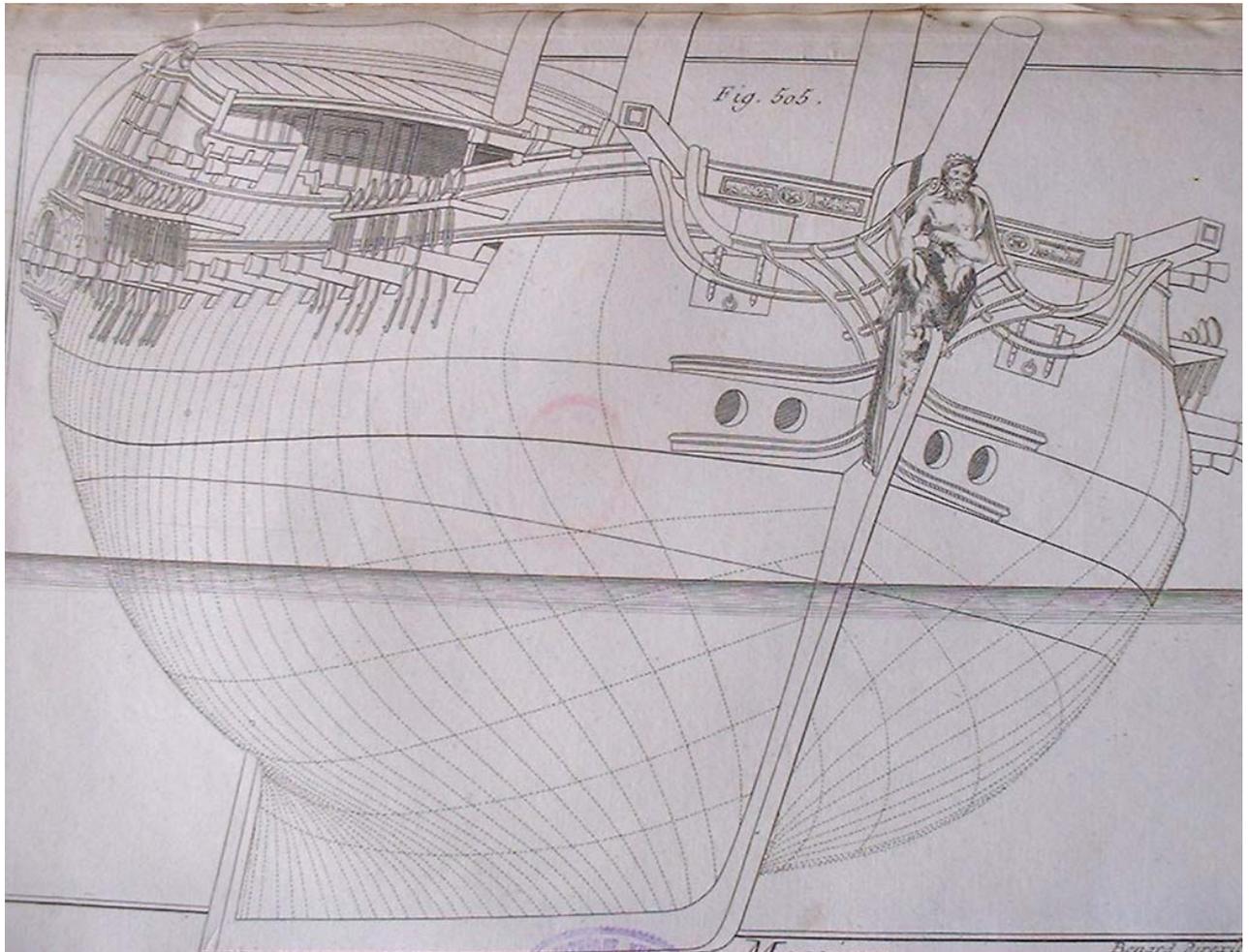
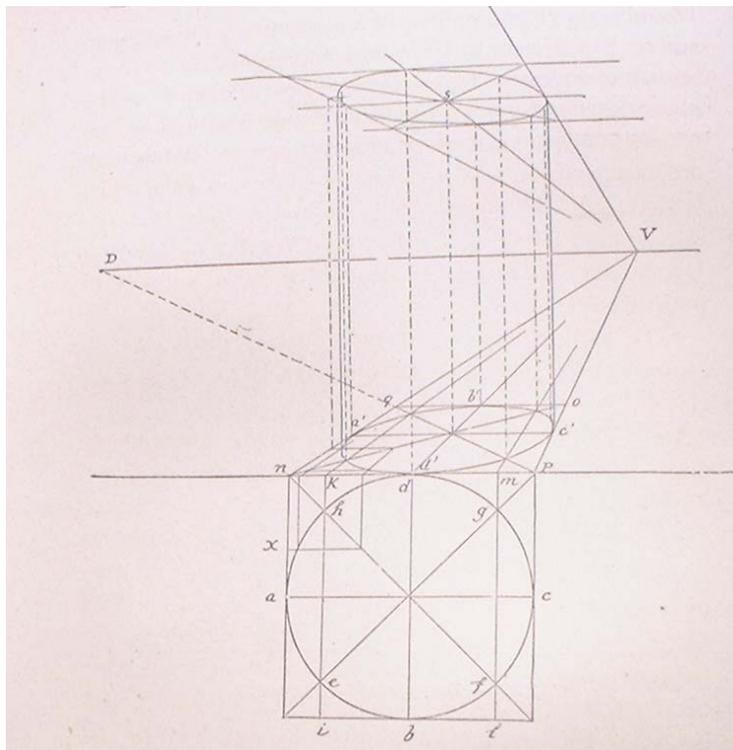


Illustration 5.9, Pl 60, *Encyclopédie méthodique. Marine*, 1783,
23 x 34 cm.

Ces trois représentations de vaisseaux, observés de *points de vue* différents, méritent un détour. Le graphisme est d'une qualité exceptionnelle et illustre parfaitement le *Dictionnaire méthodique, Marine*. Il est utile de souligner que ces *images* sont construites et ne sont pas le résultat d'un quelconque hasard ou d'aptitudes inégalables d'un habile dessinateur. En effet, le dessinateur a du talent et n'est autre que Bénard, qui a par ailleurs signé les planches numérotées de 1 à 20 de l'ouvrage de Vial du Clairbois, *Traité élémentaire de la construction des bâtiments de mer*, publié en 1805. La perspective est construite sur une ossature en perspective constituée par les couples et par les lisses dont les points d'assemblage peuvent être repérés sur chacun des dessins. Chacun peu imaginer le temps à consacrer à la réalisation d'aussi belles œuvres. Le tracé des lisses internes, courbes gauches, est

du plus bel effet certes, mais il présente un intérêt pour le constructeur, qui peut ainsi se faire une première idée de leurs nombre et position.

L'architecture civile, comme d'ailleurs l'architecture militaire, fait régulièrement usage de la représentation en perspective des édifices et des ouvrages d'art projetés. Les exemples qui illustrent notre contribution le témoignent, mais nous y ajouterons le point de vue de Viollet le Duc recueilli à propos de deux dessins qu'il retient au tome X de son *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du 11^{ème} au 16^{ème} siècle*, et qu'il utilise dans son livre, *Histoire d'un dessinateur, comment on apprend à dessiner*. Ce sont les dessins, figurant dans ce dernier ouvrage, que nous rapportons ci-après.



Histoire d'un dessinateur, page 89, Viollet le Duc.

Dans cette *Histoire d'un dessinateur*, Viollet le Duc met en scène le professeur, *M. Majorin*, et son élève, *Petit Jean*. Un problème de perspective est ainsi posé à l'élève:

Tu sais qu'un cercle s'inscrit dans un carré; tu peux mettre un carré en perspective, donc cherche...

(Extrait, page 88, *Histoire d'un dessinateur*, Viollet le Duc).

Le professeur vient à son aide, et lui conseille, après avoir mis en perspective le carré et repéré les points de tangence *a, b, c* et *d*, de tracer les diagonales:

Tu auras encore quatre points du cercle qui sont les points *e, f, g* et *h*; ces diagonales sont en perspective si tu réunis les points *n, o, p* et *q*. Bon! Allons! t'y voilà.

(extrait, page 88, *Histoire d'un dessinateur*).

Et voilà comment, quand l'opération fût achevée, *Petit Jean* mit un cylindre en perspective!

Le professeur montre à son élève, au travers des deux perspectives qui suivent, le résultat obtenu en fonction de la position du point de vue par rapport à la ligne d'horizon.

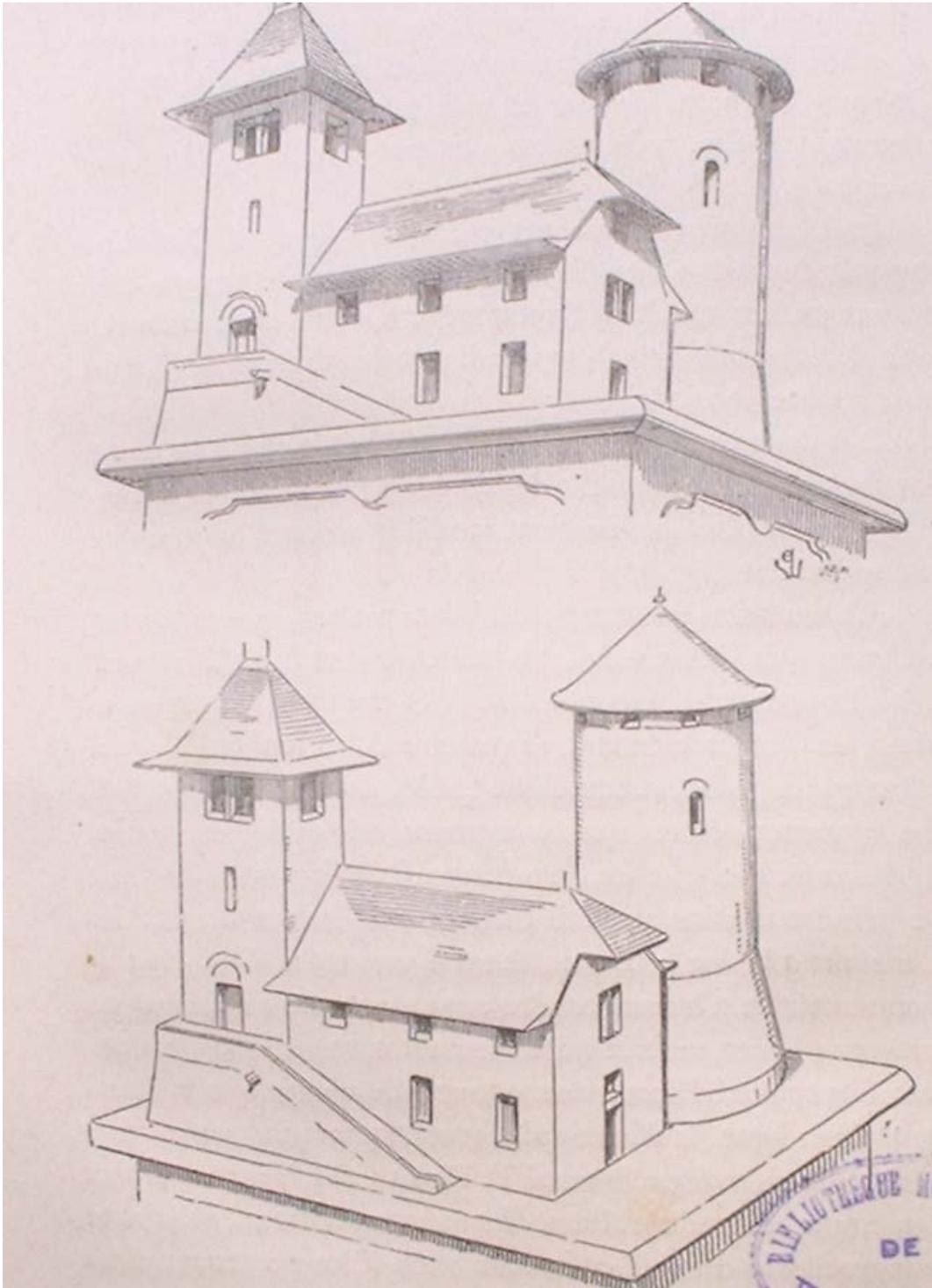


Illustration 5.10, Groupe de constructions, observé selon deux points de vues différents, Histoire d'un dessinateur, page 91, Viollet le Duc, 18 x 12 cm.

Le dessin d'architecture traitant de la construction des édifices, des ouvrages et des ornements, utilise largement la représentation en perspective des projets de réalisations. L'image du sujet vu dans trois dimensions est lisible et d'un accès aisé pour quiconque. Elle offre un support bien utile dès les premiers échanges entre les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre qui s'engagent dans un projet.

La construction mécanique, ainsi que nous l'avons constaté en parcourant divers traités, sait faire aussi usage de cet outil graphique, mais essentiellement à des fins de découverte de *l'allure générale* de systèmes industriels, souvent complexes. La perspective du mécanicien *dépouille* la machine de nombreux sous-ensembles qui la composent, et fréquemment, ne retient que les parties suffisantes pour une compréhension de la fonction globale. Elle fournit de la machine une image susceptible d'aider le lecteur à mieux entrer dans le jeu d'une analyse fine du fonctionnement.

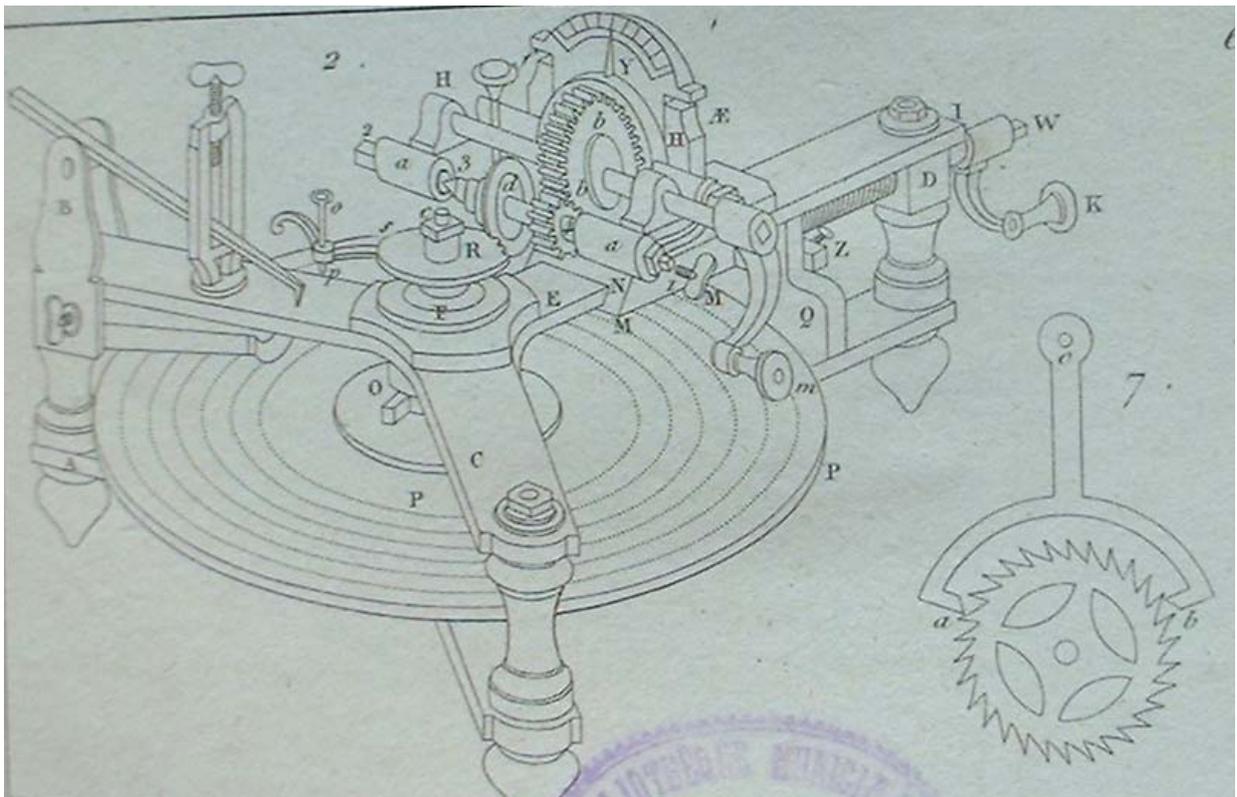


Illustration 5.11, extrait, Pl.30, *Composition des machines*, Borgnis, 20,5 x 15 cm.

La perspective, *illustration 5.11*, représente une *machine à fendre les roues*. Le plateau diviseur assure la mise en position des roues ou pignons à tailler. L'usinage de la denture est obtenu par fraisage. Ce dessin est extrait d'une planche comportant des projections orthogonales partielles des différents sous-ensembles qui composent cette machine. Ainsi la vue partielle (rep7) précise, selon une seule vue,

le mécanisme d'indexage dont le choix dimensionnel est fonction du module de la denture à tailler.

Le livre de Louis-Benjamin Francoeur, édité en 1833, a pour objet, *une description des procédés des arts*. Il comporte un grand nombre de perspectives utilisées comme support aux explications d'ordre technique. Nous avons extrait de la planche N°3, (*illustration 5.12*), cette perspective d'une machine à aléser, et de la planche N°9 (*illustration 5.13*), celle d'un moulin. Chacune des représentations porte des repères afin que le lecteur *entre* plus aisément dans le système dont il analyse le fonctionnement.

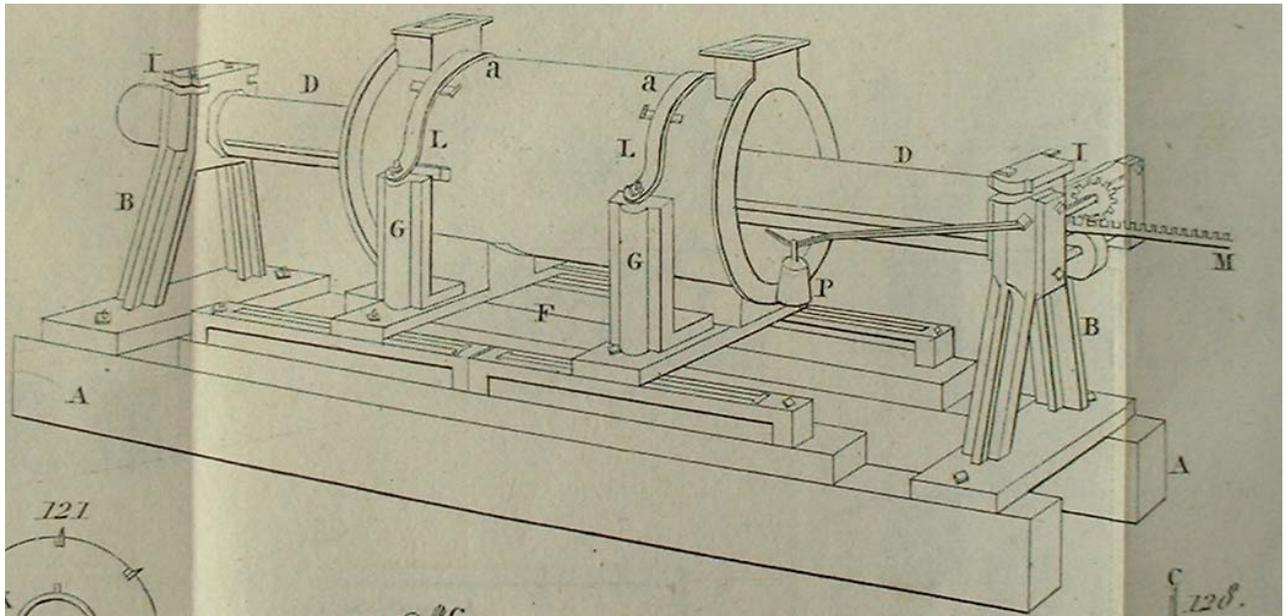


Illustration 5.12 , alésoir, extrait, Pl N°3, Eléments de technologie, Paris, 1833, Francoeur.

Les outils graphiques permettent la réalisation d'*images d'après nature*. Elles sont une composante précieuse du livre de technologie et mettent le lecteur en situation d'observateur. Le descriptif est rendu plus accessible et la longueur du discours réduit.

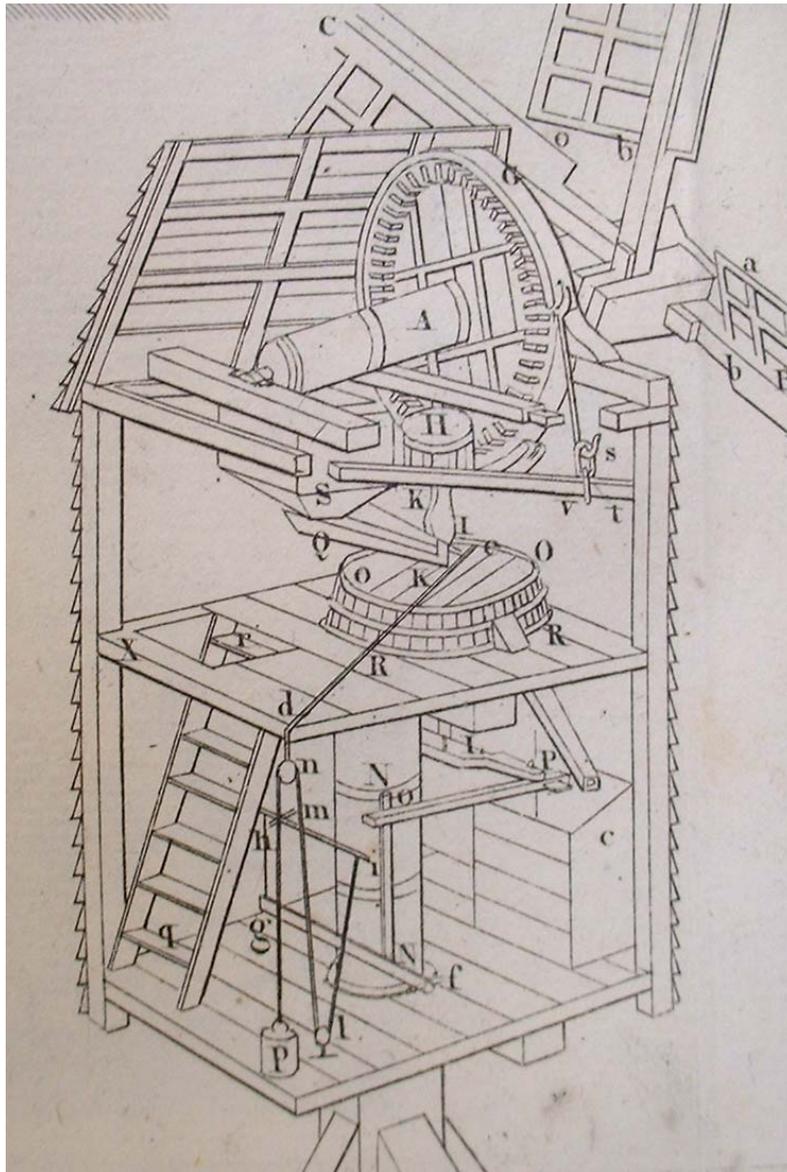


Illustration 5.13, extrait Pl 9, Moulin à vent, Eléments de technologie, Francoeur.

Nous pensons qu'il est peu pertinent, dans le cadre de cette réflexion, de tenter de dresser un large inventaire de définitions de la perspective, définitions formulées par différents auteurs, au fil du temps. Cependant, nous rapporterons quelques unes d'entre elles. Notre intention n'est pas de développer les différentes techniques du tracé de perspectives; nous nous limiterons à la présentation de certaines d'entre elles, dès l'instant où nous estimerons qu'elles présentent des aspects fédérateurs de différentes méthodes rencontrées. Ce qui importe, nous semble t'il, c'est de mesurer la pertinence de cet outil graphique utilisé comme moyen d'expression, dans le cadre d'une communication scientifique et technique. Les images ainsi construites sont lisibles, même à un néophyte en matière d'art mécanique par exemple.

5.2: Quelques définitions de la perspective.

Abordons ce volet de notre étude en rapportons, une nouvelle fois, le commentaire qui figure dans l'ouvrage: *Traité élémentaire de la construction des vaisseaux* de Vial du Clairbois:

Lorsqu'on veut représenter les objets en perspective, on les suppose à une certaine distance et dans une certaine position à l'égard de l'œil; mais comme dans les arts, en les représentant, on a souvent besoin de conserver les dimensions relatives de toutes leurs parties, on ne fait ordinairement que les projeter sur des plans: pour cela on suppose l'œil du spectateur dans un éloignement infini; au moyen de quoi, l'effet de la perspective, de diminuer de dimension les objets éloignés, relativement à ceux qui sont sur le devant de la scène, n'ont plus lieu.

(Page 9, première partie, *Traité élémentaire de la construction des vaisseaux*, Vial du Clairbois).

C'est à partir de la représentation en perspective d'un vaisseau, *en perspective infinie, bâtiment vu par la hanche*, que Vial du Clairbois entreprend de dresser la nomenclature des éléments principaux qui composent "la charpente" d'un navire. Dans un précédent chapitre, nous avons apprécié trois perspectives de vaisseaux extraites de l'encyclopédie méthodique.

Le mot *perspective* vient du latin *perspicere*, signifiant voir à travers, car s'il est vrai que nous pouvons regarder un objet à travers un tableau transparent, l'image perspective se trouve, quant à elle, sur le tableau. C'est le problème de la représentation d'objets en trois dimensions sur un plan qui est ainsi posé.

L'un des ouvrages de Gaspard Monge traitant de la géométrie descriptive⁹⁴ comporte une contribution de M. Brisson relative à la théorie des ombres et à la perspective. Ce complément est mis en forme par cet ancien élève de l'école polytechnique et inspecteur divisionnaire des Ponts et Chaussées, à partir, dit-il, *de papiers laissés par Monge, et dont Mme Monge a bien voulu me confier le dépouillement et l'examen*. Quatre des leçons données à l'école normale par Monge n'avaient pas été imprimées, dont une sur la *perspective linéaire*. Brisson, ancien élève de Monge, se fera un grand honneur de participer à la diffusion des travaux de son maître et estimera *rendre un véritable service aux jeunes gens*. La théorie de la perspective, formulée par Brisson à partir du manuscrit de Monge est introduite en ces termes:

⁹⁴Monge, Gaspard et Brisson, M., *Géométrie descriptive, 5^{ème} édition, augmentée d'une théorie des ombres et de la perspective*, 1827, Bachelier Paris, bibliothèque universitaire de Rennes 1, cote : 12159.

L'art de la perspective consiste à représenter, sur un tableau dont la forme et la position sont connues, des objets également donnés de forme et de position, tels qu'ils paraîtraient à un œil dont la position serait aussi déterminée. Pour rendre cette définition cette définition encore plus sensible, supposons que le tableau soit d'abord une glace transparente. Si de tous les points proposés, on conçoit des rayons dirigés vers l'œil, que ces rayons, en traversant le tableau transparent, y laissent leurs traces empreintes de couleur et de la teinte propre aux points dont ils partent, l'ensemble de ces traces formera sur le verre la représentation qu'on se propose d'obtenir dans l'art de la Perspective.

On doit admettre deux parties distinctes, l'une purement géométrique, et son objet est de déterminer avec précision chaque point du tableau et appelée *Perspective linéaire*, l'autre a pour objet la recherche de la teinte d'ombre et de lumière qu'on doit donner à chaque partie du tableau, c'est la *Perspective aérienne*.

(Extrait, page 160, *Géométrie descriptive*, Monge et Brisson).

Nous découvrons dans le *Traité des propriétés projectives des figures*⁹⁵ du mathématicien Jean Victor Poncelet, une autre formulation de la perspective. Poncelet, ancien élève de l'école polytechnique, capitaine puis général au corps royal du génie n'a pas limité ses activités aux seules sciences mathématiques, il a fait preuve d'un grand intérêt pour l'architecture hydraulique, et tout particulièrement, a apporté sa contribution à la définition de profils de roues hydrauliques. Il enseignait la mécanique appliquée aux machines à l'école spéciale de l'Artillerie et du Génie, et commettait en 1827 son *Mémoire sur les roues à aubes courbes*. Ce léger détour, s'agissant de Poncelet, nous semblait utile, mais revenons à notre objet, à savoir, la perspective. Au premier chapitre de son *Traité des propriétés projectives des figures*, Poncelet exprime quelques *notions préliminaires sur la projection centrale*, et en forme d'avertissement, il dit donner presque toujours au mot projection le même sens que celui de perspective, ainsi la projection sera conique ou centrale.

Dans cette sorte de projection, nous supposons, en général, que la figure donnée et la surface de projection soient l'une et l'autre planes...D'après cela, nous concevons que, d'un point donné pris pour centre de projection, parte un faisceau de lignes droites dirigées vers tous les points d'une figure tracée sur un même plan ; si l'on vient à couper ce faisceau de droites *projetantes* par un plan disposé d'une manière arbitraire dans l'espace, il en résultera, sur ce plan, une nouvelle figure, qui sera la *projection* de la première.

(Extrait, page 3, chap1, *Traité des propriétés projectives des figures*).

⁹⁵ Poncelet, Jean-Victor, 1788-1867, *Traité des propriétés projectives des figures*, Bachelier Paris, 1822, bibliothèque universitaire de Rennes 1, cote: 10195.
Mémoire sur les roues à aubes courbes, Thiel Metz, 1827, bibliothèque universitaire de Rennes1, cote:10196.

5.3: La perspective, un sujet de réflexion et d'étude permanent.

La perspective, dans ses aspects mathématiques et artistiques constitue un centre d'intérêt pour un bon nombre de scientifiques, de chercheurs. La lecture des *cahiers de la perspective*, traduction de travaux menés à l'IREM⁹⁶ de Basse Normandie en est un exemple et donne un éclairage sur cette perspective, tant du point de vue historique que du point de vue scientifique. Cette réflexion engagée vers 1980 par le groupe de recherche *géométrie et peinture* constitué au sein de la MAFPEN⁹⁷ de l'académie de Caen a fait l'objet de publications entre 1981 et 1982 sous forme de trois ouvrages qui furent réédités en 1987.

Nous avons également lu avec intérêt l'article de J.V.Field du *Science Museum* de Londres à propos de *La perspective linéaire et la géométrie projective de Girard Désargues*. Ce fascicule d'une trentaine de pages a été traduit en français en 1993 par Marry Béatrix alors étudiante à l'Ecole des hautes études en sciences sociales de Paris.

Le contenu du texte annoté et commenté du tome1 du traité *Perspectiva Pictorum et Architecturum* de Pozzo Andrea date de 1700 et est présenté en 1993, pour l'obtention du Diplôme d'études approfondies: *Histoire et civilisations*, par Marry Béatrix, vient enrichir les ressources relatives à la perspective. Cette recherche, dirigée par Jean Dhombres porte sur les résultats de travaux du peintre italien Pozzo né à Trente en 1642.

A nos sources ajoutons l'ouvrage *La perspective*⁹⁸ que Albert Flocon, peintre-graveur et René Taton, historien des sciences, font éditer en 1963. Ce livre porte sur l'histoire de la perspective artistique et la perspective pratique, le dernier chapitre proposant un développement concernant la perspective et la géométrie projective.

Le "trait de perspective" constitue bien, à lui seul, un objet de recherche et d'étude. L'analyse des ressources mentionnées ci-dessus, à laquelle s'ajoutera celle de contenus de livres parus avant 1750, peut nous aider à étayer la présente intervention sur la perspective, cet outil graphique de communication scientifique et technique souvent mis en œuvre sur la période 1750-1850 comme nous l'avons déjà indiqué.

⁹⁶ IREM: Institut de recherche en mathématiques.

⁹⁷ MAFPEN : Mission académique à la formation des personnels de l'éducation nationale.

⁹⁸Flocon, Albert et Taton René, *La perspective*, 1963, Paris, PUF, bibliothèque municipale de Rennes cote:99586

5.4: La perspective, observée au travers d'ouvrages parus aux 16^{ème} et 17^{ème} siècles.

Tournons nous vers quelques travaux et publications antérieurs à 1750 car l'outil graphique que constitue la perspective des peintres et des architectes se caractérise par sa longue histoire. Toutefois, sans nous engager dans une chronologie précise et sans en détailler les étapes, nous rappelons que l'homme préhistorique "projetait" déjà sur la pierre; les peintures et les sculptures réalisées durant cette ère en témoignent.

Les livres de perspective des 16^{ème} et 17^{ème} siècles sont en très grand nombre. *Les cahiers de la perspective* de mars 1987 font état de trente-trois ouvrages de perspective à la Renaissance. L'analyse du contenu de ces livres constituerait à elle seule un objet d'étude et nous écarterait de notre préoccupation selon les termes que nous nous sommes imposés. Malgré les frontières que nous nous fixons, nous ne résistons pas au plaisir de présenter deux auteurs, qui au vu du résultat de leurs travaux, font figures de références : le hollandais Han Vredeman de Vries (1526-1609) et le français Samuel Marolois (1572-1627).

Peintre, architecte, ingénieur et créateur, Han Vredeman de Vries est auteur de traités sur l'art architectural et sur la perspective appliquée. Vers la fin de sa vie il explique la perspective dans son ouvrage *Perspectiva*⁹⁹ qui paraît en 1604. Vredeman a appris la géométrie, la perspective et l'architecture à partir des dix volumes du livre de Vitruve édité dans une traduction en néerlandais. L'œuvre de Vredeman de Vries est reconnue majeure et sera souvent rééditée et diffusée en plusieurs langues.

Le livre de Vredeman compte soixante et douze planches. Nous présentons (*illustrations 5.15 et 5.16*) deux exemples de perspectives centrales sur lesquelles le centre de projection, à savoir l'œil de l'observateur, est matérialisé sur la trace de l'horizon (intersection du plan horizontal passant par l'œil avec le plan frontal de projection). L'auteur laisse subsister quelques lignes fuyantes, montrant ainsi la construction des volumes en perspective. Les planches réalisées par Han Vredeman de Vries ont surtout pour thème l'architecture civile, et accessoirement le mobilier. L'image construite se distingue par sa précision et par l'attention portée au moindre détail. Elle donne à l'observateur cette illusion du relief.

⁹⁹Vredeman de Vries, Han, 1526-1609, *Perspectiva*, 1604, Beuckel Nieulandt La Haye, Bibliothèque municipale de Rennes, cote: 855 rés.

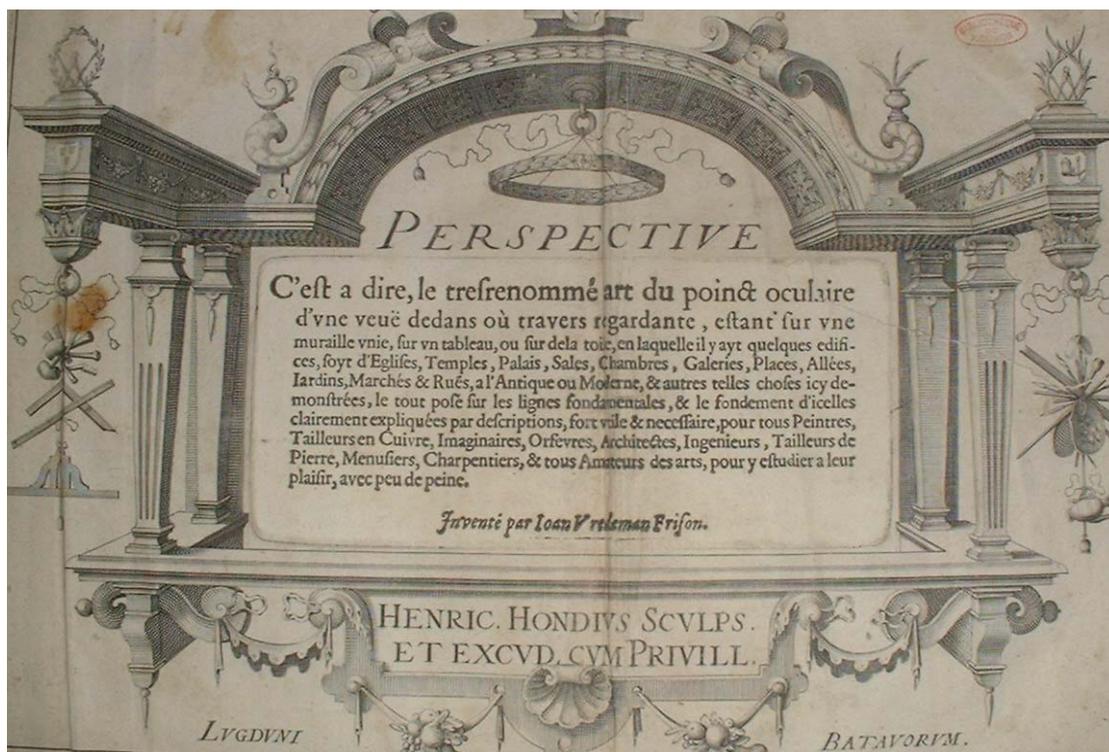


Illustration 5.14, frontispice du livre de Vredeman, dessin de H. Hondius, 19 x 29 cm.

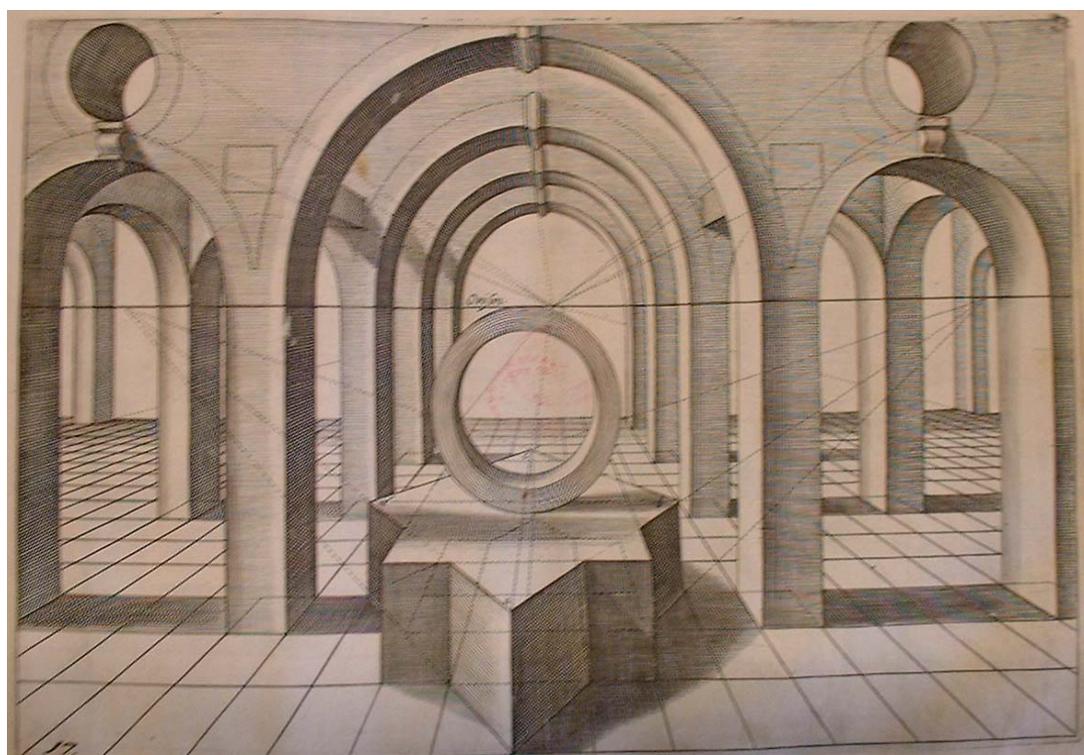


Illustration 5.15, planche 17, Vredeman, 19 x 29 cm.

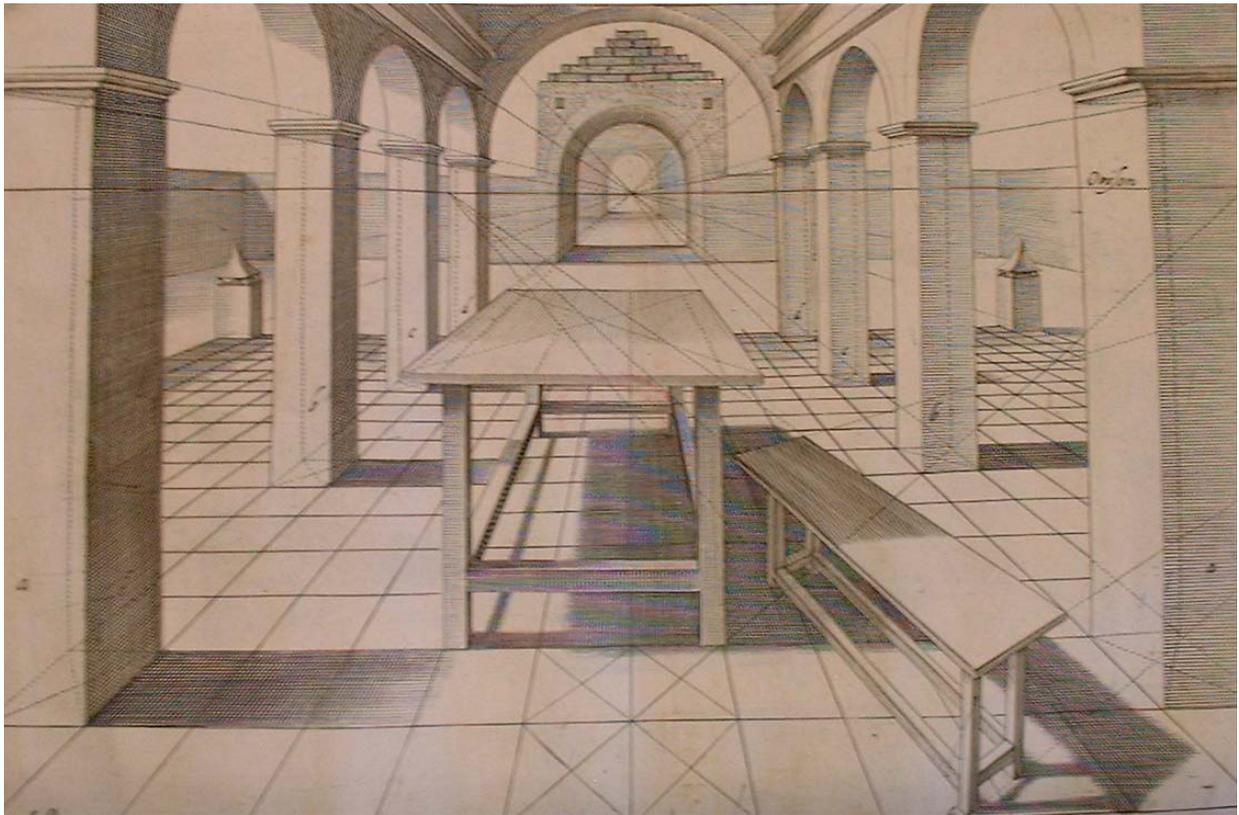


Illustration 5.16, planche 18, Vredeman, 19 x 29 cm.

L'érudit et savant français Samuel Marolois (1572-1627) à l'origine de la composition d'un livre traitant de la perspective, *Perspective contenant la théorie, pratique et instruction fondamentale d'icelle*¹⁰⁰, qui sera édité en 1628. Notre objet d'étude ne doit pas nous conduire à une analyse de l'ensemble des définitions dictées par Samuel Marolois à propos de la perspective, mais toutefois, nous présentons, ci-après, deux de ses planches, (*illustrations 5.18 et 5.19*). Dès l'introduction de l'ouvrage, l'auteur dit vouloir uniquement se centrer sur la *scénographie*. Une définition actuelle, polysémique, est formulée en ces termes: art de peindre les décors scéniques, art de représenter des objets en perspective.

¹⁰⁰ Marolois, Samuel, 1572-1627, *Perspective contenant la théorie, pratique et l'instruction fondamentale d'icelle*, 1628, Jean Janson Amsterdam, bibliothèque municipale de Rennes, cote: 17576.

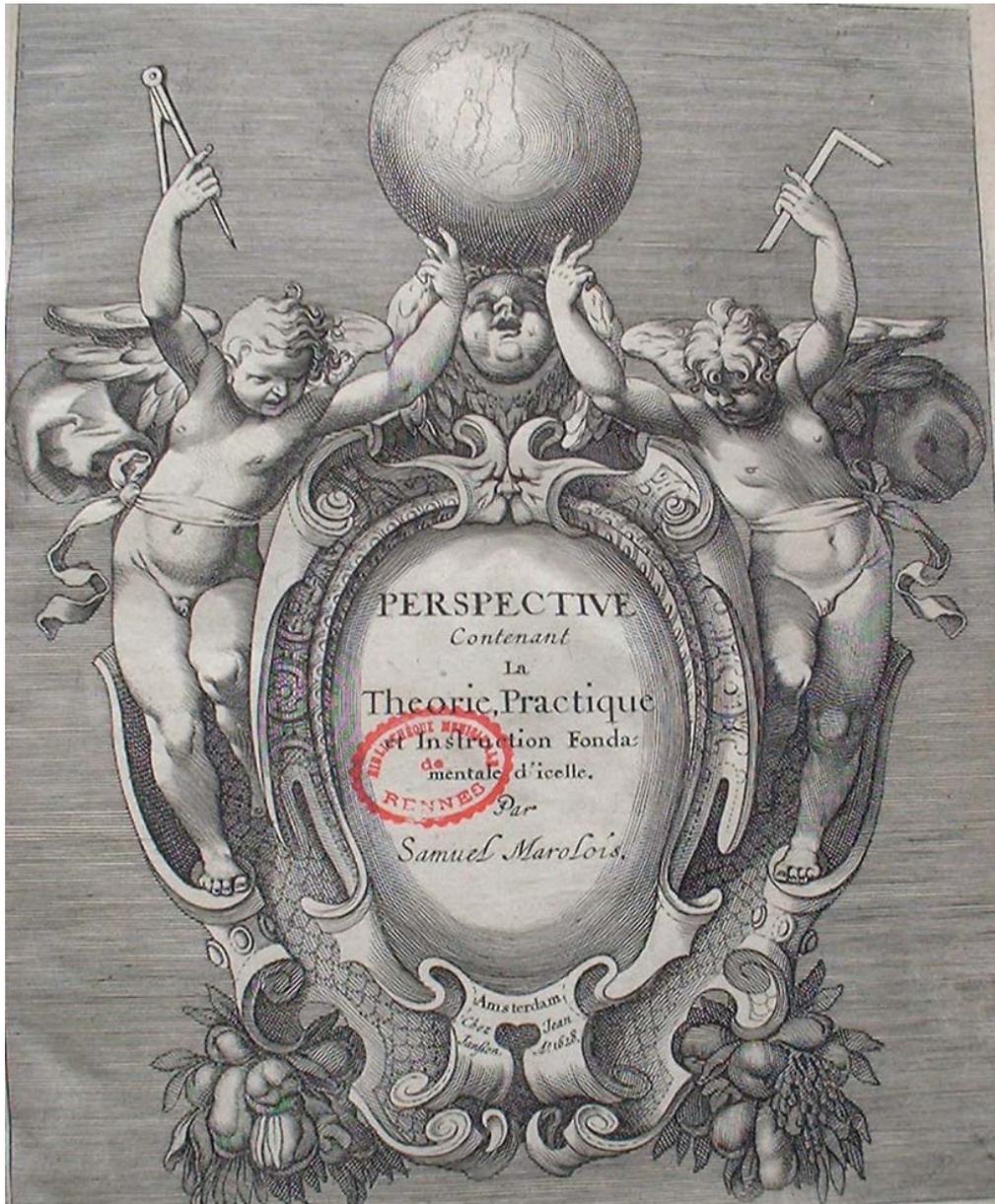


Illustration 5.17, frontispice, livre de Marolois, 1628, 18 x 23 cm.

La scénographie ou peinture, est la représentation de l'apparence de l'objet, en sa superficie plane, telle est la définition que donne Samuel Marolois en précisant bien qu'il limite l'objet de son livre à l'étude de la perspective qui met en scène des objets, cette perspective qui selon lui est:

Un art qui contemple tout objet par quelque chose perspicue, par où les rayons visuels pénètrent finissants en iceluy.

Nous nous situons au cœur de la *perspective centrale*, celle des peintres et des architectes. Nous donnons, à titre d'exemple le dessin perspectif de mobilier, (*illustration 5.18*), et celui des thermes de Rome,

(*illustration 5.19*), afin de montrer combien ces représentations sont construites.

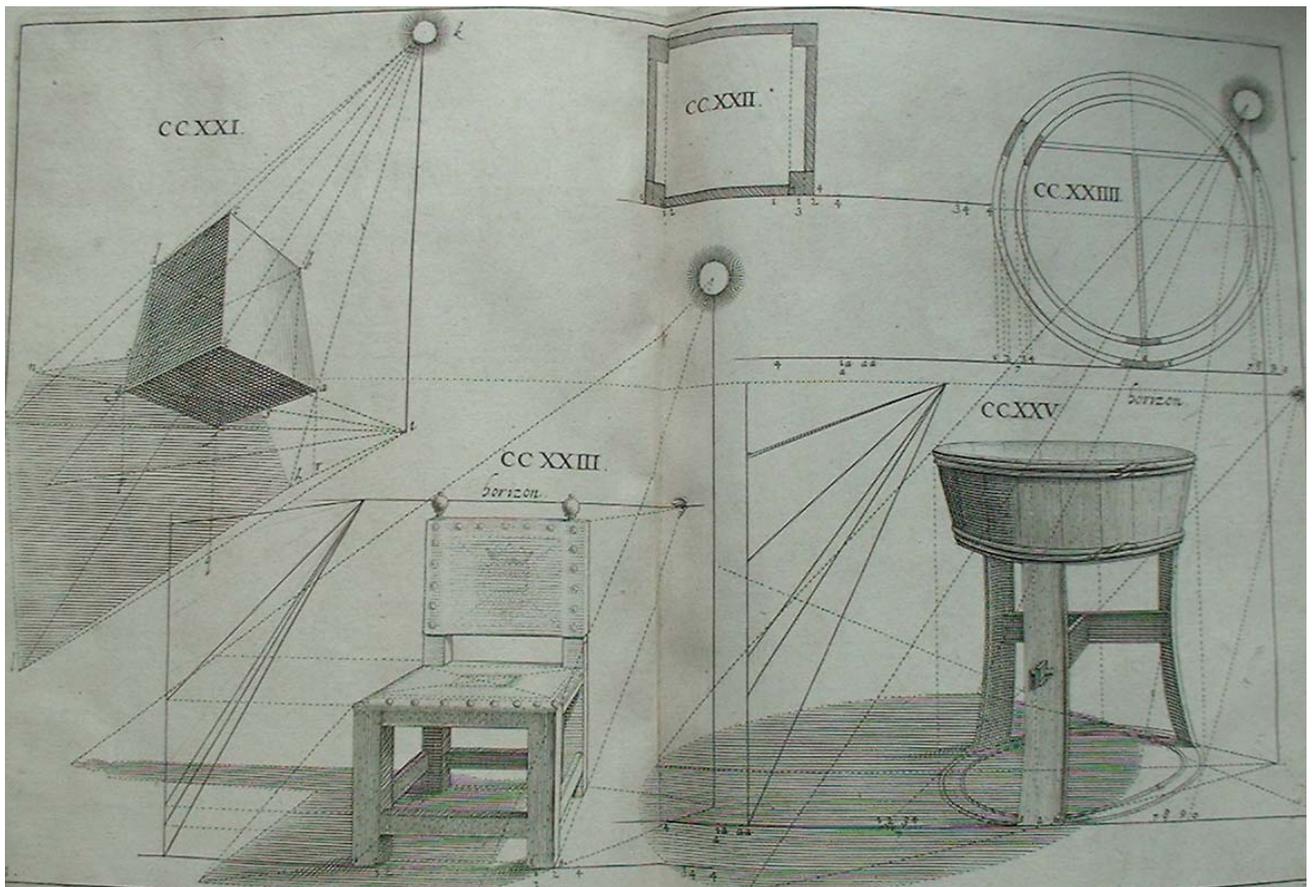


Illustration 5.18, Pl 76, perspectives et ombres, Marolois, 21 x 28 cm.

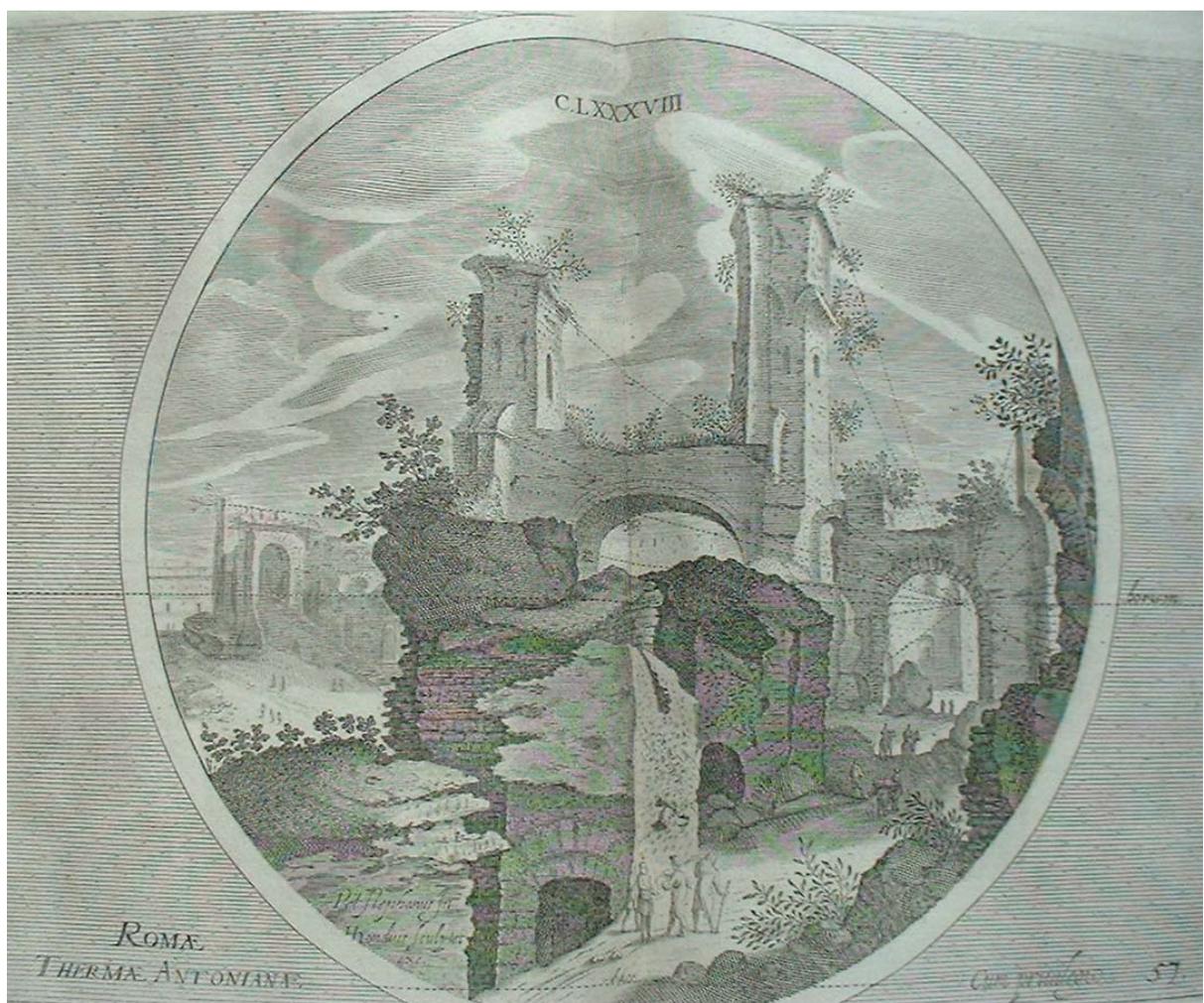


Illustration 5. 19, Pl 57, Vue perspective de thermes, à Rome, Marolois, 21 x 28 cm.

La trame extraite du livre de Vredeman et rapportée ci-dessous, *illustration 5.20*, est la traduction des tracés géométriques préalables utiles pour définir, situer et guider le tracé d'une vue en perspective d'un objet. Cette sorte de grille ou réseau perspectif facilite la tâche du dessinateur.

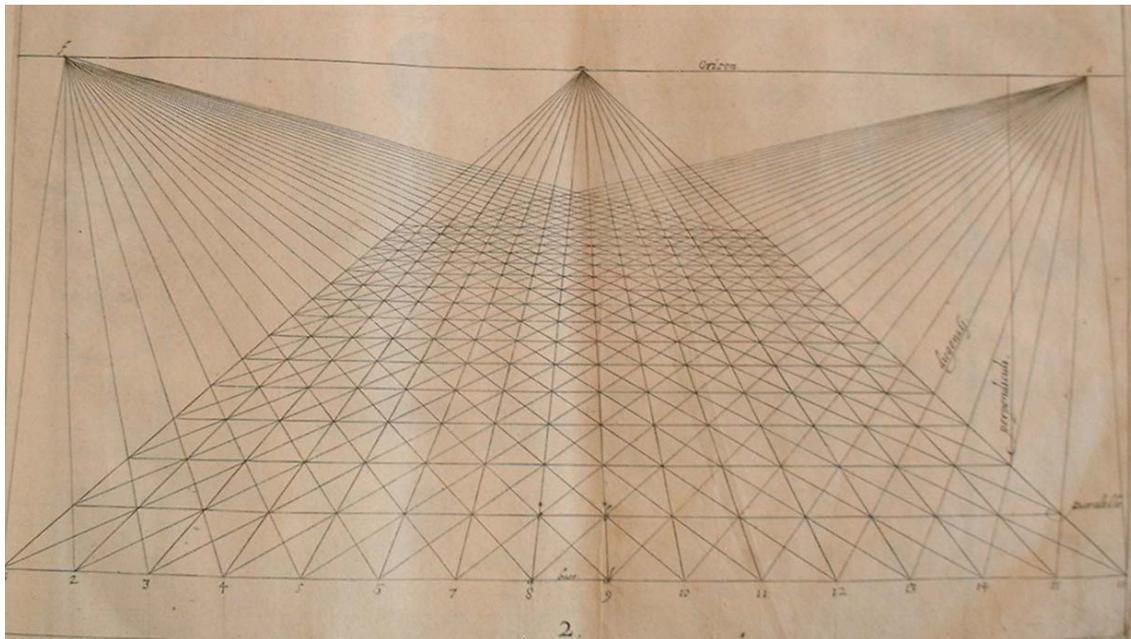


Illustration 5.20, planche 2, Vredeman, 18,5 x 30 cm.

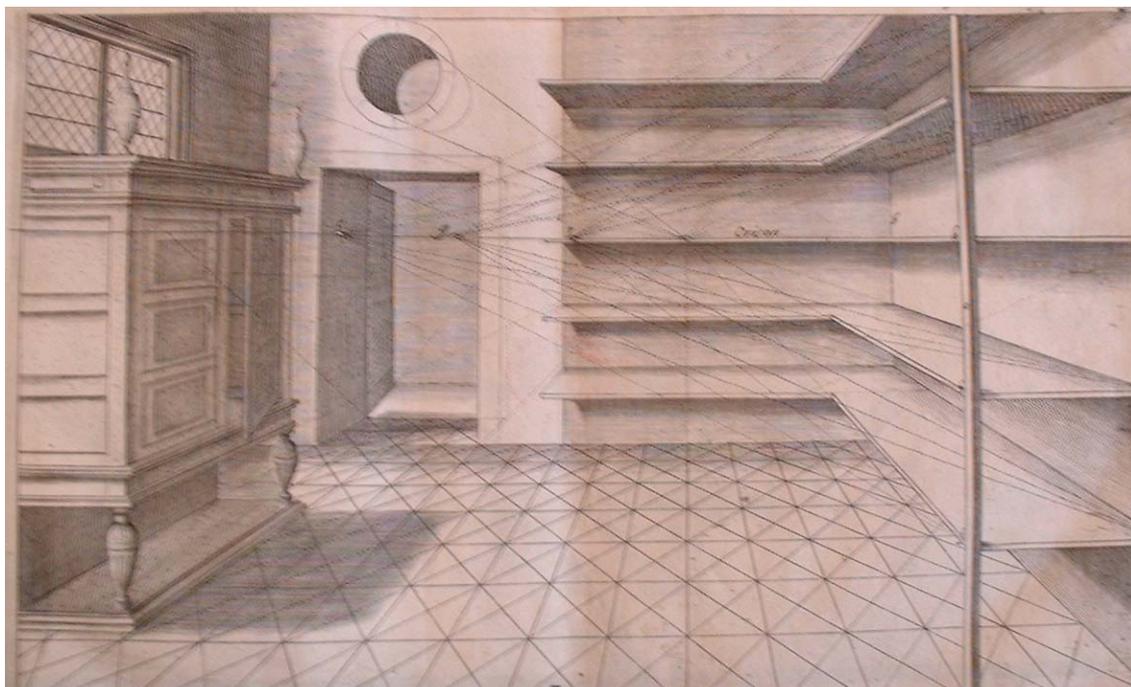


Illustration 5.21, planche 3, lieu de vie, Vredeman, 18,5 x 29 cm.

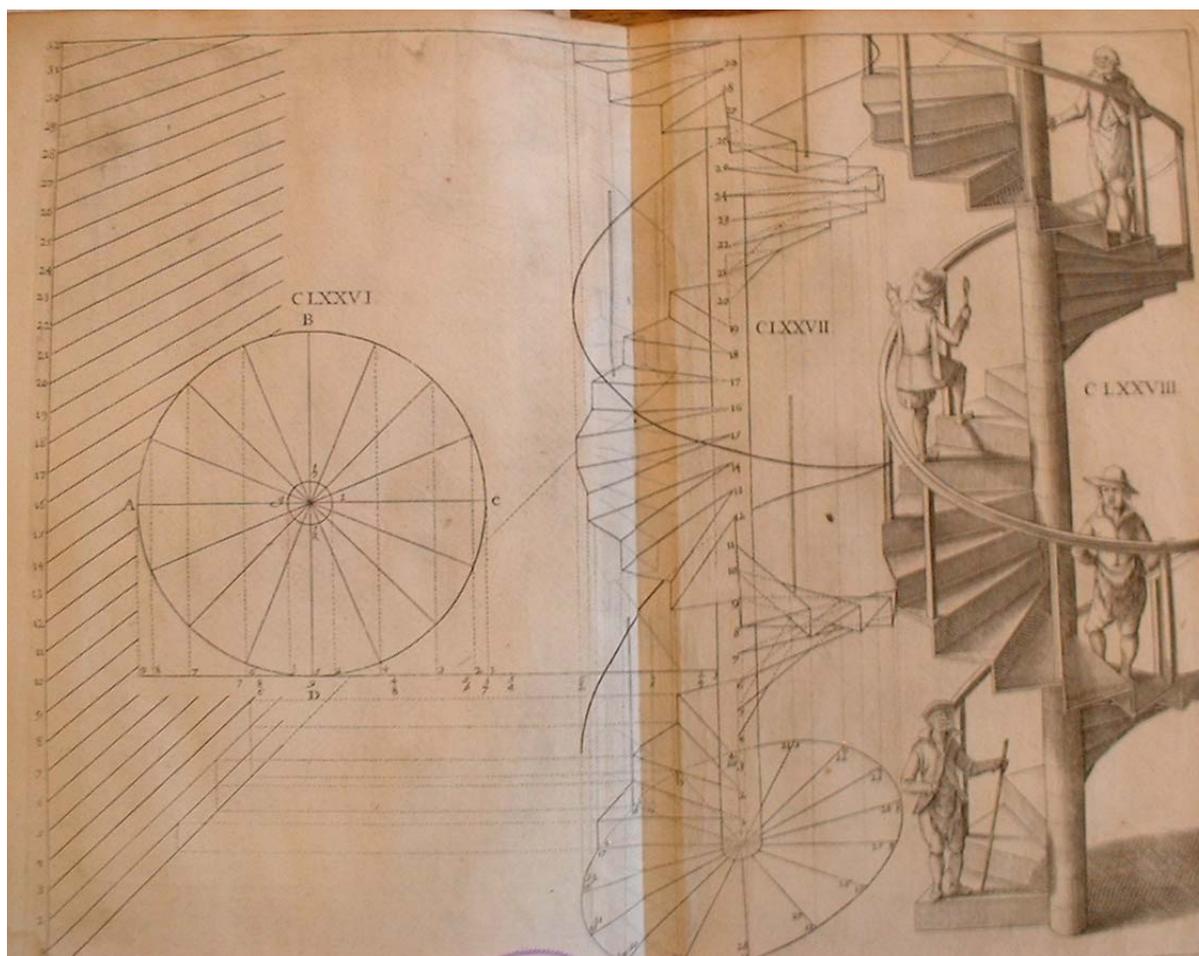


Illustration 5.22, Pl 49, description d'une montée en forme ronde, Marolois,
25 x 31 cm

Nous ajouterons à ce panorama quelques repères liés aux travaux, sur la perspective, du mathématicien français Jacques Ozanam (1640-1717); ses publications se situant au seuil de notre période d'étude.

Nous avons souhaité faire partager au lecteur l'analyse de planches qui, de notre point de vue et au-delà de leur qualité graphique, ont une valeur pédagogique. Jacques Ozanam fait éditer son cours de mathématiques en quatre volumes en 1693. Le premier traite d'une introduction aux mathématiques et aux éléments d'Euclide, le second de l'arithmétique, de la trigonométrie et des tables de sinus, le troisième de la géométrie et de la fortification militaire et enfin donc, ce quatrième tome qui présente *la mécanique et la perspective*. Le mathématicien Jacques Ozanam définit également le mot *perspective* dans son *Dictionnaire mathématique, ou idée générale des mathématiques*¹⁰¹:

¹⁰¹ Ozanam, Jacques, 1640.1717, mathématicien français, *Dictionnaire mathématique, ou idée générale des mathématiques*, 1691, Paris, Michallet libraire, Bibliothèque municipale de Rennes, cote:17173.

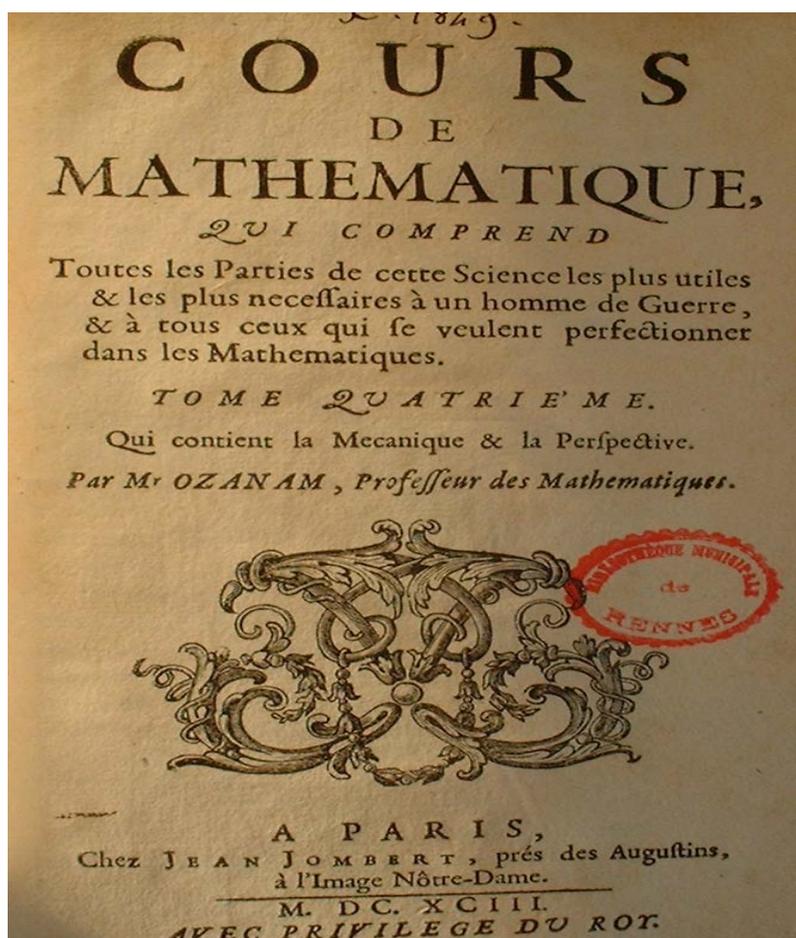


Illustration 5.23, 18,5 x 11,5 cm.

La perspective est l'art de représenter dans un tableau les objets, comme ils paraissent, en supposant le tableau transparent. On considère dans la perspective surtout l'œil, qui est placé au devant du tableau; l'objet qui est derrière le tableau, le plan du tableau, qui est entre l'œil et l'objet; le plan géométral, sur lequel s'appuie le tableau; le plan vertical, qui s'appuie sur le plan géométral; et un quatrième plan, que l'on nomme *plan horizontal*.

(Page 469, Dictionnaire mathématique, Ozanam).

Les pages du quatrième tome relatives à la perspective seront reprises par un groupe de libraires et paraîtront à Paris, à la librairie Jombert, en 1720: *La perspective théorique et pratique*¹⁰², (illustration 5.25). La préface de cet ouvrage tiré du cours de mathématique de Ozanam est signée par un syndic représentant le groupe de libraires et est introduite en ces termes:

La perspective est un art par lequel on imite la nature, en représentant tous les objets visibles comme ils paraissent à la vue, et qui enseigne à faire tenir dans un espace très

¹⁰²*La perspective théorique et pratique, où l'on enseigne la manière de mettre toutes sortes d'objets en perspective, et d'en représenter les ombres causées par le soleil ou par une petite lumière, (tirée du cours de mathématiques de M.Ozanam), Paris, librairie Jombert, 1720, Service historique de la marine à Brest, cote: R2800.*

petit des sujets fort étendus. Ceux qui voudraient la mépriser, pourraient dire qu'elle n'est pas d'une grande utilité, puisqu'elle ne sert qu'au plaisir de la vue; plaisir d'autant plus blâmable qu'il est toujours accompagné d'erreur, et qu'on ne trouve les ouvrages bien faits que lorsqu'ils nous trompent la vue. Peut-on appeler la perspective un art, diront-ils, puisqu'elle n'est fondée que sur l'erreur, et que la tromperie est sa matière aussi bien que sa fin? Enfin, à quoi est-elle bonne, si ce n'est à satisfaire une curiosité dangereuse, puisque les charlatans s'en servent pour abuser les crédules.

(Page 1, préface, la perspective théorique et pratique).

Les deux ouvrages que nous venons de mentionner, ainsi que le *Dictionnaire mathématique*, sont porteurs de définitions. Nous en rapportons quelques unes et leur lecture se fera en se référant aux indications portées sur la figure (*illustration 5.24*).

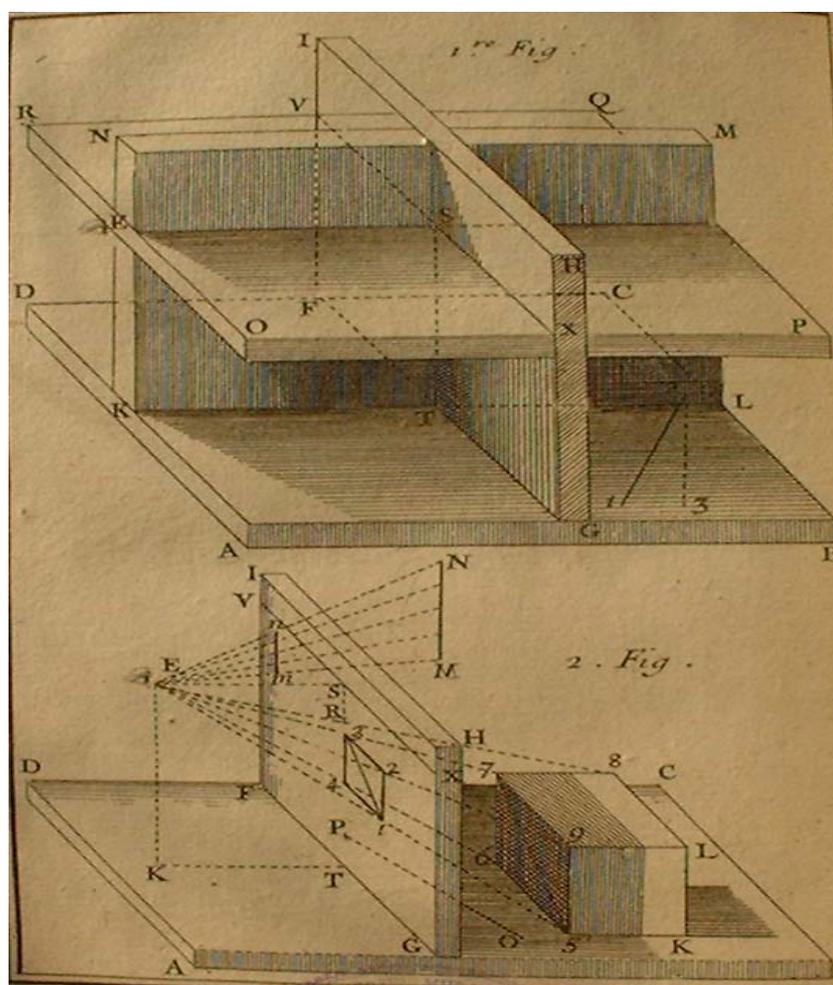


Illustration 5.24, planche 1, page 3, la perspective théorique et pratique, Ozanam, 14,5 x 9 cm.

Plan géométral: Plan parallèle à l'horizon, tel le plan ABCD, sur lequel on décrit l'assiette de l'objet que l'on veut représenter en perspective.

L'assiette d'un point d'un objet est un point du plan géométral où tombe une ligne perpendiculaire du point proposé. Le point 3 est l'assiette du point 2.

Tableau: FGHI perpendiculaire au plan géométral et supposé transparent, dit *plan perspectif* sur lequel les objets sont représentés en perspective.

Rayon principal: Droite issue de l'œil et perpendiculaire au plan du tableau.

Ligne fuyante: Ligne droite quelconque, qui est en effet quand elle est dans le plan géométral, ou en apparence quand elle est dans le tableau perpendiculaire à la ligne de terre. Elle tend au point de vue.

Point de vue: Point S, nommé aussi *point principal* ou *point de l'œil*.

Le plan ou l'ichnographie: d'un objet, qu'on appelle aussi l'assiette, est sa projection *orthographique* sur le plan géométral.

Front: Projection orthographique d'un objet sur un plan parallèle au tableau.

L'apparence ou la représentation d'un point d'un objet est le point d'intersection du tableau avec une droite *tirée de l'œil* au point de l'objet proposé. Le point m est l'apparence de M, l'apparence de la face 5,6,7,9 du cube est 1,4,3,2.

Perspective aérienne est la diminution des teintes, et des couleurs.

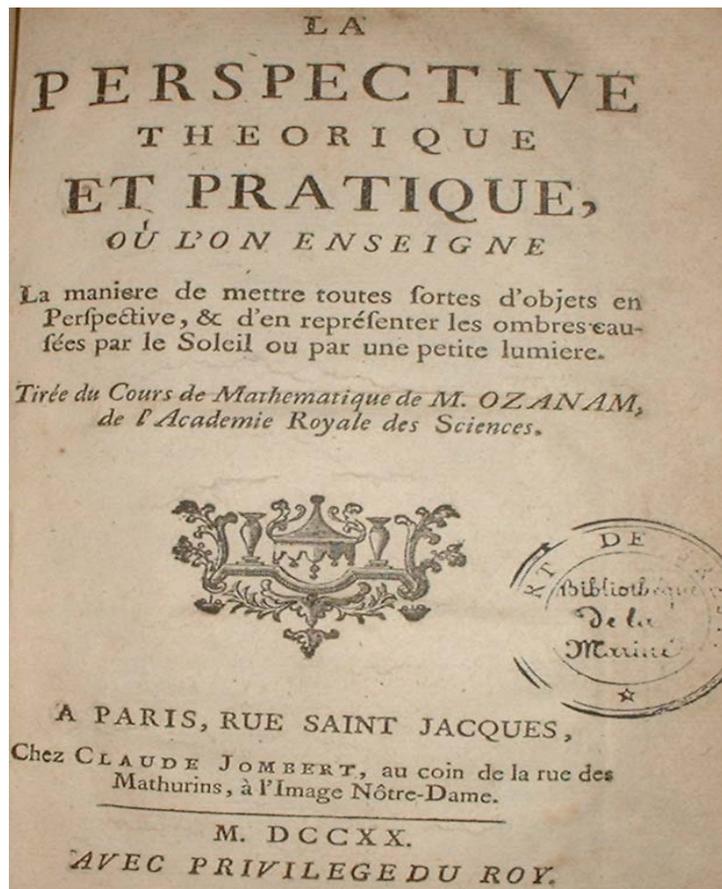


Illustration 5.25

Nous voici donc au cœur de la perspective d'observation, également nommée perspective conique, perspective polaire, perspective centrale, projection centrale, ou encore "perspective pyramidante", pyramide droite dont les dimensions de la base rectangulaire sont liées aux angles optiques considérés dans les plans horizontal et vertical de vision (ces angles optiques mesurant respectivement et approximativement 37° et 28°).

Dans ce dictionnaire deux autres définitions ont retenu notre attention: celle de la *perspective militaire* et celle de la *perspective linéaire*. La première est suffisamment développée afin qu'on en saisisse le sens mais la seconde est lapidaire et peut nécessiter quelques indications complémentaires.

La perspective militaire est une sorte de perspective, où l'œil est supposé infiniment éloigné du tableau. On se sert pour élever des plans des fortifications, ce qui semble suffire à ceux qui s'appliquent à l'architecture militaire: car quoiqu'il faille garder les règles ordinaires de la perspective, il semble que nous ne devons pas obliger ceux qui font profession de l'architecture militaire, à une si grande exactitude, ni leur proposer une perspective trop difficile, mais qu'il suffit de leur en donner une un peu plus cavalière, laquelle à cause de cela est appelée communément *Perspective Cavalière*, et qui ne laisse pas de faire un bon effet, et de représenter naïvement le dessein d'une fortification. (page 472 du dictionnaire de mathématiques de Ozanam).

Quand à la définition de la perspective linéaire donnée par Jacques Ozanam, il la formule ainsi :

Perspective linéaire, est la diminution des lignes, qui en représentent d'autres plus éloignées du tableau. (*page 473 du dictionnaire de mathématiques*).

Un tel contenu nous conduit à en compléter les termes par ceux extraits de définitions formulées par d'autres auteurs, et en particulier par les savants dont les ouvrages peuvent être classés dans la rubrique des *traités de perspective linéaire*. Ainsi, le professeur Jules de la Gournerie, dans *Discours sur l'art du trait et la géométrie descriptive*¹⁰³, discours qu'il prononce le 14 novembre 1854 lors de l'ouverture de son cours au Conservatoire impérial des arts et métiers, donne une définition de la perspective linéaire susceptible de nous éclairer:

La perspective linéaire est la partie géométrique du dessin. Son but est de déterminer sur un tableau une figure qui, abstraction faite de la coloration, présente l'apparence d'un objet donné. On y parvient en supposant que chaque point regardé se transporte sur son rayon visuel jusqu'au tableau. On obtient ainsi une projection conique ou polaire des lignes et des contours. (*page 16 du discours de de la Gournerie*).

Cette perspective apparaît comme composée d'une part d'une *perspective linéaire* centrée sur la définition des formes des objets (ou des sujets) et d'une *perspective aérienne* que teintes et couleurs concernent. Sous-jacent à cette dernière composante se situe le tracé des ombres, sujet que nous développerons.

Ces précisions étant apportées, Jacques Ozanam propose dans son *Traité de perspective* une série d'exercices pour faire de son ouvrage un véritable guide pratique. Afin de mettre en évidence l'esprit qui l'anime, nous retiendrons, à titre d'exemples, deux des exercices qui figurent dans cette dernière partie du quatrième tome de son cours : comment mener la représentation en perspective d'un prisme droit à base hexagonale reposant sur sa base (*illustration 5. 26*), et celle du même prisme disposé sur le plan géométral suivant l'une de ses arêtes (*illustration 5. 27*) .

Ozanam formule ainsi le premier exercice: *D'un point donné dans le tableau élever une ligne perpendiculaire à la ligne de terre d'une grandeur donnée en représentation.*(*illustration 5.26*). La grandeur

¹⁰³Gournerie de la, Jules-Antoine-René-Maillard, 1814-1883, ingénieur des ponts et chaussées, professeur de géométrie descriptive à l'école polytechnique et au conservatoire des arts et métiers, *Discours sur le trait et la géométrie*, 1854, Paris librairie Mallet-Bachelier, bibliothèque du CNAM de Paris, cote:Pa 52.

réelle est repérée par le segment BE sur la *ligne de terre*. D'un point de fuite H, *pris à discrétion* sur une parallèle DV à la ligne de terre, on trace les droites HE et HB qui *serviront d'échelle fuyante dont l'usage sera tel* (comme le dit Désargues, rappelle Ozanam). Des tracés de droites parallèles issues des points tels que F conduisent à la détermination des segments tels que NO, *compris dans l'échelle fuyante*. Les segments NO représentent la dimension réelle *BE perspective*. Il suffit alors de les reporter sur les lignes verticales construites aux points F. Il propose un second tracé à partir de *l'élévation BC*. Les segments MO sont reportés en FG. La figure 39 est la traduction en perspective d'un prisme droit à base hexagonale reposant sur *le plan géométral*. Le tracé de la perspective de ce solide est mené selon la procédure dictée par Ozanam. Nous retrouvons le même processus que celui décrit ci-dessus pour déterminer les dimensions des arêtes. Nous observons que les faces du solide, parallèle au plan du tableau, ne sont pas déformées et conservent leurs dimensions, leurs cotes.

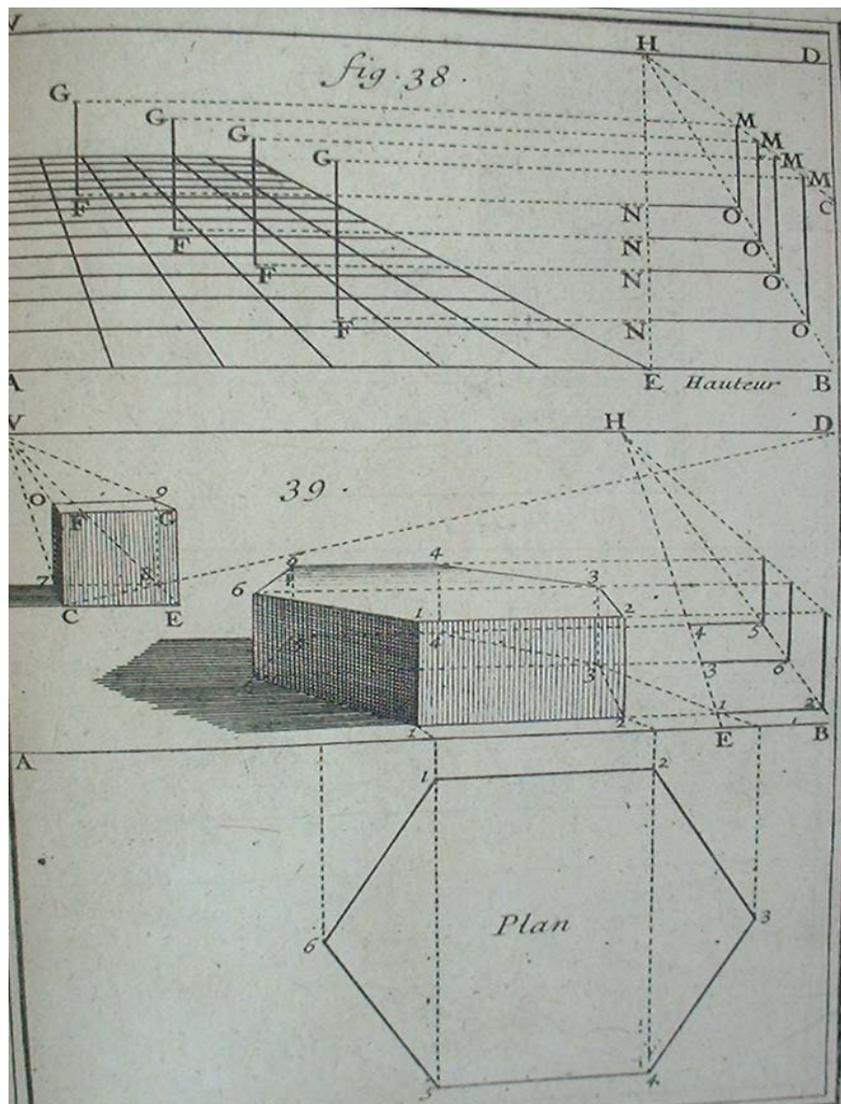


Illustration 5.26, pl 20, page 63, Ozanam, 14,5 x 9 cm.

Sur la planche 29 (illustration 5.27), les deux prismes percés à jour reposent sur un plancher de carrés, dont les cotés sont chacun d'un pied perspectif, que Désargues nomme *pied fuyant*.

L'une des fins de la perspective ne serait-elle pas de satisfaire le regard de l'homme en lui offrant le spectacle de l'univers *en quelque temps et en quelque lieu qu'on le voye*, une admirable perspective que Dieu a faite pour divertir les yeux et pour représenter une partie de sa grandeur par la belle disposition des choses visibles? Au travers de cette affirmation nous retiendrons, dans le cadre de notre étude, cette perspective d'observation des peintres et des architectes, cet outil graphique des beaux arts. Toutefois, nous faisons observer que l'exécution d'un dessin perspectif ne laisse pas à l'artiste une totale liberté.

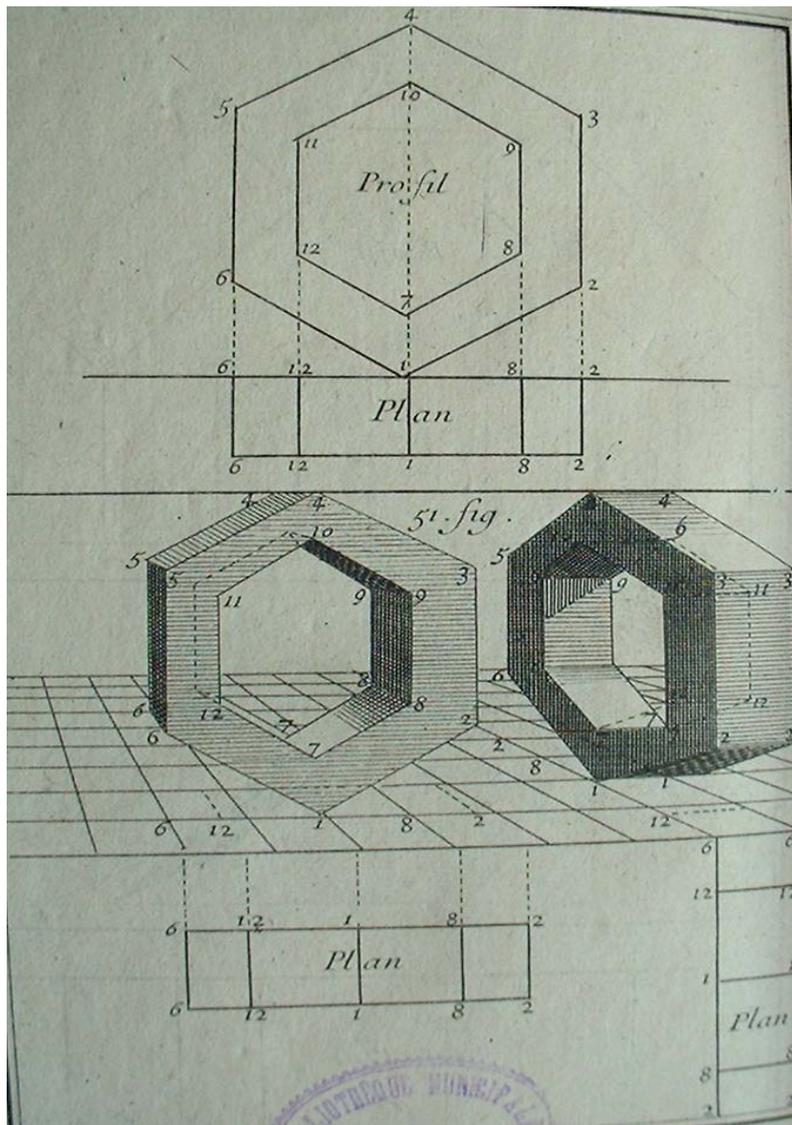


Illustration 5.27, pl 29, page 72, Ozanam, 14,5 x 9 cm.

Ce trait qui imite la réalité répond à des règles établies qui prennent en compte le point de vue, l'angle d'observation, les mesures, les proportions. Jacques Ozanam énonce les principes et les règles de la perspective tirés de la géométrie et de l'optique afin, dit-il, d'enseigner aux peintres la perfection de leur art. Il ne réserve pas sa contribution à ces seuls artistes mais il s'adresse également aux architectes, ingénieurs, orfèvres, menuisiers, etc, enfin il souhaite apporter sa contribution à la formation de tous *ceux qui se mêlent de dessein et de peinture*. Nous ferons observer, au cours des pages consacrées à la formation, que cette perspective prend les caractères d'une discipline savante qui complète des formations académiques du domaine des sciences et des techniques.

En prolongement de ce qui vient d'être dit, nous sommes inévitablement conduits à nous interroger encore, quant à l'existence, ou non, d'une frontière entre la perspective des artistes-peintres, et la perspective, outil graphique des *arts industriels*. Nous rangeons sous la rubrique des arts industriels les activités de production d'objets ou de systèmes techniques de l'architecture civile, de l'architecture navale, de la mécanique. Une telle partition mériterait, sans nul doute, quelques développements car nous observerons que la *perspective linéaire* et la *perspective d'observation* se conjuguent et se complètent dans bien des cas d'échanges entre concepteurs et constructeurs.

5.5: La construction des ombres, meilleure compréhension des formes ou simple effet esthétique.

Jusqu'ici, nous avons peu dit sur les ombres pourtant représentées sur bon nombre des planches ou extraits de planches qui illustrent notre propos. Certes, nous les avons bien repérées, mais nous souhaitons leur consacrer un développement particulier et suffisamment significatif, compte tenu de l'importance accordée par les auteurs à cet outil graphique. Par ailleurs nous avons observé que plusieurs scientifiques, rédacteurs de traités de géométrie, réservent souvent une place à un discours sur les ombres, à l'instar du professeur de mathématiques Jacques Ozanam qui, après avoir exposé les techniques de tracés de perspectives, dit au sujet des ombres:

Les ombres sont toute la beauté d'une perspective, parce qu'elles distinguent les parties d'un corps, qui sont opposées à la lumière, d'avec celles qui sont éclairées, ou qui regardent la lumière, et servent en cette façon à relever l'éclat de ces parties éclairées, qui peuvent l'être ou du soleil, dont les rayons sont considérés comme parallèles entre eux, parce qu'ils partent d'un point extrêmement éloigné du tableau, ou d'une petite lumière, comme un flambeau, dont les rayons ne peuvent être parallèles entre eux, parce qu'ils partent d'un point médiocrement éloigné du tableau.

(*Extrait, page 76, Cours de mathématiques, tome IV, Ozanam*).

Selon Ozanam, la détermination des ombres des corps, sur quelque plan que ce soit, s'effectue en construisant les ombres des lignes qui les limitent, *qui les bornent*. Ozanam consacre pas moins de trente pages pour énoncer ses règles relatives au tracé des ombres. Quant à nous, nous retiendrons la première figure (*illustration 5.28*), figure sur laquelle il prend appui pour développer ses idées. Il considère le soleil en S et que l'un de ses rayons passe par l'œil G et rencontre le tableau au point T, *lieu du soleil dans le tableau*. La dictée d'une série de constructions le conduisent au point I, *point d'inclinaison des rayons du*

soleil, et au point M, point de déclinaison des rayons du soleil. L'ombre du rayon principal VG est VT.

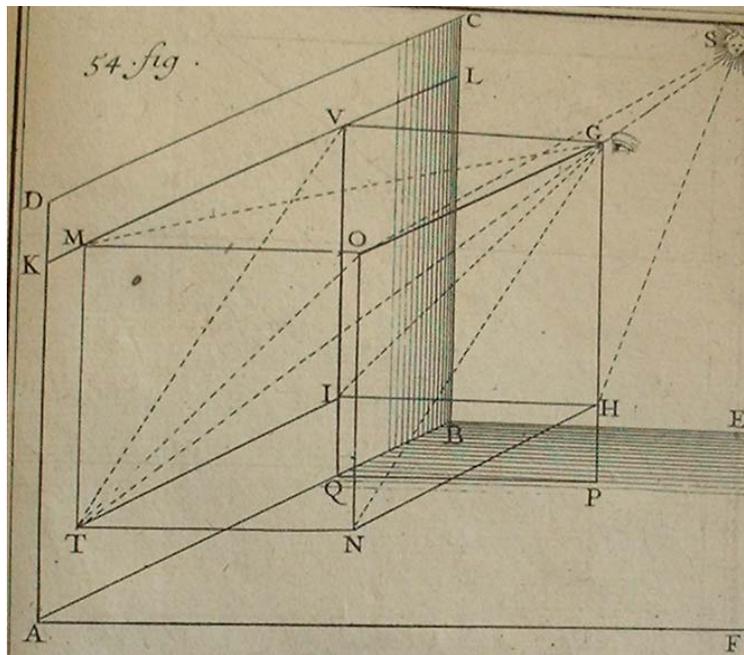
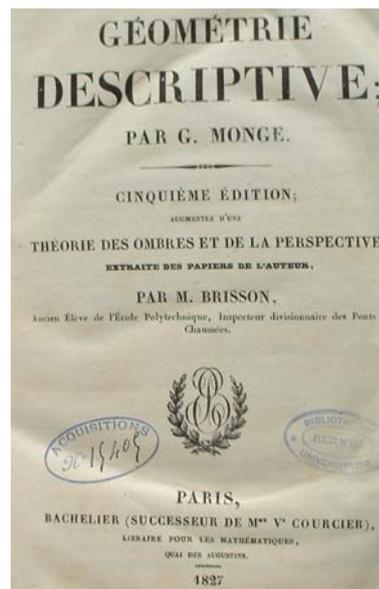


Illustration 5.28, extrait, ombres pl 32, Ozanam.

Dans le prolongement des principes généraux de géométrie descriptive qu'il expose dans son livre: *Géométrie descriptive, augmentée d'une théorie des ombres et de la perspective*, Gaspard Monge estime devoir faire connaître d'autres applications, et en particulier celle relative à la *détermination des ombres dans les dessins*.



Monge se veut pragmatique et conseille l'appropriation de la théorie des ombres après s'être confronté à la coupe des pierres et de la charpente.

Selon lui, *la théorie des ombres* est à regarder comme complément de la géométrie descriptive.

La correction rigoureuse des épures que comporte ce genre de recherches accoutume l'esprit et la main à plus de précision; les problèmes qui se présentent sont si variés en général et offrent plus d'exercice à la sagacité.

(Extrait, page 157, *Géométrie descriptive, théorie des ombres et de la perspective*, Monge, Brisson).

Monge voit dans la détermination des ombres *un auxiliaire avantageux* pour comprendre les formes des objets nécessairement représentés suivant deux projections afin d'en déterminer les trois dimensions. La lecture du dessin se réalise selon un constant aller-retour entre la projection frontale et la projection horizontale. Cette obligation de comparaison de deux projections conduit, aux yeux de Monge, à une certaine fatigue qui peut être moindre si l'on a pris soin de représenter les ombres.

Si l'on a la projection horizontale et la projection verticale, l'une et l'autre avec les ombres construites, ces deux projections seront plus aisées à lire, et montreront plus facilement l'objet que si l'on avait que les projections nues et sans les ombres.

(Extrait, page 159, *Géométrie descriptive, théorie des ombres et de la perspective*, Monge, Brisson).

Monge consacre une vingtaine de pages à la description graphique des ombres créées par la lumière qui *se répand en ligne droite, les milieux traversés étant supposés uniformes*. Son développement porte sur deux types de sources lumineuses : l'une ponctuelle et située à une distance finie, l'autre, telle celle du soleil, source située à l'infini. Flocon fait la même distinction et dit prendre en compte, d'une part la lumière solaire, de source située à l'infini dont les rayons sont parallèles, et d'autre part celle *au flambeau*, de source punctiforme à distance finie et dont les rayons sont divergents.

Afin de fixer les idées, Monge propose un tout premier exposé de sa théorie en supposant que le solide considéré est soumis aux rayons d'une source lumineuse située à une distance infinie. Ce solide, généralement opaque, prive de lumière une partie de l'espace, il est dit *porteur d'ombre*. Dans la situation représentée ci-dessous (*illustration 5.29*), le parallélépipède ABCDabcd est soumis aux rayons parallèles de direction LI et provoque une ombre sur le plan MN. Les six arêtes qui limitent les parties éclairées de celles qui ne le sont pas forment, par leur propre ombre, les frontières de *l'ombre portée* du solide. La construction des ombres revient au tracé d'intersections de surfaces: les plans contenant les rayons lumineux et le plans ou les surfaces particulières qui reçoivent l'ombre.

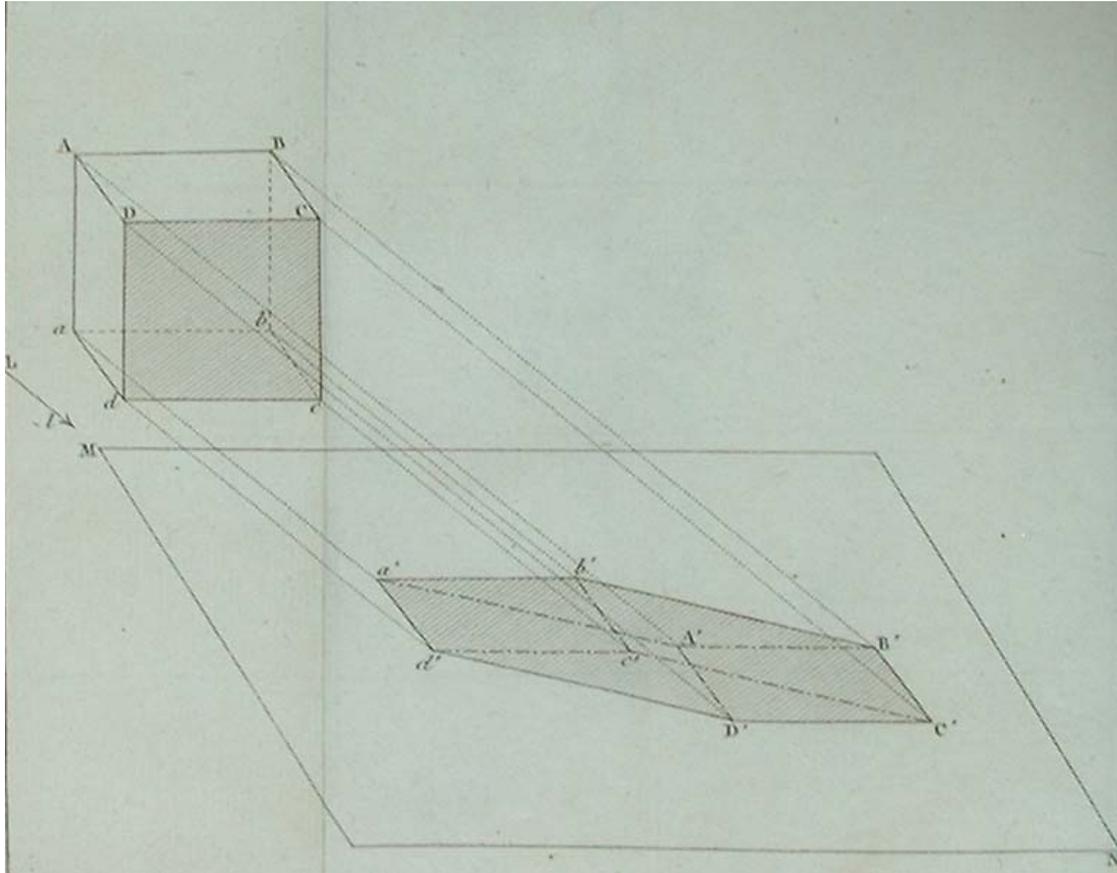


Illustration 5.29, *Théorie des ombres*, Monge, 19.13,5 cm.

Ainsi que le dit Monge à la page 143 du livre auquel Brisson a collaboré: *on voit que ces recherches ne sont que de simples applications des méthodes de la géométrie descriptive*. Le cas des sources lumineuses situées à l'infini représente le cas le plus usuel, mais les auteurs développent aussi celui des sources lumineuses ponctuelles situées à une distance finie des objets opaques. Sans rapporter l'ensemble de leurs propos relatifs à cette question, nous retiendrons l'exemple présenté à la page 155, exemple où il est question d'une source lumineuse ponctuelle sphérique L, d'un corps opaque sphérique O et d'une surface plane SS sur laquelle *l'ombre doit être portée*, ce plan étant perpendiculaire à la ligne des centres LO, (*illustration 5. 30*).

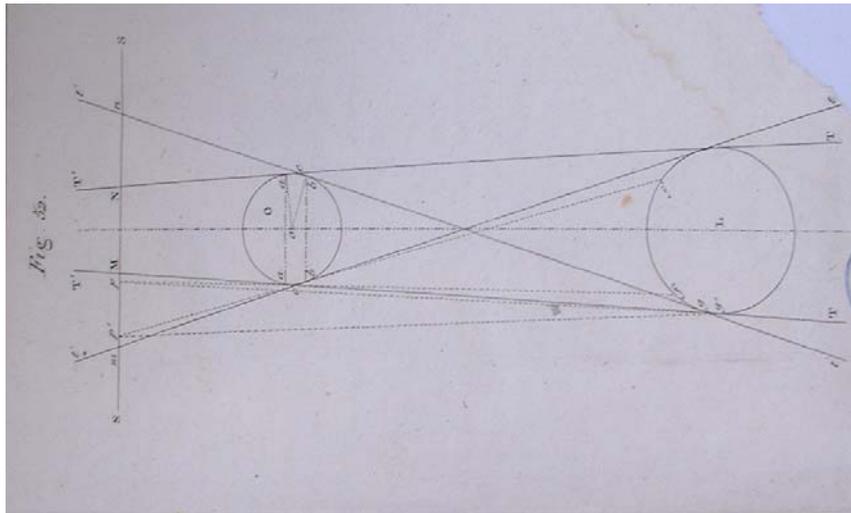


Illustration 5.30, *Théorie des ombres*, 19x13,5 cm.

Par cet exemple Monge fait une distinction entre *l'ombre totale* d'un noir absolu créée par le corps opaque, *la pénombre*, zone où l'ombre et la clarté sont incomplètes et enfin la *clarté totale* absolue. Monge délimite ces parties en considérant les rayons lumineux tangents au solide et qui déterminent les surfaces coniques $T' T'$ et $t' t'$. Il fait observer que le tracé géométrique des zones de pénombre n'est pas essentiel pour la lecture des dessins, il suffit d'apprécier leur étendue d'une manière approximative. Dès l'instant où les zones d'ombre totale sont définies géométriquement, il y a lieu alors de faire le choix des teintes et de leur intensité.

Il nous reste à traiter de l'intensité des teintes qu'il faut donner aux différentes parties sur des surfaces ombrées, pour qu'elles nous offrent, dans les dessins, toutes les apparences d'ombre et de lumière que les objets imités nous présentent dans la nature.

(*Extrait*, page 159, *théorie des ombres*, Monge et Brisson).

C'est au dessinateur, et à lui seul, de faire le choix du coloriage afin que son dessin soit en mesure *de porter la sensation du spectacle sur lequel il attache sa vue*.

Le professeur Leblanc qui enseigne l'art du dessin de machines au conservatoire royal des arts et métiers, consacre également une vingtaine de pages de son livre, *choix de modèles appliqués à l'enseignement du dessin de machines*, à l'étude des ombres. Les bases de son développement sont de même nature que celles retenues par Monge avec toutefois une nuance liée à la prise en compte des *ombres portées*. Il est question des ombres créées par une partie d'un corps sur la surface du corps lui-même ou sur la surface d'un corps voisin, (par exemple, un bossage sur une pièce moulée peut engendrer une ombre

sur une surface de la dite pièce; un axe peut créer une zone ombrée sur une roue voisine).

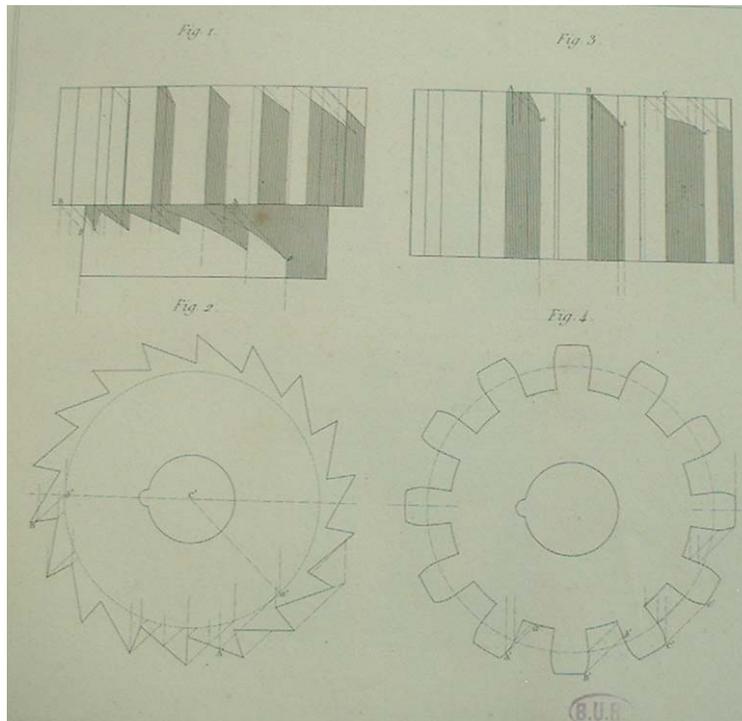


Illustration 5.31, ombres portées, Leblanc.

La première figure, *illustration 5.31*, montre une roue à rochets à cannelures de section triangulaire qui portent ombre les unes sur les autres, et en même temps sur un alésage de moindre diamètre. La seconde figure correspond au dessin d'un pignon à denture droite dont les dents projettent leur ombre sur elles-mêmes ou sur les creux de denture.

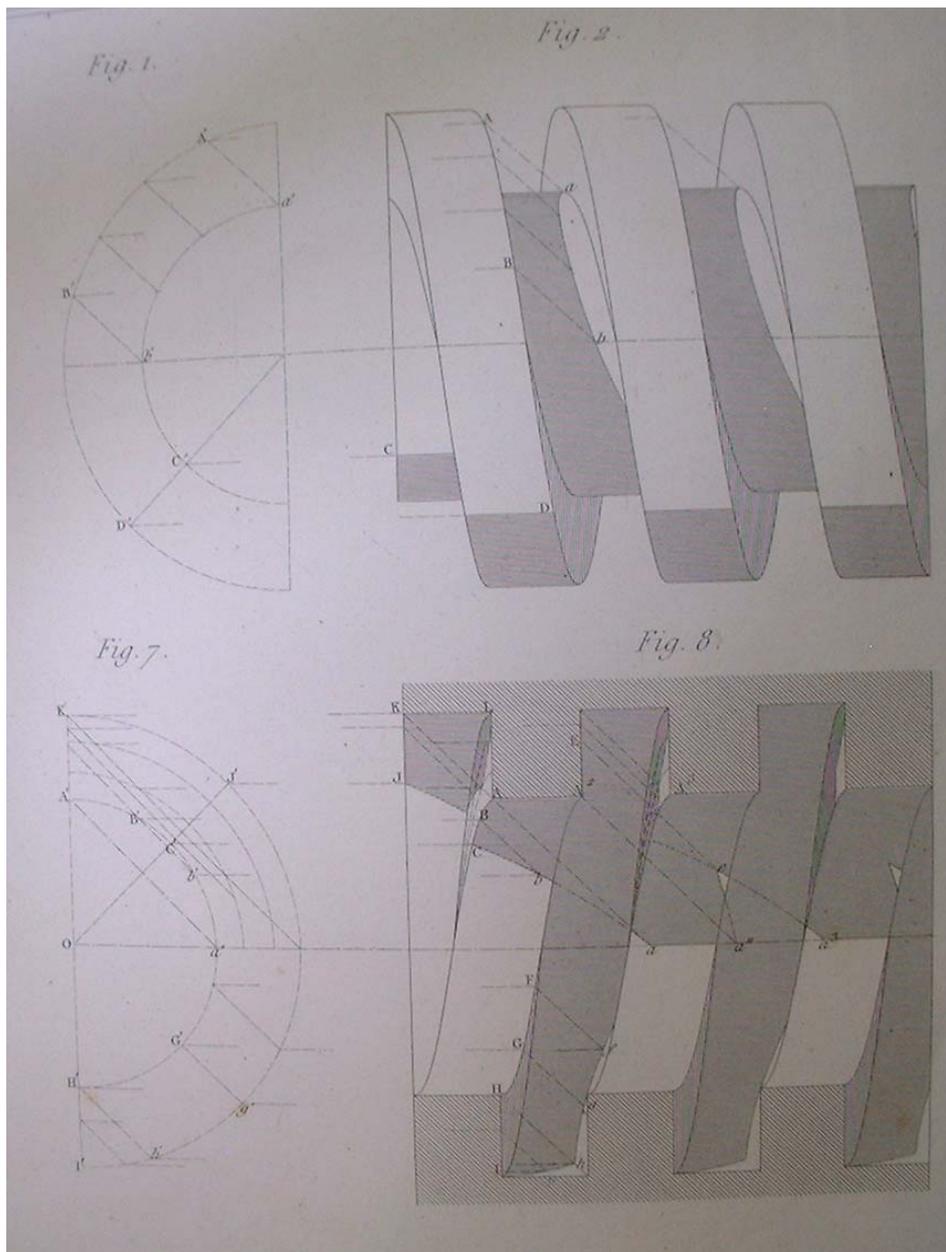


Illustration 5.32, ombres portées, vis et écrou à filet carré, Leblanc, 40x22 cm.

Les figures 1 et 2 de l'illustration ci-dessus sont les projections orthogonales d'une vis à filet carré. L'ombre sur le noyau n'est autre que celle portée par l'hélice externe ABD. Elle se construit de la même manière que l'ombre d'un cylindre qui reçoit un cylindre de diamètre moindre. Les figures 7 et 8 représentent l'écrou de même profil de filet.

Nous observons que les ombres sont tracées sur les projections orthogonales elles-mêmes. Ainsi, c'est le cas de la poulie définie ci-dessous par sa vue de face extérieure et par sa vue de dessus en coupe.

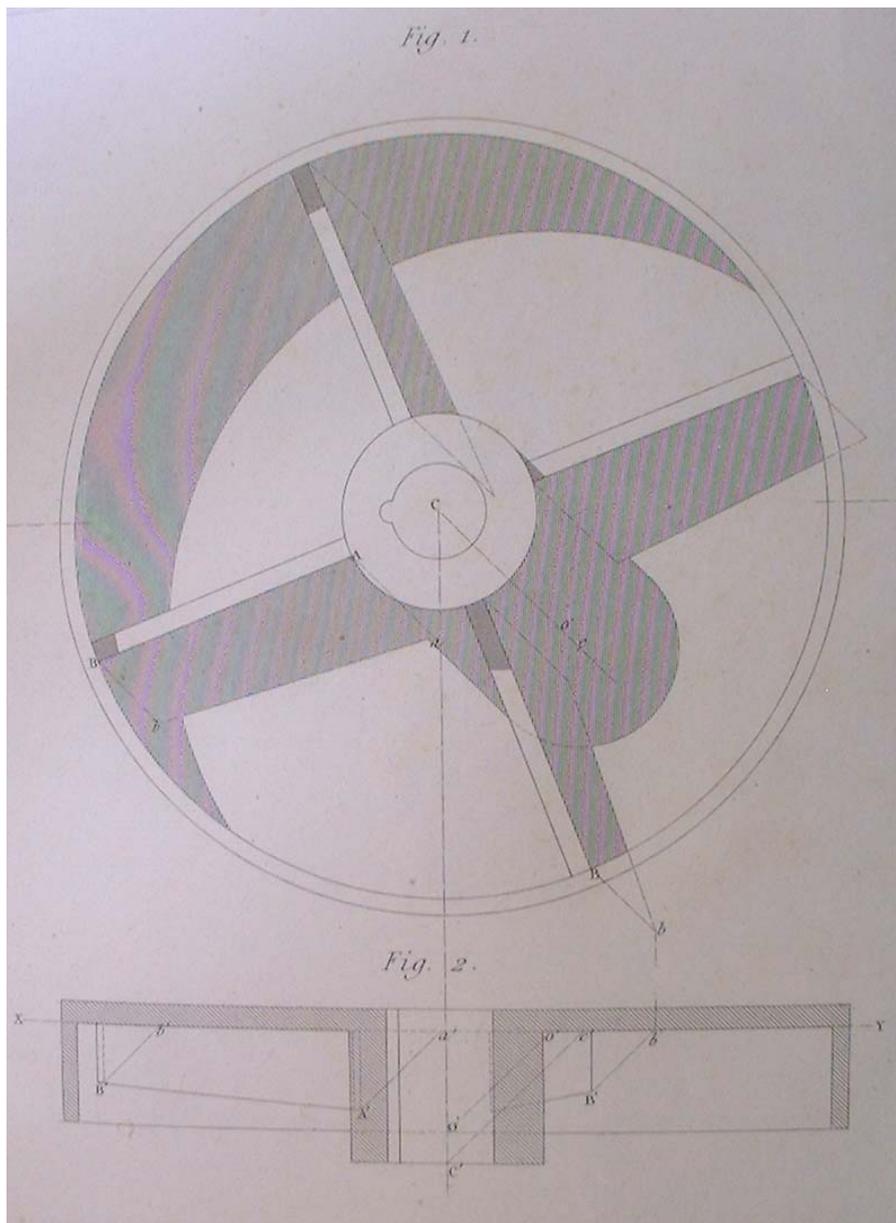


Illustration 5.33, ombres portées, roue, Leblanc.

Afin de donner l'illusion des formes de révolution projetées selon une seule vue, Leblanc regroupe sur une même planche la projection de cylindres, de cônes, de sphères et de surfaces hélicoïdales, en faisant figurer les ombres. Les caractéristiques des sources lumineuses ne sont pas précisées, mais en introduction du chapitre dédié au tracé des ombres, il dit ceci:

Si le corps lumineux se trouve à une très grande distance des objets éclairés, comme par exemple le soleil relativement à la terre, les rayons lumineux ne divergent pas sensiblement entre eux, et peuvent être considérés comme exactement parallèles dans une assez grande étendue. C'est le cas qui se présente dans le dessin géométral, où l'on considère toujours les corps comme éclairés par la lumière solaire.

(Extrait, page 135, choix des modèles, tracé des ombres, Leblanc).

Cette représentation de solides de révolution traduit parfaitement les formes. De plus il n'y a pas surabondance de vues. Cependant aujourd'hui nous ne faisons pas figurer les ombres mais nous ajoutons sur la vue unique le symbole Φ suivi de la dimension, cote tolérancée ou non.

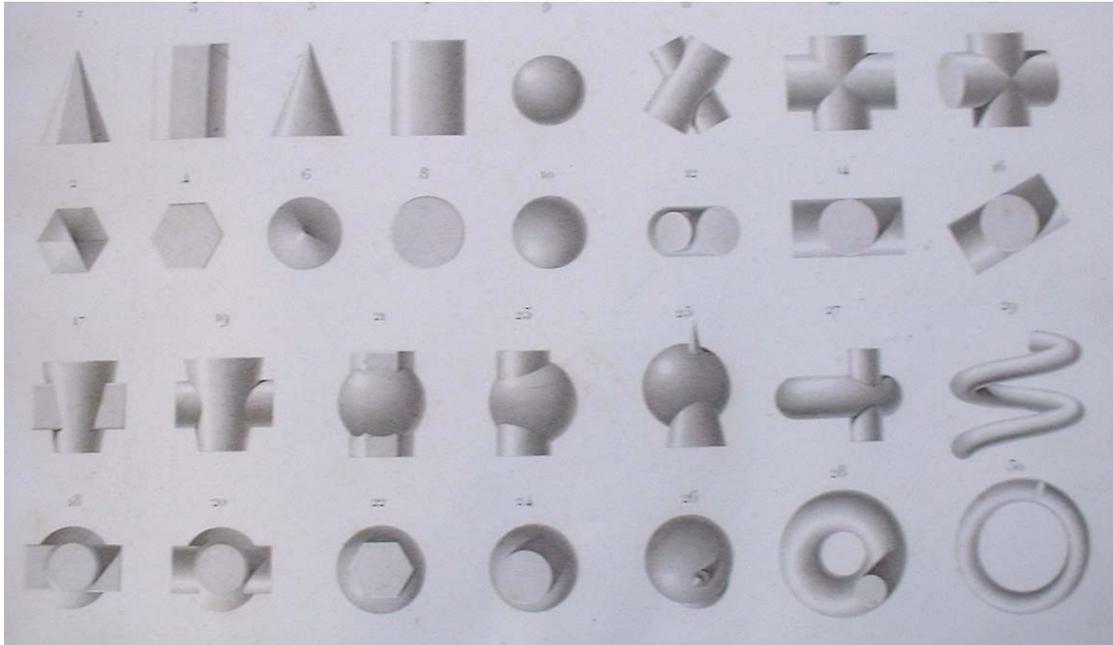


Illustration 5.34, solides ombrés, Leblanc, 40 x 22 cm.

En prolongement du tracé géométrique des ombres, Leblanc consacre quelques pages aux *dessins à l'effet*. Il s'agit de dessins sur lesquels les ombres sont de différents degrés de teintes afin de *faire connaître les formes des surfaces qu'on a représentées*. Le dessinateur fait une distinction entre les *ombres propres* et les *ombres portées*, et par des nuances de teintes, il va s'efforcer de donner au lecteur cette illusion du relief. Pour rendre cet effet, il a recours à la technique du *lavis* qui peut, selon Leblanc, remplacer jusqu'à un certain point le relief des pièces qui constituent une machine. Nous retenons deux planches qui font état de deux techniques de représentation: la première avec simple tracé des ombres et la seconde sous forme de lavis. Chacun pourra apprécier les effets obtenus dans ces deux cas, d'autant qu'il s'agit de la représentation graphique, selon une seule et même vue, d'un même système technique industriel, *une machine soufflante*. Cette machine soufflante à double effet, mise en mouvement par une machine à vapeur était utilisée, selon Leblanc, *dans l'alimentation des hauts-fourneaux de la Voulte, dans l'Ardèche*. Avant de s'engager dans le tracé d'un dessin d'ensemble avec ombres portées ou d'un dessin lavé, le dessinateur doit connaître les principes de mécanique retenus dans la conception du

ystème et comprendre l'agencement des nombreux éléments qui le constituent.

Avant de rendre de tels dessins d'une machine, il faut avoir une idée de sa composition et de son fonctionnement. (page 169, *Dessin des machines, Leblanc*).

Le balancier en fonte reçoit l'action mécanique du piston moteur du cylindre à vapeur. Il oscille et transmet à son tour une action mécanique au piston du cylindre soufflant. Les transmissions de mouvements et les commandes des ouvertures et des fermetures des soupapes et des clapets sont assurées par des systèmes bielle-manivelle et un ensemble de tiges articulées. Un volant régule le mouvement, des boîtes de distribution, une robinetterie et un ensemble de conduits assurent, en entrée de système, l'admission de la vapeur, et en sortie, le refoulement de l'air dirigé vers un haut-fourneau. Excentriques, boîtes à étoupe, cuvette de décharge, condenseur, etc, complètent le système technique industriel.

Le tracé des ombres propres et des ombres portées, comme la réalisation du lavis, ne peuvent être engagés *que si le trait de la machine* est bien la traduction de la compréhension du fonctionnement par le dessinateur. Si la détermination des limites des ombres exige que soit fait appel aux principes de la géométrie descriptive, le *coloriage*, le choix des teintes et des nuances reste lié à l'expérience, *ce sont des choses qui ne s'acquièrent que par le goût et les exercices de l'élève, et on ne peut prétendre enseigner à laver ou à teinter, avec un livre*. Leblanc rappelle le code des couleurs à retenir afin de différencier les matériaux et livre la composition des mélanges de teintes à effectuer, (encre de chine, carmin, bleu, jaune gomme gutte, ocre, etc).

Nous avons procédé à une analyse de planches composant le recueil dit: *Portefeuille Vaucanson*, alors entreposé dans les sous-sol du Conservatoire des arts et métiers de Paris. Le rendu des nombreux dessins de machines, instruments et appareils aux fonctions les plus diverses, nous a impressionné par sa précision, sa qualité graphique et son esthétisme. Ce portefeuille constitue une richesse iconographique qui mérite plus qu'un détour, mais il demeure regrettable que l'accessibilité à cette ressource ne soit pas toujours aisée.

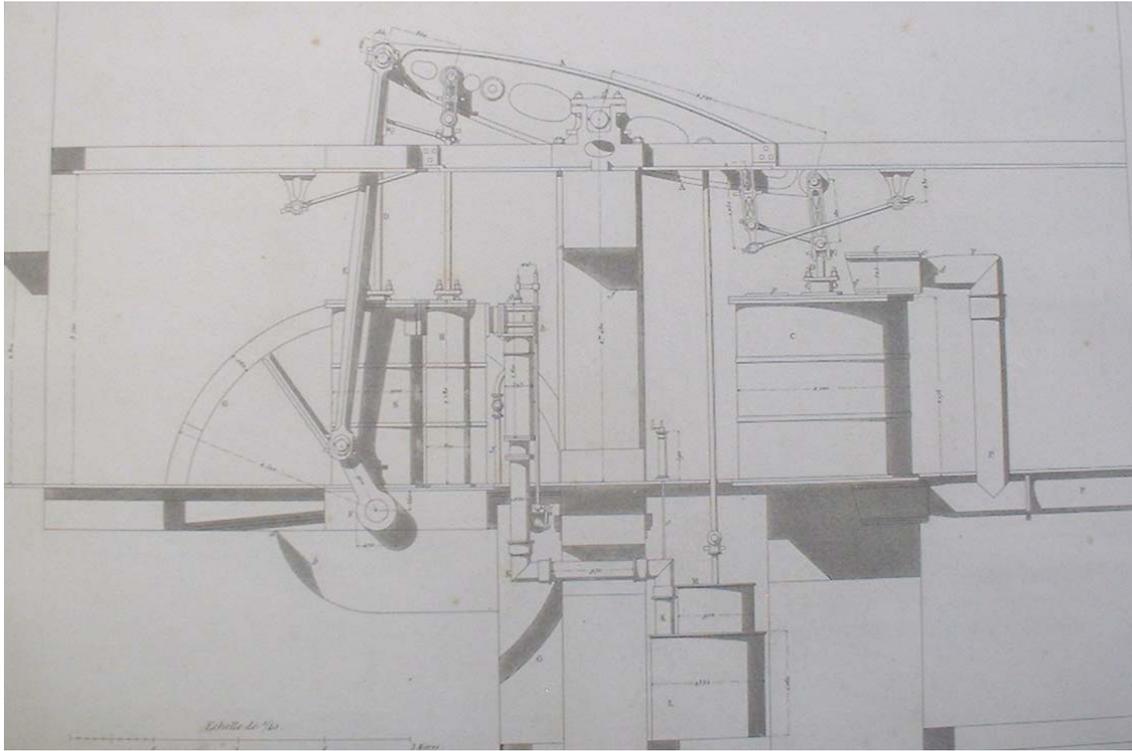


Illustration 5.35, Pl 59, machine soufflante, Leblanc, 40x22 cm.

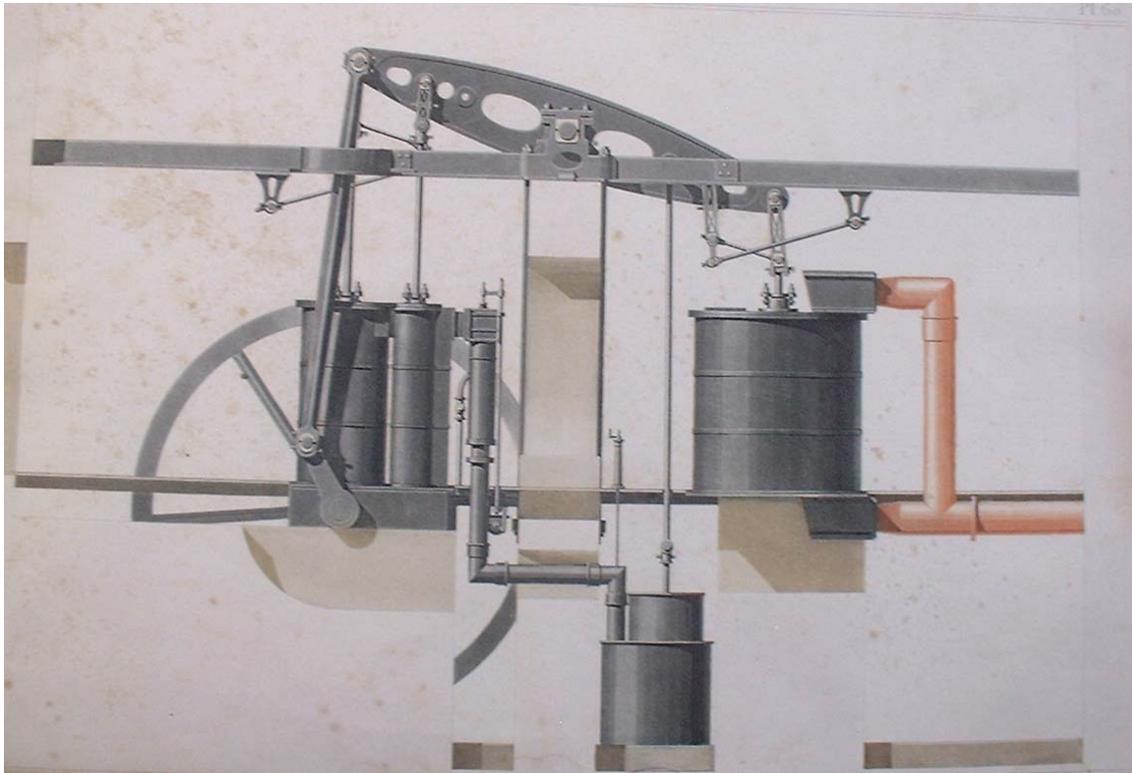
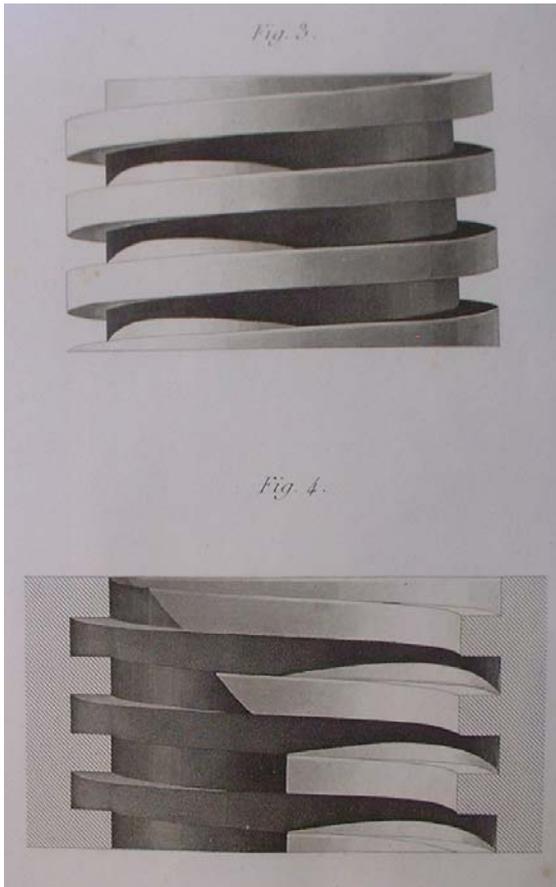
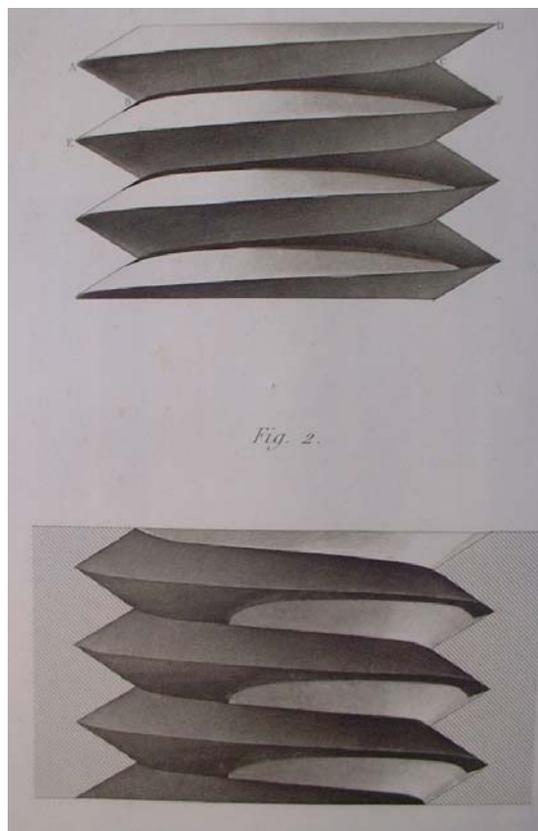


Illustration 5.36, Pl 60, machine soufflante, Leblanc, 40x22 cm



Dessin lavé d'un écrou. Leblanc



Dessin lavé d'une vis, Leblanc.

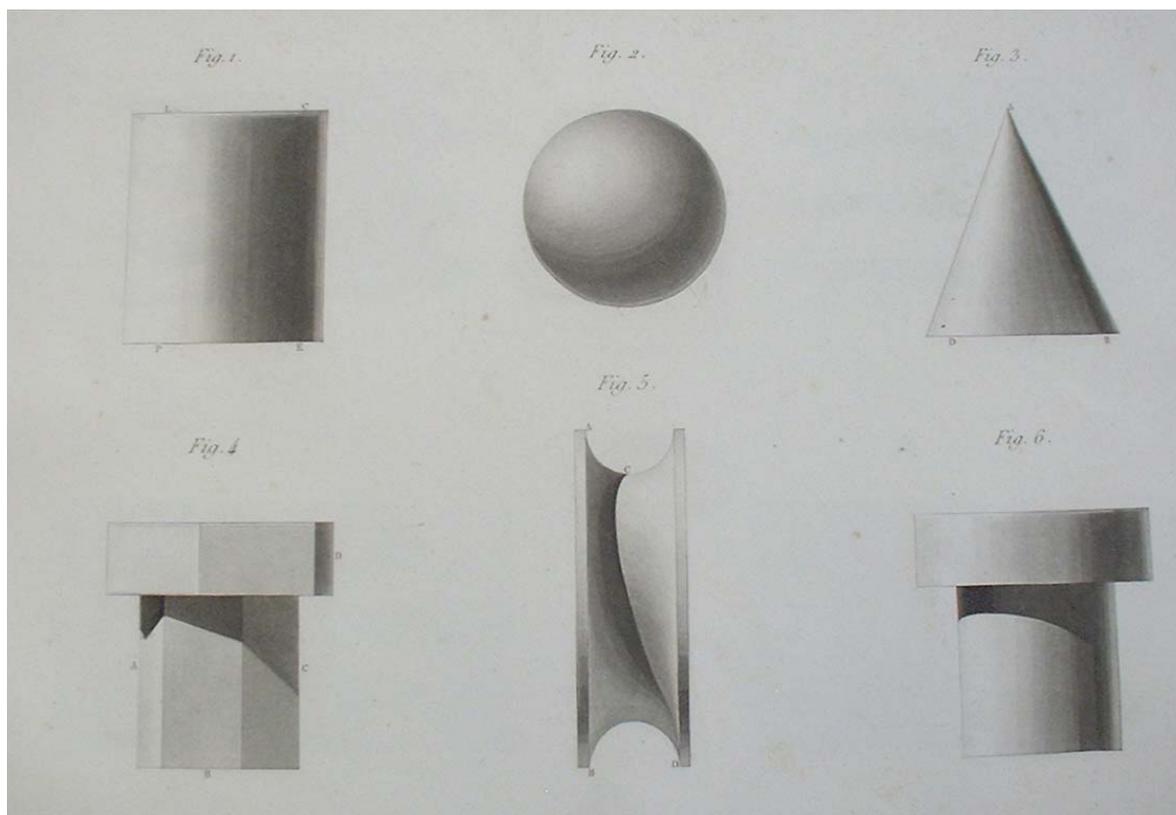


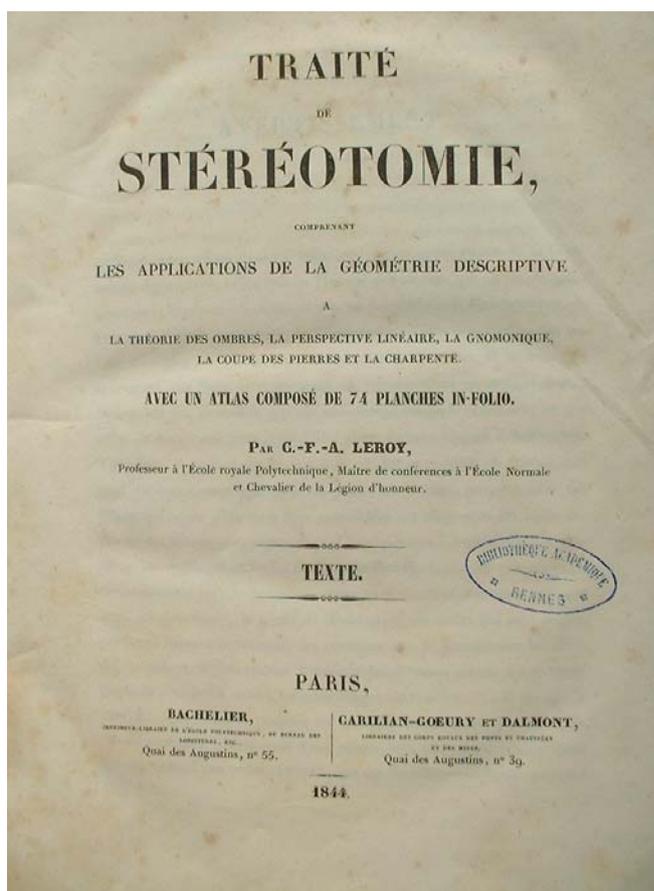
Illustration 5.37, Modèles de dessins lavés, Pl 52, Leblanc, 40x22 cm.

Leroy, C.F.A, professeur à l'école royale polytechnique, fait éditer, en 1844, un livre exposant la *théorie des ombres*, sous le titre de *Traité de stéréotomie, comprenant les applications de la géométrie descriptive*¹⁰⁴. Il est bien question dans cet ouvrage d'applications de la géométrie descriptive que sont, la théorie des ombres, mais également la perspective linéaire et la gnomonique. La stéréotomie, est cet art de tailler les matériaux solides comme la pierre et le bois, alors que la gnomonique est l'art de construire des cadrans solaires. Leroy voit deux méthodes issues de la géométrie descriptive, l'une, *méthode de recherche* des dimensions précises des corps, l'autre, *méthode de description* des objets. Concernant la description des objets, Leroy écrit à propos de la géométrie descriptive:

Mais cette science, si indispensable à l'ingénieur, peut encore être envisagée comme une *méthode de description*: or, sous ce dernier point de vue, l'emploi des ombres devient le complément nécessaire de la représentation d'un objet; et, en outre, c'est un moyen d'expression fort avantageux pour faire plus promptement saisir à l'œil la disposition générale des diverses parties d'un projet de construction.

(*Extrait, page 1, 1^{er} livre, Traité de stéréotomie*).

¹⁰⁴ Leroy, C.F.A, professeur à l'école polytechnique et maître de conférences à l'école normale, *Traité de stéréotomie, comprenant les applications de la géométrie descriptive*, 1844, Bachelier Paris, Bibliothèque universitaire de Rennes1, cote: 10225.



Ce traité de stéréotomie se situe dans le prolongement d'un ouvrage que Leroy fait éditer en 1834 chez les mêmes éditeurs, *Traité de géométrie descriptive avec une collection d'épures*¹⁰⁵.

Leroy estime que la connaissance d'un projet exige la lecture successive, et souvent fastidieuse, des différentes projections orthogonales qui le représentent sur un plan. L'acquisition des trois dimensions d'un système est bien le résultat d'une telle lecture. Leroy propose une représentation d'objet sur un seul plan de projection, mais avec construction des ombres portées. Ce procédé permettrait *de se faire une idée* des formes de l'objet ainsi dessiné, en appréciant le contour et la dimension des ombres.

Si le plan horizontal, par exemple, offrait aussi les ombres portées par les divers corps les uns sur les autres, à la vue de cette seule projection, la figure et l'étendue de ces ombres accuseraient plus clairement la forme et la situation respective de ces corps, et donneraient immédiatement une idée, au moins approchée, de la dimension verticale qui ne peut être exprimée sur ce plan.

(*Extrait, page 3, livre 1^{er}, Traité de stéréotomie*).

¹⁰⁵ Leroy, C.F.A, professeur à l'école polytechnique et maître de conférences à l'école normale, *Traité de géométrie descriptive, avec une collection d'épures, 60 planches*, 1834, Carilian-Goeury et Anselin, Paris, Bibliothèque universitaire de Rennes 1, cote : 10224.

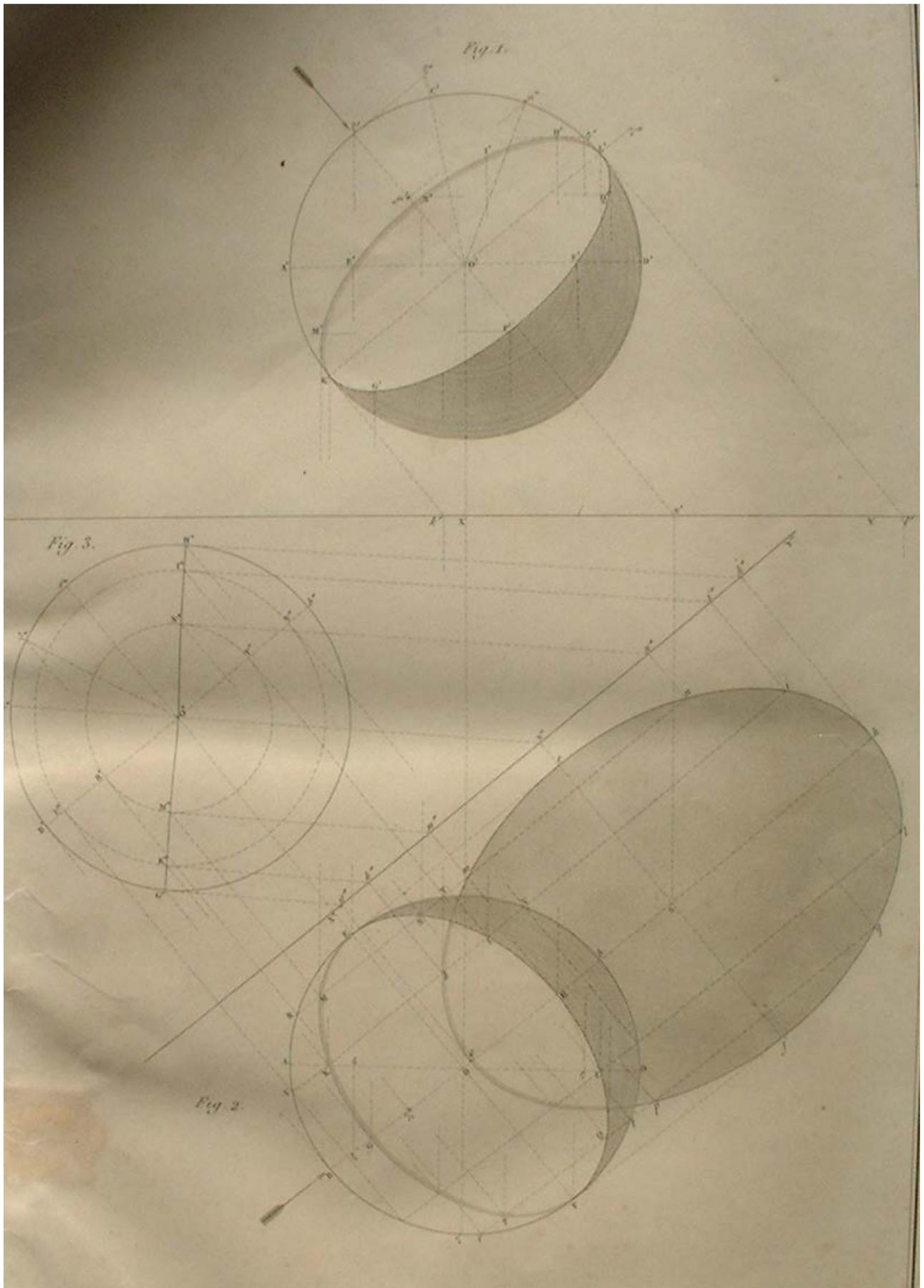


Illustration 5.38, Pl 2, ombres d'une sphère, C.F.A. Leroy.

La sphère (O,O') est donnée en projection horizontale et en projection verticale, (ou encore en projection dite frontale). La direction commune des rayons lumineux est représentée par (OS,O'S'). La sphère opaque est coupée par des plans parallèles aux rayons lumineux, et il est judicieux, pour faciliter le tracé des intersections de ces plans avec la sphère, de les choisir perpendiculaires à l'un des plans de projection. Dans le cas présent, ces plans auxiliaires sont perpendiculaires au plan horizontal de projection. Lorsque les intersections de ces plans avec la sphère sont obtenues, on mène à ces courbes d'intersection, (en l'occurrence des cercles), des tangentes parallèles aux rayons lumineux. Ces cercles se projettent sur le plan frontal selon des ellipses. Le professeur Leroy les construit point par point et facilite la construction en choisissant un plan vertical auxiliaire de projection (X''Y''), lui-même parallèle aux rayons lumineux. Le rayon de lumière passant par le centre de la sphère venant percer le plan horizontal en (S S'), il aura sa nouvelle projection en (O''S''). Les cercles d'intersection sont tracés en vraie grandeur sur le plan auxiliaire. Les rayons de même direction que la lumière et tangents à ces cercles rencontrent le plan horizontal en des points qui définissent la projection horizontale de la *séparation d'ombre et de lumière*. L'ombre portée par la sphère opaque est limitée par un plan perpendiculaire aux rayons lumineux, sa trace est repérable sur le plan auxiliaire. L'intersection circulaire se projette horizontalement et frontalement selon une ellipse qui sera la frontière de l'ombre portée par le solide.

Le second exemple retenu par Leroy concerne le tracé des ombres de cheminées sur un comble, (*illustration 5.38*), composé de quatre pans. Les lignes de séparation d'ombre et de lumière sur les corps de cheminées sont construites en projection horizontale (plan géométral) et en projection frontale (élévation). Le tracé des frontières de l'ombre portée par les cheminées sur le comble se traduit par la recherche des intersections de plans parallèles aux rayons lumineux avec les plans qui limitent le comble. Leroy consacre huit pages pour décrire les procédures de tracé de ces ombres de cheminées sur un comble. La note demeure très descriptive, mais les principes énoncés dès le début du livre et relatifs à *la théorie des ombres* aident le dessinateur au niveau des constructions géométriques à mener.

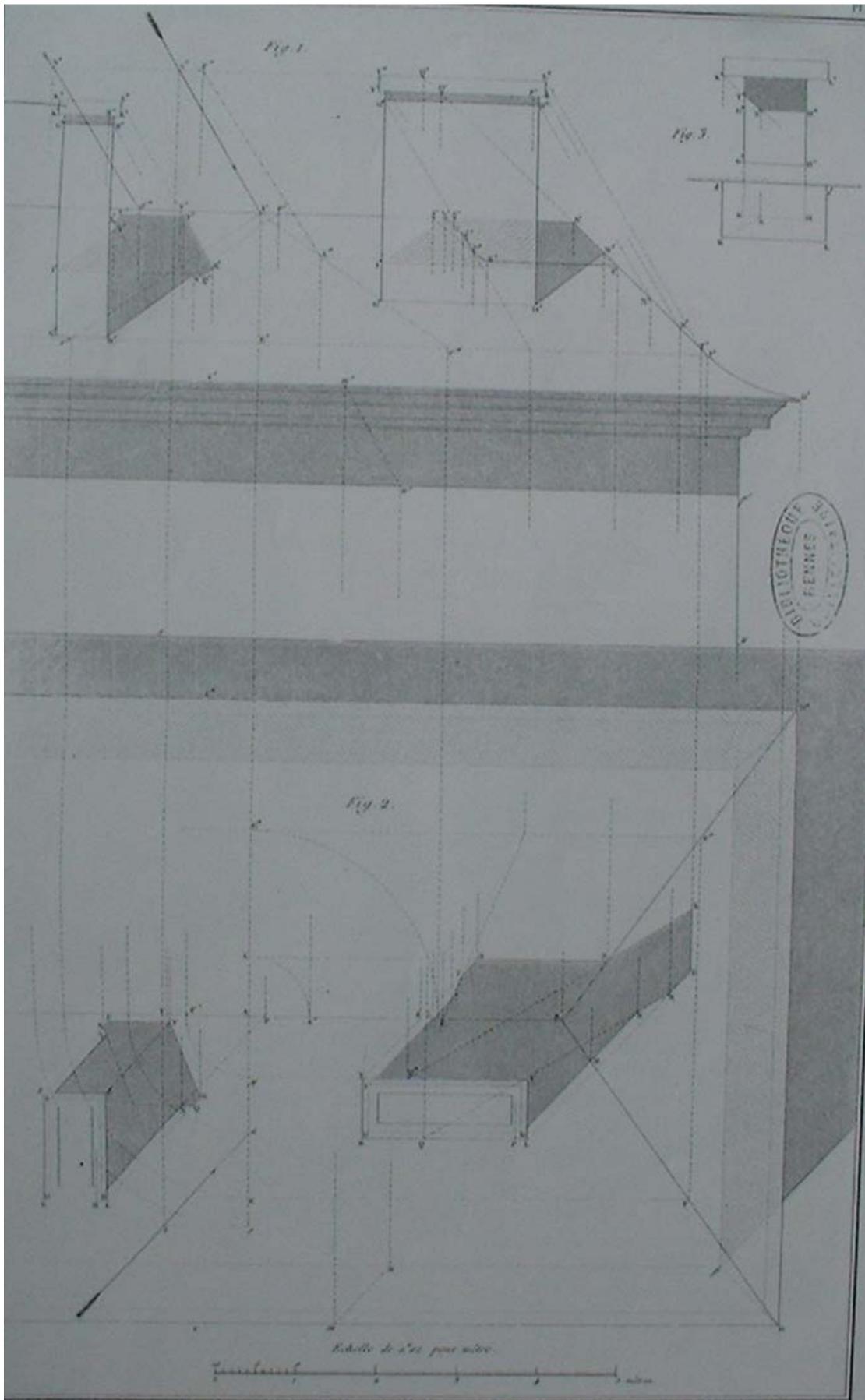


Illustration 5.38, Pl 3, ombres des cheminées sur un comble, C.F.A. Leroy.

Cette lecture approximative des formes et des dimensions d'un objet dessiné sur un seul plan avec les ombres peut ne pas satisfaire pleinement le technicien, surtout si ce dernier devient acteur dans un processus de réalisation. Cependant, cette représentation graphique d'objets, telle qu'ainsi définie par Leroy, est susceptible de répondre aux attentes d'un artiste peintre, ou à celle d'un architecte, mais elle nous semble être trop réductrice pour le mécanicien. Ce dernier doit disposer d'informations précises quant aux formes et aux dimensions des surfaces qu'il projette d'obtenir par moulage, estampage, emboutissage, usinage, ou autres procédés de réalisation du champ de la mécanique.

Au cours de notre contribution, nous avons souligné combien le dessin technique était lié à la géométrie descriptive, cette science propre à représenter les corps avec exactitude. Depuis des temps anciens, les tailleurs de pierres et les charpentiers ont construit, selon des méthodes isolées et propres aux problèmes rencontrés, les épures de pièces aux formes complexes. Les apports de Gaspard Monge, à base de principes généraux et de règles, sont venus structurer une science qui figurera au programme d'enseignement des élèves de l'école polytechnique. Dans le cadre de l'enseignement qu'il dispense dans cette école, le professeur C.F.A.Leroy prend pour base à ses explications de nombreuses épures relatives aux applications de la géométrie descriptive, telles que, comme nous venons de le voir, le tracé des ombres, ou encore la recherche de forme, d'exactitude et de vraie grandeur, pour ce qui est du domaine de la stéréotomie. Nous ne pouvons nous abstenir, dans le prolongement du travail de Leroy sur le tracé des ombres, de présenter quelques épures extraites également de son *Traité de géométrie descriptive*.

La première épure, *illustration 5. 40*, concerne la projection d'un *empanon*, chevron de croupe d'une charpente, assemblé dans un arêtier par le haut et dans la sablière dans le bas. Ce problème remarquable conduit le dessinateur à employer divers rabattements et projections. Le professeur consacre quatre pages à la description de la procédure.

La seconde épure, déjà présentée au chapitre 3, *illustration 3.10*, traite d'un limon d'escalier dont l'épure est construite à partir de la ligne de foulée et de la hauteur des marches. Cette pièce de bois, est composée de surfaces gauches puis qu'elle appartient à un volume hélicoïdal en appui sur le cylindre de foulée. En observant une telle épure, nous n'avons aucune peine à imaginer la multitude et la complexité des tracés à mener pour accéder à une définition de pièce telle que celle de la figure 9. La procédure, décrite en une dizaine de pages, n'est pas d'un accès commode au lecteur qui ne maîtriserait pas les règles de la géométrie dans un espace à trois dimensions. La rigueur du trait de

géométrie descriptive et de géométrie plane va se retrouver chez les ingénieurs-constructeurs de l'architecture navale.

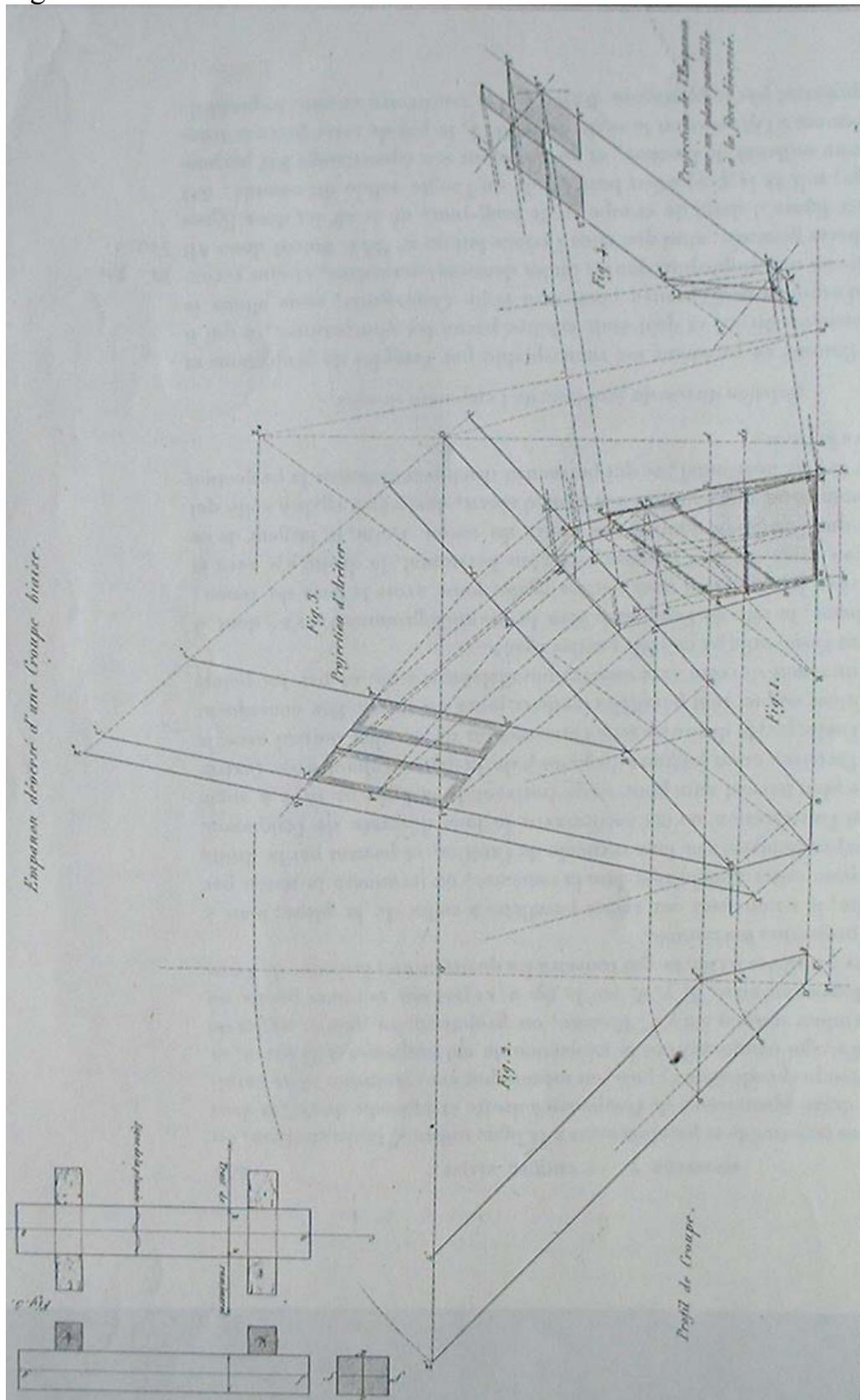


Illustration 5. 40, Pl 71, empanon déversé d'une croupe biaise, Traité de géométrie descriptive, C.F.A.Leroy, 25 x 16,5 cm.

5.6: Les exigences du tracé en construction navale.

L'analyse des traités de construction de vaisseaux rédigés par Dassié, Bouguer, Duhamel du Monceau ou encore, Vial de Clairbois nous montre combien le trait du constructeur est exigeant de précision et de rigueur. Le tracé des couples, éléments fondamentaux dans la détermination de *l'allure du vaisseau*, résulte de l'application stricte de procédures pré-établies. Le profil retenu pour ces membrures est l'aboutissement d'études et de calculs théoriques de physique et de mécanique relatifs à de nombreux questionnements ayant trait à la stabilité du vaisseau, à sa manoeuvrabilité, à sa "logeabilité", et bien évidemment à son aptitude à faire la guerre. Selon Bouguer, le tracé des baux ne souffre pas de tâtonnement ou d'un quelconque empirisme. Dans la *Pièce sur la mâture des vaisseaux*, que soumet Bouguer aux instances de l'académie royale des sciences pour le prix de l'année 1727¹⁰⁶, des problèmes complexes de physique et de mécanique liés au vaisseau doté de son gréement et soumis aux actions mécaniques variables du vent et de la mer, sont posés. Ce sont les résultats de ces études théoriques qui guident alors le choix de la forme et des dimensions de carène. Le profil de carène ainsi proposé est celui susceptible d'apporter une réponse satisfaisante et constituer une *donnée pratique* qui entre dans la composition d'une conclusion à ce genre d'étude théorique située en amont de la réalisation proprement dite. Les savants constructeurs traduisent alors, sous forme de traits, les bases du vaisseau à construire. S'agissant des tracés géométriques proprement dits, Bouguer reconnaît ne pas être en mesure d'affirmer quelle est, parmi les quatre méthodes qu'il développe, la plus satisfaisante.

On n'a recours à différentes méthodes, que parce qu'on ne connaît pas la meilleure; et c'est pour cette raison qu'on est d'avis si différents sur toutes les autres proportions dont nous avons ordinairement marqué les limites.
(*extrait, page 59, livre I, section I, chap X, Traité du navire, Bouguer*).

Chaque méthode de tracé fournit un profil recevable, qui se situe dans les limites acceptables pour apporter une réponse à la fonction globale à laquelle le vaisseau à construire devra satisfaire. Le dessin ainsi établi va constituer une pièce maîtresse pour une communication et des échanges permanents entre les concepteurs et les constructeurs. De plus accompagné de tableaux dimensionnels, il sera exploité pour procéder à l'estimation du coût du projet.

¹⁰⁶ *Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'académie royale des sciences, tome premier, contenant les pièces depuis 1720 jusqu'en 1727*, Gabriel, Coignard, Guérin et Jombert, Paris, 1770. Bibliothèque municipale de Rennes, cote: 29179.

C'est à partir d'un plan comme celui rapporté ci-après, dessin extrait de la planche N°2, que le constructeur procède, sur le chantier, au tracé, en vraie grandeur, des gabarits qui guideront les charpentiers.

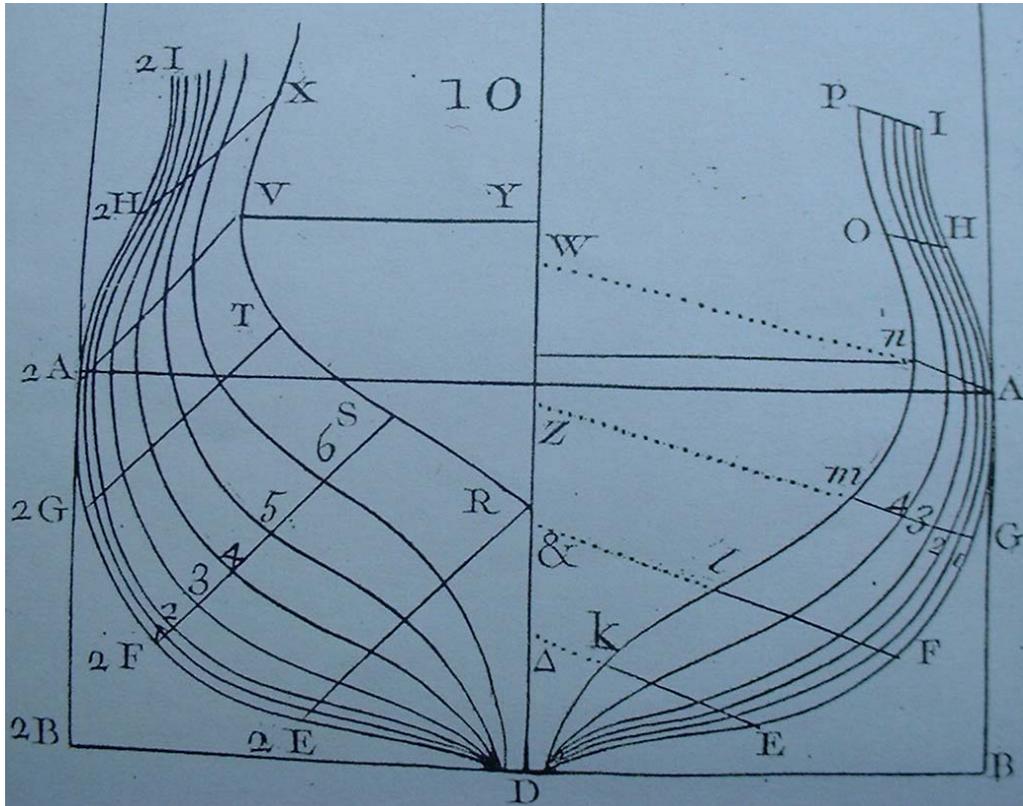
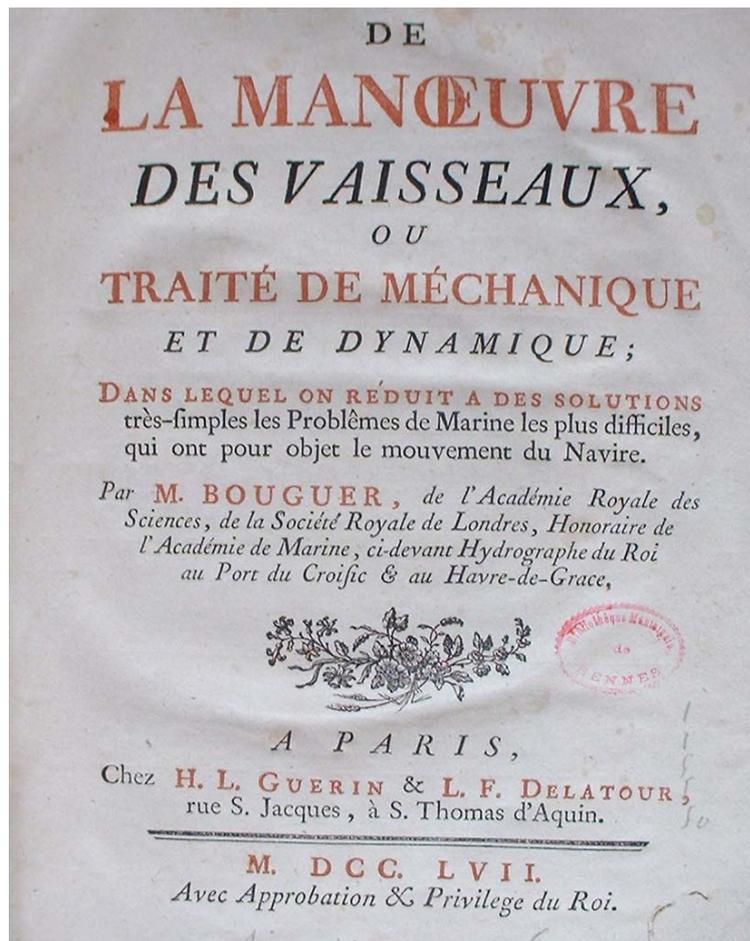


Illustration 5.41, extrait de la Pl N°2, *Traité du navire*, Bouguer.

Mais après qu'on a fait aussi le plan de la figure 10 de la même manière, on ne peut pas se dispenser de le faire en grand, aussitôt qu'il s'agit de construire le navire.
(Extrait, page 58, *Traité du navire*, Bouguer).

Bouguer entend ne pas encombrer l'esprit des constructeurs de données théoriques et propose un *strict nécessaire* composé de résultats simples et donc généralement accessibles pour mieux comprendre le sens de leurs actions. Cette démarche pourrait être considéré de même nature que ces quelques lignes "Dans lequel on réduit à des solutions très simples les problèmes de marine les plus difficiles, qui ont pour objet le mouvement du navire" qui figurent en frontispice de son livre de mécanique: *De la manœuvre des vaisseaux, ou traité de mécanique et de dynamique*¹⁰⁷

¹⁰⁷ Bouguer, Pierre, *De la manœuvre des vaisseaux, ou traité de mécanique et de dynamique*, 1757, Guérin et Delatour à Paris, Bibliothèque municipale de Rennes, cote: 17323.



5.7: Vers une harmonisation d'outils graphiques propres aux systèmes techniques industriels.

Nous constatons, à l'analyse des représentations de machines qui figurent dans les ouvrages signés par Christian Gérard et par Leblanc, que la lecture des représentations graphiques est rendue plus commode en ce début du 19^{ème} siècle. Les auteurs se satisfont moins de la seule représentation en perspective ou de projections en vues extérieures selon une ou deux directions d'observation des objets ou systèmes techniques. L'usage des coupes tend à se généraliser dès l'instant où le système est porteur de dispositifs de transformation de mouvements, de circuits hydrauliques ou de tout autre *composition technique* retenue pour répondre à un besoin à satisfaire, une fonction à remplir, ou encore, autrement dit, à un service à rendre. L'auteur se soucie davantage de la lisibilité de ses idées et de la promotion de la *chose* qu'il crée ou qu'il améliore. Dès lors se développe une pensée concrétisée par un trait accompagné progressivement de conventions et de codes, certes, pas toujours inédits, mais en tout cas peu usités au niveau du graphisme lié au domaine de la mécanique. Nous avons déjà

observé, par exemple, l'usage des coupes longitudinales et transversales en dessin d'architecture civile et d'architecture navale, mais très exceptionnellement dans les *arts mécaniques*.

Sur les vues en coupe de systèmes mécaniques, la distinction entre les *parties pleines* et les *parties creuses* s'est opérée, en un premier temps, par coloriage, en grisant ou en teintant la *trace fictive de la scie* sur les éléments pleins, coupés. Pour le dessinateur, cette opération exige aptitude et effort d'imagination pour *tracer l'intérieur* des systèmes techniques.

A cette technique de coloriage utilisée pour différencier les *pleins* des *creux*, s'est progressivement substituée la technique des hachures en traits continus fins d'inclinaison différentes selon les pièces coupées. Cette évolution est essentielle car ces outils graphiques exploités afin de définir l'architecture interne des objets mécaniques vont conduire le dessinateur vers les *dessins de définition* de pièces constitutives des ensembles, et ceci à des fins de fabrication.

Le cric, (*illustration 5.42*), comporte dans sa conception, bien des analogies avec celui imaginé par Gobert en 1701 et retenu par Gallon dans son premier tome du *Recueil des machines* (*illustration 2.4*), mais la représentation graphique est autre. Si nous convenons de nommer les figures 2 et 3 : *vues de face*, la figure 1, selon nos conventions actuelles, serait une *vue de droite*. La coupe longitudinale est déterminante pour comprendre la transmission de puissance entre l'opérateur qui exerce une action sur la manivelle et la crémaillère qui agira sur une charge à élever. Le corps est dessiné en coupe et permet de "lire" l'engrenage et le couple pignon-crémaillère. Cependant la définition demeure encore incomplète car les guidages en rotation des différents arbres ne sont pas déterminés, une vue de droite en coupe y répondrait assurément.

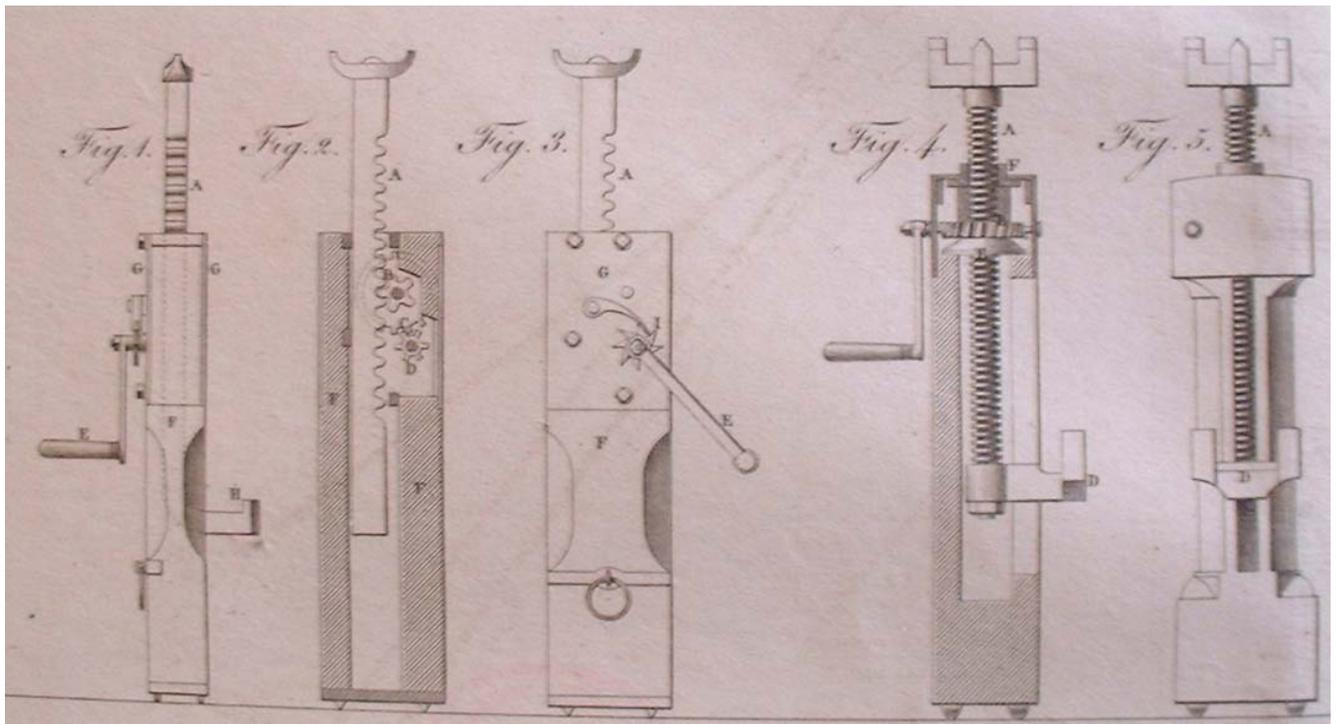


Illustration 5.42, différents crics, opérations mécaniques, Christian.

Le second cric représenté par les figures 4 et 5 utilise un système roue et vis sans fin dont le guidage est lui aussi incomplètement défini malgré ce recours à une vue en coupe.

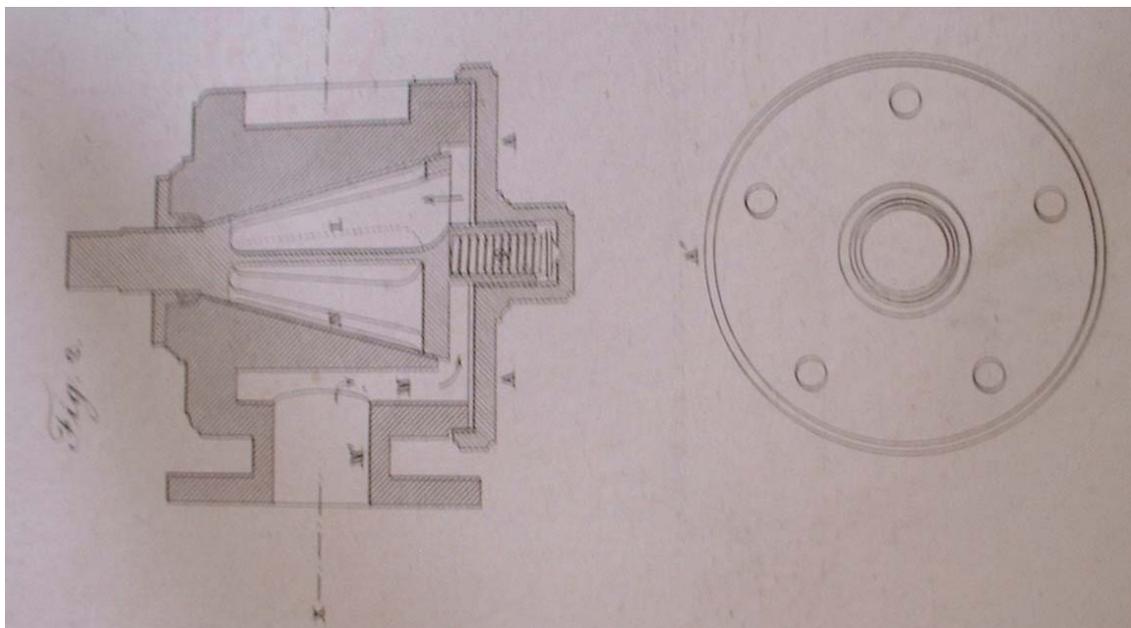


Illustration 5.43, de la force de la vapeur, Christian.

Le robinet à boisseau, (illustration 5.43), y figure suivant deux vues dont une vue principale réalisée en coupe longitudinale. La vue extérieure se qualifierait de: *vue suivant flèche*, l'auteur ayant souhaité montrer la forme de révolution du chapeau A. Nous avons retenu cet extrait de planche car il met en évidence une évolution du graphisme et

une volonté du concepteur de donner la possibilité, à partir d'un dessin d'ensemble, de réaliser le *dessin de détail* des éléments, et ceci à des fins de fabrication. Notons sur la représentation du robinet à boisseau d'un certain Maudsley, un tracé d'axe de surface de révolution en trait mixte fin ainsi que celui de l'intersection de deux cylindres en trait continu fin.

Les dessins d'ensembles sont ici porteurs d'informations plus précises quant à l'architecture interne des machines et des systèmes. Le dessin selon un modèle ne suffira sans doute plus. Par ailleurs les dimensions importantes prises par certaines installations excluent cette procédure de représentation à partir de la seule observation du système technique ou éventuellement de modèle qu'il sera matériellement difficile de construire, compte tenu de la complexité et des cotes d'encombrement. Parmi les informations à fournir en vue de fabriquer, figure un incontournable: le dimensionnement. Nous avons souligné jusque là cette *cotation* non portée sur le graphisme lui même mais dictée dans une note d'accompagnement. L'analyse d'ouvrages spécifiques à l'apprentissage du dessin technique mécanique et également diffusés au début du 19^{ème} siècle nous invite à mettre l'accent sur ce fait fondamental, à savoir: l'avènement du *dessin coté*. Parmi les nombreux livres du domaine et parus à cette époque, nous retiendrons celui intitulé: *Dessin technique*¹⁰⁸ de Charles Boutereau datant de 1842. Charles Boutereau, ancien élève de l'école militaire de Saint Cyr exerce les fonctions de professeur et assure les cours publics de géométrie, de mécanique et de dessin linéaire à Beauvais. Partisan du *dessin perspectif* qu'il estime suffisant lorsqu'il s'agit de *comprendre l'ensemble et le jeu d'une machine*, mais qu'il juge insuffisant au mécanicien qui projette de fabriquer et à cet égard, il dit:

Ce genre d'imitation pittoresque doit être accompagné d'une série de projections, plans, coupes, élévations ou profils sur lesquels se trouvent suffisamment indiqués tous les rapports de forme et de position qu'on entre elles les différentes parties de la machine à confectionner.

(page 8, *Dessin technique de Boutereau.C*).

Il est bien question de ce dimensionnement à faire apparaître sur le graphisme lui-même, ainsi que nous pouvons l'observer sur la planche 18 du livre de Boutereau, (*Illustration 5.44*). La cote permet au constructeur de *reproduire ce tout exactement*. Boutereau dicte une méthode pour *établir ces dessins géométraux* que constituent les différentes vues d'une machine existante et non d'un avant-projet ou même d'un projet. Il est question d'un *levé de plan* mené selon trois

¹⁰⁸Boutereau, Charles, *dessin technique*, encyclopédie Roret, 1842, Bibliothèque du CNAM de Paris, cote : K21.139

opérations successives : un croquis de la machine observée, une cotation de ce croquis puis enfin, l'établissement des projections à une échelle convenable.

La représentation du treuil figurant ci-dessus porte une cotation dite *par solides géométriques avec cotes d'encombrement*. Elle ne revêt pas encore les caractères d'une cotation fonctionnelle qui traduirait les conditions d'aptitude à l'emploi du système. Elle est utile au dessinateur dans le cadre du graphisme proprement dit. Nous constatons que le "tolérancement dimensionnel" n'est pas encore de mise. Le professeur Charles Boutereau dit savoir ce dont le mécanicien a besoin pour construire une machine. Il reprend les mêmes propos :

C'est une série de projections, plans, coupes, élévations ou profils sur lesquels se trouvent suffisamment indiqués tous les rapports de forme et de position qu'ont entre elles les différentes parties de la machine à confectionner.

(Extrait, page 23, *Dessin technique, Boutereau*).

Selon Boutereau, l'aptitude au maniement des outils graphiques et la connaissance de conventions de dessin ne suffisent pas pour définir une machine dans le but de la construire. La maîtrise des projections de surfaces et de solides sur des plans, la définition d'intersections de surfaces et le tracé de différentes courbes sont à associer à des connaissances générales de principes de construction mécanique et des solutions techniques existantes.

Il est impossible que le dessinateur n'ait pas remarqué que presque toutes les machines renferment des vis, des écrous, des paliers, des roues d'engrenage, des excentriques, des balanciers, des bielles, des manivelles et des volants. Tous ces différents organes élémentaires de réception de la force motrice et de sa communication aux outils et instruments du travail s'établissent suivant des lois régulières qui résultent de leur destination.

(Extrait, page 12, *Dessin technique, Boutereau*).

Nous ferons remarquer que cette planche représentant un *treuil*, figure également dans l'ouvrage: *choix de modèles appliqués à l'enseignement du dessin de machines*, de Leblanc, professeur de dessin linéaire au conservatoire royal des arts et métiers. Ce recueil de planches établi par Leblanc et édité en 1830, est antérieur au livre de Boutereau qui paraît en 1842. Nous reviendrons sur quelques dessins signés par Leblanc au cours des prochaines pages.

Nous avons observé, au cours des études successives d'ouvrages, que le trait propre au *dessin linéaire*, prenait progressivement la même signification, le même sens, d'un auteur à l'autre, et ceci dans les différents domaines d'activités artisanales ou industrielles.

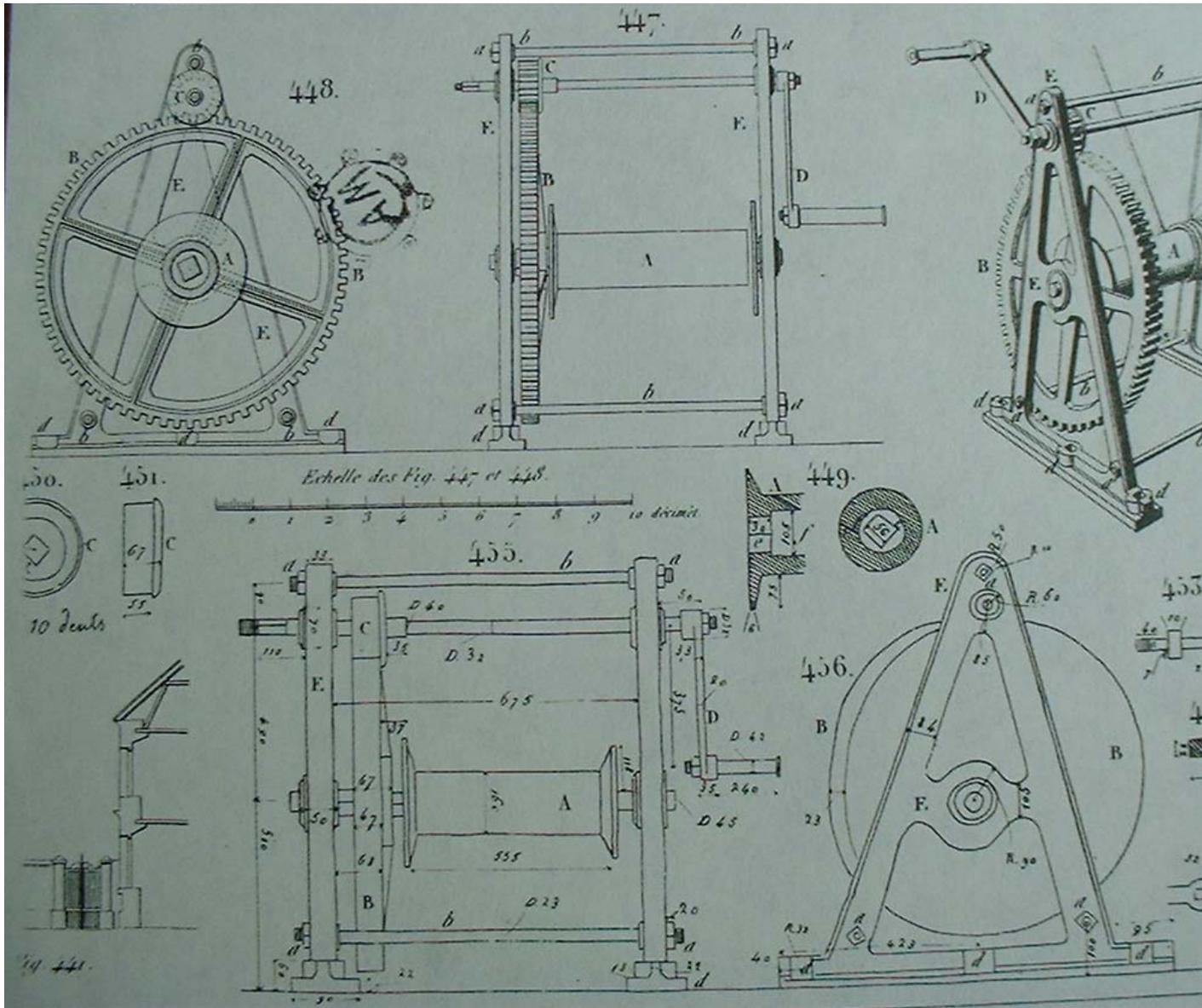


Illustration 5. 44, Treuil, Boutereau.

CHAPITRE 6

Des propositions pour une classification des machines et pour une organisation des recherches relatives aux études de systèmes techniques.

La parution, au tout début du 19^{ème} siècle, d'un nombre significatif d'ouvrages portant sur la classification des machines, constitue un évènement en matière de contenu de publications scientifiques et techniques; elle se situe au moment où l'expansion du machinisme ¹⁰⁹ est considérée comme un fait essentiel d'une période située entre 1725 et 1860. La naissance d'une industrie mécanique, sous sa forme moderne vient alors composer une mosaïque complexe dans la plupart des secteurs d'activités industrielles. Cette mosaïque, déjà bien diversifiée, est aussi porteuse des effets d'une machine à vapeur qui commence à se généraliser et de machines-outils qui se conçoivent et se mettent en œuvre. L'empirisme qui pouvait siéger dans l'invention et dans la construction des machines répertoriées par Jean Gaffin Gallon semble ne plus avoir cours. La conception de nouvelles machines va faire prendre conscience aux savants et aux ingénieurs de cette nécessité de promouvoir une réflexion pour l'élaboration d'une *théorie des machines*, en prenant appui sur des machines déjà construites et aux performances reconnues. L'analyse de leurs caractéristiques et celles des principes mécaniques qui y sont sous-tendus peuvent s'avérer utiles pour constituer des bases fondamentales pour inventer et construire de nouvelles machines ou pour améliorer celles qui fonctionnent déjà.

Par le *livre quatrième* du traité de mécanique industrielle que Christian, directeur du conservatoire des arts et métiers fait paraître en 1822, le ton est donné pour ce qui est des recherches en mécanique. Christian divise ce livre en deux parties: *la première a pour objet de donner une idée de l'état actuel de la science, et la seconde de la manière de procéder, lorsqu'on veut y faire des recherches.*

Connaître tout ce qu'on sait sur les qualités des moteurs en usage, les différentes manières d'en recueillir le mouvement, pour l'appliquer partout où l'on a de la force à déployer, les moyens de transmettre la force à volonté et de changer un mouvement donné, soit en direction, soit dans un mouvement d'un autre genre, soit dans la nature de son développement; connaître tout ce qu'on sait sur le but spécial de chaque opération mécanique, sur les diverses conditions à remplir pour atteindre ce but le plus complètement qu'il soit possible.

(Extrait, page 324, chapitre II, quatrième livre, *Traité de mécanique industrielle*, Christian).

¹⁰⁹Daumas, Maurice, tome 3, expansion du machinisme page 91, *Histoire générale des techniques*, bibliothèque municipale de Rennes, cote : 609 HIS.

C'est sur les bases des objectifs de ce programme que les scientifiques tels que Monge, Coulomb, Lanz, Bétancourt, Borgnis, entre autres, orientent leurs recherches. La seconde partie du quatrième livre de Christian pose, comme nous venons de le dire, des questions relatives à la recherche en mécanique et développe certains axes de réflexion introduits en ces termes: *De la manière de faire des recherches en mécanique.*

Les recherches en mécanique peuvent avoir pour but trois objets différents, qu'il est utile de distinguer ici, savoir: 1°. La connaissance exacte des qualités inhérentes aux agents qu'on emploie et aux matières sur lesquelles l'action mécanique doit s'exercer; 2°. Des combinaisons de mécanismes propres à produire un certain concert, une certaine succession de mouvements déterminés, pour une fin qu'on se propose dans une partie de procédé mécanique; 3°. La découverte d'un procédé pour exécuter immédiatement un travail industriel de ce genre, ou pour substituer une machine au travail manuel.

(Extrait, page 340, chapitre III, *Traité de mécanique industrielle*, Christian).

Ceux sont ces *combinaisons de mécanismes* qui constituent un point central d'une recherche en mécanique qui s'installe. L'ingénieur-chercheur va s'efforcer d'approfondir ses connaissances de la structure interne des systèmes techniques. Plusieurs *chercheurs* vont proposer, en ce tout début de 19^{ème} siècle, une méthodologie pour décomposer la machine en parties élémentaires; comme le dit Christian, *rechercher un mécanisme ou une combinaison de mécanismes destinés à former un des éléments d'un procédé mécanique.* Ces mécanismes, comme nous allons l'observer dans plusieurs traités de mécanique, vont faire l'objet de représentations graphiques.

Une communication scientifique et technique, faisant usage d'outils graphiques, va s'orienter dès lors vers le projet technique, combinaison raisonnée et construite d'éléments et de sous-ensembles déjà répertoriés et validés à l'issue de leur mise en œuvre pour répondre à une fonction donnée. Le dessin va s'efforcer de traduire, dans le cadre d'avant-projets successifs, une juxtaposition de mécanismes élémentaires dont l'industrie qui s'affirme continuera de se doter. Le dessin tend à devenir un outil indispensable à une recherche qui s'installe dans le domaine des *sciences mécaniques*. La garantie de performances des systèmes techniques industriels va être une donnée fondamentale pour la création et la conception de machines et de systèmes mécaniques inédits appelés à répondre à de nouvelles fonctions techniques liées à la production de biens et de services. Les résultats des recherches et des études de mécaniques théoriques pour une application aux machines vont alimenter une sorte de *base de données* dont le dessinateur devra s'approprier. A cette maîtrise indispensable des outils graphiques s'ajoutent donc des connaissances en mécanique appliquée et une

culture en matière de technologie de construction. Ainsi, nous avons jugé bon de porter un regard sur les résultats des travaux d'études de mécanismes menés par des scientifiques au tout début du 19^{ème} siècle. C'est à l'école polytechnique que va s'ouvrir, en 1806, un cours sur la *science des machines*. Cette dernière formulation, qui nous semble nouvelle à cette époque, est celle que retient Jean-Nicolas-Pierre Hachette dans l'avant propos du *Traité élémentaire des machines*¹¹⁰ qu'il fait publier en 1811. Selon lui, la science des machines est à considérer, au même titre que la coupe des pierres et la charpente, comme une application de la géométrie descriptive.

En rattachant à la même géométrie descriptive l'étude des machines, l'enseignement de l'école polytechnique a embrassé presque toutes les sciences d'applications
(Extrait, page vj, avant propos, *Traité élémentaire des machines*, Hachette).

L'auteur et le rédacteur de ce cours nouveau n'est autre que Gaspard Monge qui l'intitule: *Enseignement des éléments de machines*. Le programme sera annexé au procès verbal du *conseil de perfectionnement* de 1808, mais suite au départ de Monge pour l'Egypte, il reviendra à Hachette d'assurer ce nouvel enseignement à l'école polytechnique.

J'ai dû m'occuper de la préparation du cours dont Monge avait seulement donné une première idée, et je me suis spécialement livré à l'étude des machines; mes premières recherches ont eu pour objet de les analyser, de les classer, et de faire connaître les principes de géométrie et de mécanique qui servent de base à leur construction.
(Page 1, avant-propos, *Traité élémentaire des machines*).

Les premiers mots du rapport fait par Carnot à la classe des sciences physiques et mathématiques de l'institut donnent la teneur de l'ouvrage de Hachette.

Le but que s'est proposé M. Hachette, a été de faire connaître, par une description exacte, et par une analyse de leurs propriétés, les principales machines inventées jusqu'à ce jour, en se bornant néanmoins à celles qui ont pour objet l'économie des forces.
L'auteur développe, par un grand nombre de planches fort soignées, la construction de chaque machine, et il y est joint le discours explicatif pour en donner une parfaite intelligence.
(Extrait, page 1, rapport de Carnot à l'Institut).

La description de machines, construites et retenues du fait de la qualité de leurs performances, est engagée selon un *discours* qui prend appui sur des représentations graphiques. L'auteur est soucieux de faire

¹¹⁰ Hachette, Jean-Nicolas-Pierre, 1769-1834, géomètre, professeur à l'école polytechnique puis à la faculté des sciences de Paris, *Traité élémentaire des machines*, 1811, Klostermann Saint Pétersbourg, et Klostermann Paris, Bibliothèque universitaire de Rennes 1, cote:10211. Seconde édition, 1819, Mme Ve Courcier imprimeur libraire à Paris, Bibliothèque municipale de Rennes, cote: 15858.

dégager par le lecteur les principes de mécanique, et propose sa contribution afin que s'établissent les fondements d'une théorie des mécanismes

La classification des machines et la définition des sous-ensembles mécaniques qui les composent, va devenir un sujet incontournable d'études pour plusieurs savants et ingénieurs entre les années 1800 et 1820 et effectivement la mécanique théorique et la géométrie vont être présentées dans une traduction, par un graphisme, des idées des inventeurs; comme le dira Borgnis: *un moyen de fixer la pensée*. La machine va se concevoir puis se construire, à partir de combinaisons de sous ensembles mécaniques de plus en plus nombreux, la machine se complexifie et par conséquent, tend à devenir moins lisible, plus difficile à "décoder". Sa mise en œuvre et sa maintenance, dans les domaines d'activités industrielles très diverses, vont être sources d'exigences et de compétences affirmées et dans bien des cas, nouvelles. Le baron Charles Dupin prend la mesure de cette expansion du machinisme et publie en 1825 son ouvrage: *Géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux arts*¹¹¹, support d'un enseignement assuré au conservatoire royal des arts et métiers. En préface, il s'adresse aux *Ouvriers français* en ces termes:

Si vous étudiez l'application de la géométrie et de la mécanique à vos arts, à vos métiers, vous trouverez dans cette étude un moyen de travailler avec plus de régularité, de précision, d'intelligence, de facilité et de rapidité. Vous ferez mieux et plus vite; vous apprendrez à raisonner vos travaux et vos inventions.
(Page 2, avant-propos, tome 1, géométrie et mécanique, C.Dupin).

L'analyse du résultat des travaux de Gaspard Monge et de Jean-Nicolas Pierre Hachette, mais aussi de ceux de Giuseppe-Antonio Borgnis, Gérard Joseph Christian et du binôme que constituent Philippe Louis Lanz et Augustin de Béthencourt y Molina, est susceptible de nous éclairer sur la place occupée par le dessin de construction dans cette période aux fortes mutations technologiques. Nous mettrons en évidence les principes différents proposés par chacun, dans l'optique d'une *Classification des machines* et nous apprécierons la prise en compte de leurs propositions dans une élaboration progressive d'une *Théorie des mécanismes*.

¹¹¹ Dupin, Charles, 1784-1873, économiste et ingénieur, membre de l'académie des sciences, *Géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux arts*, 3 volumes, 1825, Bachelier libraire à Paris, bibliothèque universitaire de Rennes1, cote:10216, et bibliothèque municipale de Rennes, cote:54306.

Notre analyse sera introduite par un regard sur les travaux du physicien Charles Auguste Coulomb (1736-1806), travaux qu'il fait porter sur une *nuisance bien connue des mécaniciens*: le frottement.

6.1: Une théorie des machines simples, par Charles Auguste Coulomb.

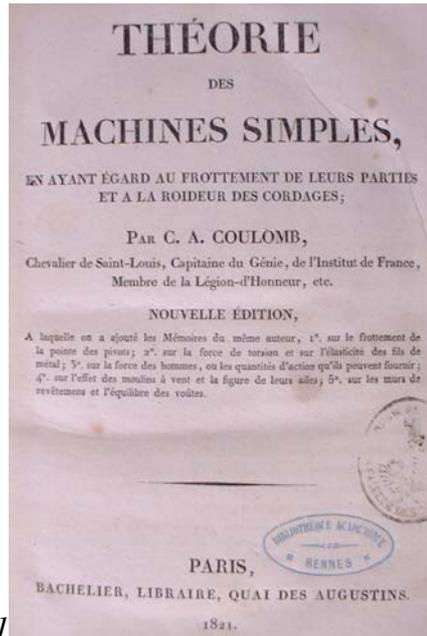
Coulomb occupe à la fin du 18^{ème} siècle, par ses découvertes sur la mécanique, l'électricité et le magnétisme, l'un des premiers rangs. Nous retenons l'un de ses mémoires, celui traitant de la mécanique: *Théorie des machines simples*, qui remporta le prix de l'académie royale des sciences en 1779. Les réflexions et les expériences de Coulomb portent en particulier sur le frottement entre surfaces planes et cylindriques dans les différentes transmissions de mouvements qui siègent dans une machine. Il s'agit bien de ces données de mécanique en filigrane du *trait du dessinateur*, du concepteur; une mécanique appliquée à la machine qui dicte inévitablement le choix des dispositions constructives. Au début du 19^{ème} siècle, plusieurs savants attirés par *la science de la machine* prendront en compte les résultats avancés par Coulomb pour ce qui relève de la lutte contre les *forces passives* d'une machine. Nous soulignons ici que le physicien français, Guillaume Amontons (1663-1705), avait déjà cherché à évaluer le frottement dans le *calcul des machines*. Pour Hachette, la tâche demeure:

On remarque en effet que bien postérieurement à Amontons, et tout naturellement encore, on ne prenait pas en considération dans l'examen de la machine, ce qu'il importe le plus de connaître, le rapport des forces motrices aux forces qui sont appliquées et transmises à la résistance; on commence à peine à sentir le besoin d'adopter l'unité de comparaison de ces forces.

(*extrait, page vj, Traité élémentaire des machines, Hachette*).

Nous retrouvons le contenu du mémoire de Coulomb relatif à la *théorie des machines simples* dans un ouvrage¹¹² édité en 1821 et portant le même intitulé. Il y est uniquement question de l'étude de la résistance au mouvement dans le cas de surfaces de contact planes ou cylindriques, lubrifiées ou non, et de la *roideur* (tension) des cordages. Le graphisme est limité à des dessins simplifiés qui viennent en appui au discours scientifique afin d'éviter de longs développements. Cette démarche est traditionnelle chez les scientifiques et nous ne donnerons qu'un seul exemple de dessins exploités par coulomb (*illustration 6. 2*).

¹¹² Coulomb, Charles-Auguste, 1736-1806, physicien, *Traité des machines simples*, 1821, Bachelier Paris, bibliothèque universitaire de Rennes1, cote: 10201.



1
Illustration 6.1

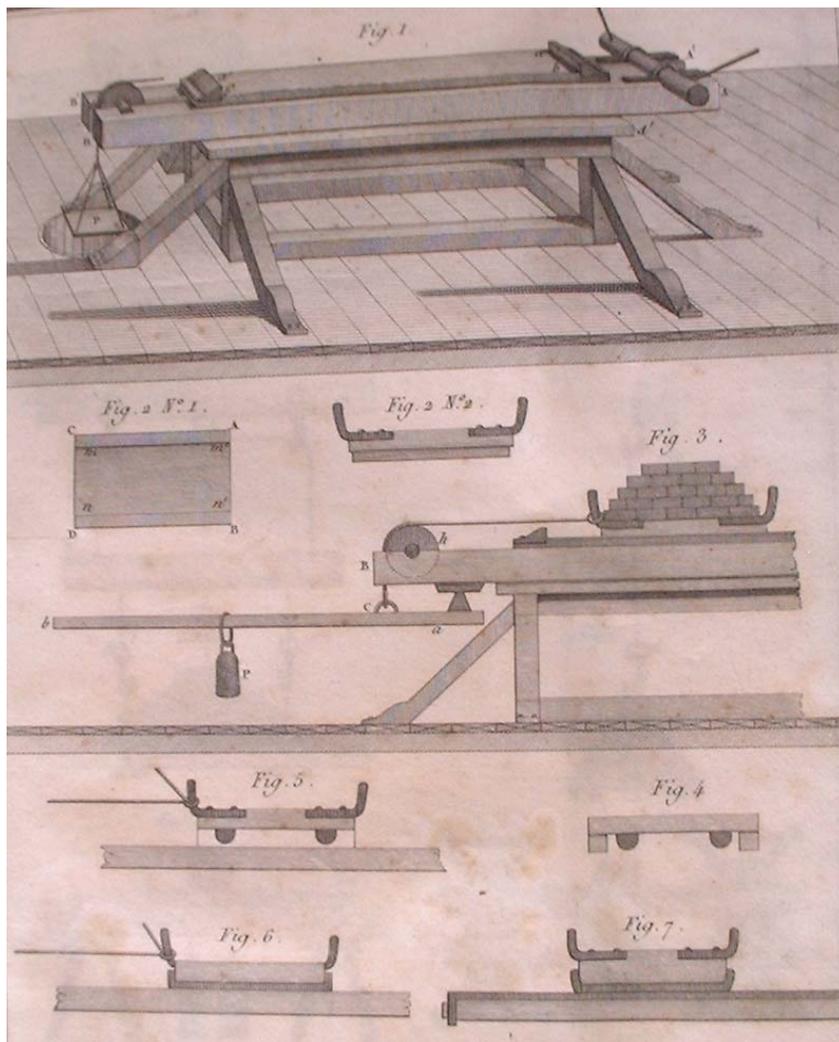


Illustration 6.2, Pl 1, frottement plan, Coulomb.

6.2: Une science des machines, selon Gaspard Monge et Jean Nicolas Pierre Hachette.

Dans le programme du cours sur les *Eléments de machines*, cours destiné aux élèves de l'école polytechnique, Gaspard Monge fixe à deux mois le temps à consacrer à cet enseignement. Avant son départ pour l'Egypte, Monge soumet à Hachette le contenu de ce nouvel enseignement et le charge de le dispenser à l'école polytechnique. Hachette construit ses interventions sur les bases arrêtées par Monge et procède à l'énumération, *qu'il dit être complète*, des machines élémentaires. Il les classe en dix séries en considérant que tout mécanisme, quel qu'il soit, est composé de *mécanismes simples*. Chacun de ces mécanismes simples est la combinaison de deux quelconques de ces quatre mouvements: circulaire continu, circulaire alternatif, rectiligne continu et rectiligne alternatif. C'est sur cette idée que fût présenté aux élèves de l'école polytechnique le premier cours sur les machines, en 1806:

Ce cours a le mérite de fixer l'attention des personnes chargées d'exécuter et de diriger les machines, et de répandre en France le goût d'une science qui n'était alors cultivée que chez nos voisins.

(*Introduction, avant-propos, Traité élémentaire des machines, Hachette*).

Le traité élémentaire des machines que complot Hachette en 1811 est accompagné de trente deux planches, dessinées par Girard¹¹³, dessinateur à l'école polytechnique, et gravées par Durau.

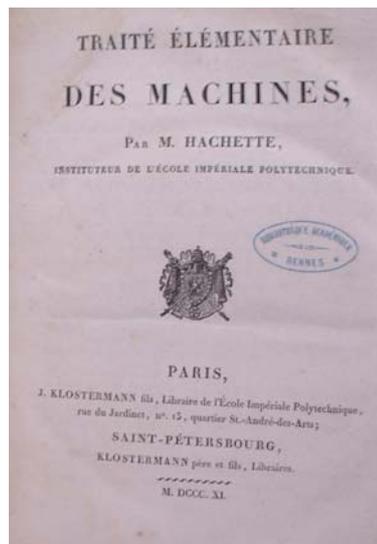


Illustration 6.3.

¹¹³ Extrait, note de bas de page, préface, édition de 1819: *M. Girard est attaché à l'école polytechnique depuis sa création (année 1795); il a constamment travaillé avec zèle, intelligence et désintéressement à la confection des dessins que nous avons laissés dans les porte-feuilles de cette école, pour l'enseignement de la géométrie descriptive et de ses applications.*

Les dessins en projections orthogonales, en vues extérieures et en coupes sont composés, afin de mieux saisir le fonctionnement des machines répertoriées et classées dans le livre. Une seconde édition du *Traité élémentaire des machines, revu et augmenté*, est éditée en 1819 par les soins de Mme Coursier, imprimeur-libraire à Paris. Il est bien question dans cet ouvrage d'une classification par type de transformation de mouvements. Cependant, Hachette dit *considérer dans son livre*, une classe particulière de machines dont les seuls moteurs qui leur sont applicables sont: les animaux, l'eau, le vent et les combustibles. Le livre auquel Hachette accorde une dimension scientifique est ainsi organisé et constitue, d'une certaine manière, une réponse aux aspirations de Monge qui voit dans les études de machines, *des applications de la géométrie descriptive aux arts de l'ingénieur*.

Dans l'édition de 1811, hommage est d'ailleurs rendu par Hachette à Monge, comte de Peluse, membre du sénat et de l'institut:

Parmi les sciences qui convenaient essentiellement à l'école polytechnique, il en est une que vous avez pour ainsi dire créée, et dont vous avez enrichi le domaine des mathématiques, en publiant votre ouvrage sur la géométrie descriptive; les applications de cette géométrie aux arts de l'ingénieur, et l'usage que vous avez fait pour perfectionner l'analyse et l'application de l'analyse à la géométrie, vous ont élevé au rang des plus grands géomètres.

(Extrait, lettre adressée par Hachette à Monge, pages introductives, Traité des machines, édition de 1811).

Le premier chapitre traite des principes généraux, soit de géométrie ou de mécanique, qui servent de base à la construction des machines et à la comparaison de leurs effets. Le second développe une théorie des machines élémentaires, connues sous le nom d'engrenages. Le dernier chapitre procède en une description des principales machines employées dans les diverses branches de l'architecture, telles que les poulies, les palans, les treuils, les grues, les machines à recéper les pieux, les machines à curer les ports, etc. Au cours de la présentation de l'ouvrage, Hachette dit considérer que les engrenages sont *une des applications les plus importantes de la géométrie descriptive* et il classe dans les engrenages: *les cames, les crémaillères, les roues et les lanternes à fuseaux cylindriques et coniques*.

Chaque planche porte la mention: *Cours de géométrie descriptive, par M. Hachette. Machines servant aux constructions*. Cet intitulé montre bien que le dessin linéaire demeure un prolongement, une application de la géométrie descriptive. Il nous semble que le dessin technique dont il est ici question, affiche deux intentions: la première, faciliter la présentation et l'explication du fonctionnement de ces machines, la seconde, faire connaître les systèmes techniques performants existant pour ouvrir la voie de la création de nouvelles machines.

Nous avons retenu la planche N°10, (*illustration 6.5*), qui met en situation *une pompe à feu*. Cette installation, au demeurant complexe, est représentée par deux vues, dont une vue de face, dite en *coupe suivant la ligne XYZ*. Le trait traduit les liaisons des sous-ensembles (fourneau, pompe aspirante et foulante, boîte à vapeur, condenseur et ses soupapes, piston et cylindre, etc) qui participent à la transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique. Ces sous-ensembles sont dessinés à gros traits, sans entrer dans une définition fine des liaisons et des guidages. Le but de ce graphisme est de fournir une aide au lecteur afin qu'il découvre le principe de fonctionnement des *pompes à feu*. Dans l'optique d'une étude approfondie de l'architecture et de la fonction de chaque sous-ensemble, des représentations graphiques moins générales mais ciblées sur la zone d'étude concernée, seraient alors justifiées. Dans la collection de planches, certains dessins portent sur des mécanismes élémentaires comme des *renvois d'angle* par pignons coniques, des accouplements d'arbres, etc. Nous y retrouvons, sous forme de dessins élaborés les mécanismes représentés schématiquement, à gros traits ou sous forme de dessins simplifiés. Ces modes de représentation sont retenus, compte tenu de leur encombrement réduit qui permet de les loger dans les cases du tableau qui combine, deux à deux, des mouvements circulaires et rectilignes. Ces combinaisons donnent lieu à dix séries de machines élémentaires, comme l'indiquent les associations décrites ci-dessous:

1 ^{ère} série	rectiligne continu	rectiligne continu
2 ^{ème} série	rectiligne continu	rectiligne alternatif
3 ^{ème} série	rectiligne continu	circulaire continu
4 ^{ème} série	rectiligne continu	circulaire alternatif
5 ^{ème} série	circulaire continu	rectiligne alternatif
6 ^{ème} série	circulaire continu	circulaire continu
7 ^{ème} série	circulaire continu	circulaire alternatif
8 ^{ème} série	rectiligne alternatif	rectiligne alternatif
9 ^{ème} série	rectiligne alternatif	circulaire alternatif
10 ^{ème} série	circulaire alternatif	circulaire alternatif.

Hachette conseille aux lecteurs qui souhaiteraient approfondir cette classification et cette approche des machines élémentaires, de se

reporter à l'ouvrage que Lanz et lui-même ont fait paraître en 1808, sous le titre: *Essai sur la classification des machines*.

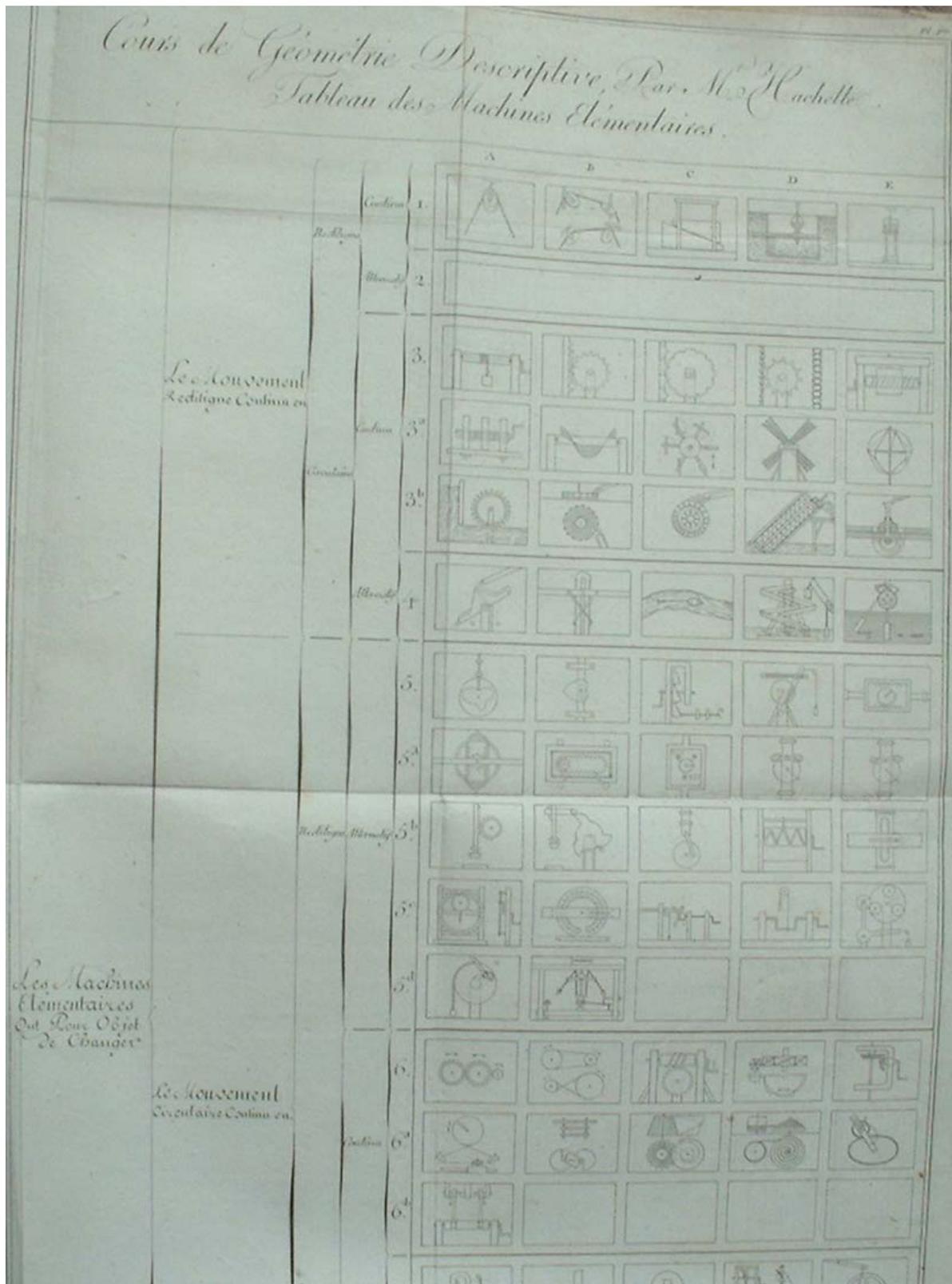


Illustration 6. 4, Extrait, tableau de classification des machines, Hachette.

Nota: le tableau complet figure en document annexe, à la fin de cette contribution.

*Dessein servant à l'Explication
des Pompes à Feu.*

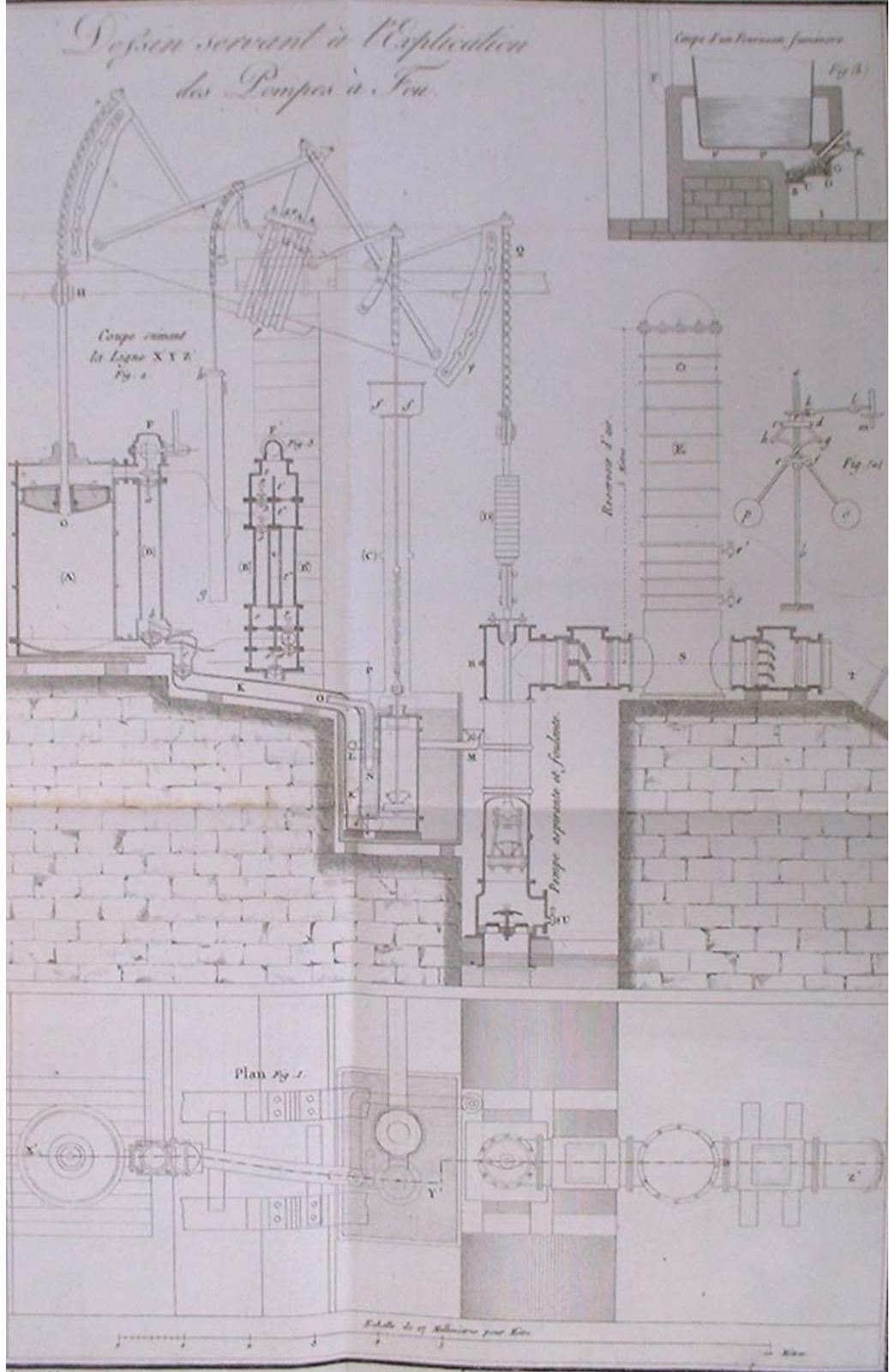


Illustration 6.5, Pl 10, machine à feu, *Traité des machines*, Hachette, 34,5 x 22 cm.

Hachette s'oriente vers la décomposition de chaque machine en *machines élémentaires*, comme le montre la dernière planche du livre¹¹⁴, dont nous donnons ci-après un extrait (*illustration 6.4*). C'est à partir de compositions raisonnées de ces mécanismes, ou *machines élémentaires*, que le concepteur verra ses recherches facilitées pour imaginer de nouvelles machines, de nouveaux systèmes mécaniques. L'étude, la conception, et enfin la fabrication proprement dite de la machine, vont avec les réflexions relatives aux phénomènes dynamiques sous-jacents aux mouvements de la machine, machine dont l'objet est de modifier l'action d'un moteur donné.

Hachette ne conçoit pas le recensement des machines sans le recours au dessin qui fournit une image de chacune d'entre elles. Son intention première était de composer un portefeuille complet de machines à *l'usage des ingénieurs*. Il souhaitait réunir sur chaque dessin gravé tous les éléments nécessaires pour exécuter la machine ainsi définie. La réalisation d'un tel projet correspond à une immense tâche pour laquelle il dit *ne pas disposer de suffisamment d'habiles ingénieurs préparés pour un tel travail*. Il propose d'ailleurs que les élèves qui fréquentent les écoles des arts et métiers soient eux-mêmes formés au *dessin des machines-outils, de celles qu'on emploie pour la fabrication des étoffes de soie, de lin, de coton, des instruments d'horlogerie, de géodésie...* Cette "science des machines", initiée par Gaspard Monge à l'école polytechnique a également intéressé Lanz, si nous nous tenons aux dires de Hachette:

Le programme de ce cours pour l'année 1806 et le tableau des machines élémentaires sont imprimés dans l'ouvrage que Lanz et moi avons publié la même année, sous le titre d' *Essai sur la composition des machines*.

(*avant-propos, Traité élémentaire des machines, Hachette*).

Les deux ouvrages que nous venons de mentionner seraient donc conçus aux mêmes dates. Nous proposons une analyse du travail auquel Lanz et Betancourt ont contribué, et ce, sans nul doute, en liaison avec Hachette. Cette précision figure à la page neuf de l'introduction du *Traité élémentaire des machines*, en son édition de 1811.

¹¹⁴Carnot, dans son rapport, dit que *l'auteur donne, dans sa dernière planche, le tableau des mouvements géométriques les plus usités dans l'emploi des machines. Ce tableau et son explication sont dans le résumé d'un ouvrage plus étendu, déjà publié en 1808, en commun avec MM. Lanz et Betancourt, sous le nom d'Essai sur la composition des machines*.

6.3: Une composition des machines selon José-Maria de Lanz.

L'ouvrage que nous avons sous les yeux comporte effectivement un titre identique à celui rapporté par Hachette, mais il est fait mention de la collaboration de Lanz et de Bétancourt et non d'une collaboration de Lanz et de Hachette pour un livre accessible en seconde édition, *revue, corrigée et considérablement augmentée*, en 1819. Une première version portant le même titre et résultant alors de la collaboration de Lanz et de Hachette serait éditée en 1808. En poursuivant nos recherches, nous parvenons à ce résultat: Bétancourt associé à Lanz ne serait autre que Augustin de Bethencourt y Molina, né en 1758 dans l'île de Ténériffe et décédé à Saint Pétersbourg en 1824. Il a fait des études d'ingénieur à Madrid avant d'exercer en France, au Corps des Routes et Canaux, l'équivalent des Ponts et Chaussées d'aujourd'hui.

Malgré ces hésitations relatives à la bibliographie de ces illustres chercheurs que nous venons de citer, l'ouvrage concernant l'étude de la composition des machines industrielles existe bien. Nous analyserons celui signé des mains de Lanz et Bétancourt, portant le titre: *Essai sur la composition des machines*¹¹⁵ et diffusé à partir de 1819, dans sa seconde version.

La classification des machines qui est proposée par cet *Essai* est construite sur une base de six mouvements élémentaires, alors que Monge et Hachette n'en retiennent que quatre. Lanz adjoint à ceux proposés dans le *Traité élémentaire des machines*, publié par Hachette, deux autres mouvements: le mouvement continu déterminé par une courbe et le mouvement alternatif également déterminé par une courbe. La combinaison deux à deux de ces six mouvements conduit à quinze solutions de machines élémentaires. Si chaque mouvement est combiné avec lui-même, ceci conduit à vingt et une solutions.

Les réflexions et les recherches sont engagées par Lanz et Bétancourt à partir d'un panel de machines existantes et dont la mise en œuvre a été effective. Leur premier travail a consisté en une mise en évidence de principes communs de transmission de mouvements. Ils procèdent à une *décomposition* de chacun des systèmes techniques retenus, soit par observation de la machine elle-même, soit par lecture des dessins qui la représentent. Dans ce processus d'analyse, les outils graphiques jouent un rôle déterminant dans la transcription, sur le papier, selon un

¹¹⁵ Lanz, José-Maria de, 1764-1839, né au Mexique, études en Espagne, *Essai sur la composition des machines*, 1819, 2^{ème} édition, bibliothèque municipale de Rennes, cote: 15830, bibliothèque universitaire de Rennes1, cote: 10084, la première édition date de 1808.
Bétancourt y Molina, Augustin de, 1758-1824, ingénieur espagnol.

graphique simplifié, des solutions technologiques matérialisées par les constructeurs. Dès lors, ces outils constituent un moyen de communication et de recherche susceptible de participer à la formulation de principes fondamentaux sur lesquels l'ingénieur concepteur de machines pourra s'appuyer. Nous allons tenter de montrer, à partir de quelques exemples extraits des planches de ce livre, comment les auteurs élaborent *une théorie des mécanismes*.

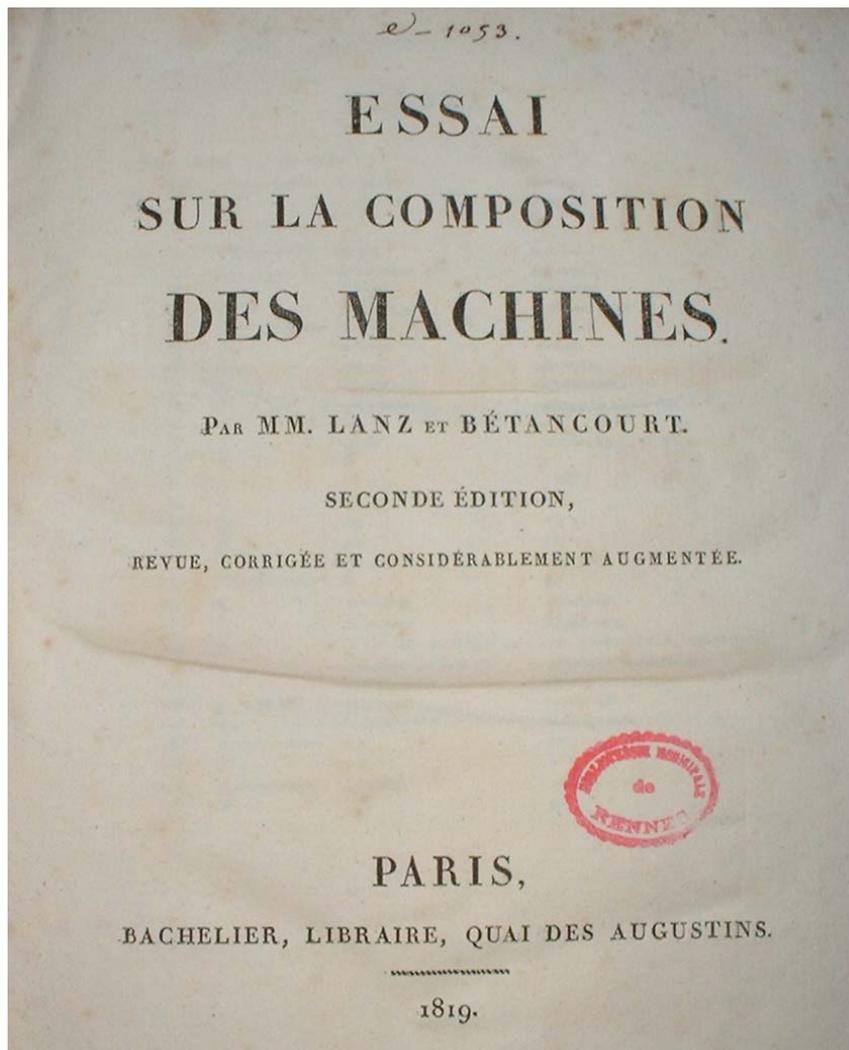


Illustration 6.6.

A l'ouvrage est joint un tableau portant en abscisses et en ordonnées les vingt et une propositions de mouvements composés. Un atlas de douze planches rapporte les solutions exploitables pour la conception de nouvelles machines (ou pour comprendre les dispositions constructives retenues sur des machines existantes). Les mécanismes, résultats de ces différentes combinaisons de mouvements, sont représentés

graphiquement par des *tracés dépouillés* dont l'objet essentiel est de traduire, par le trait, des principes de transmissions de mouvements que nous qualifierons volontiers de "machines élémentaires".

Nous avons fait un tableau composé de vingt et une suites de carrés horizontaux, dans lesquels nous avons placé tous les exemples de ces mouvements que nous avons pu nous procurer. Les colonnes verticales sont marquées par des lettres, les horizontales par des chiffres, et on a indiqué par une lettre et un chiffre l'intersection de deux colonnes, l'une horizontale et l'autre verticale, par ce moyen, il devient aisé de trouver la place d'un carré déterminé.

(*Extrait, page1, introduction, Essai sur la composition des machines*).

Nous pouvons observer sur le tableau général la présence de "cases vides"; ceci signifie qu'aucune des machines alors connues ne répond, dans son principe de fonctionnement, à la combinaison de mouvements considérée ou qu'une machine basée sur la dite combinaison est, à un moment donné, estimée matériellement irréalisable. Lanz et Bétancourt apportent à ce sujet leur propre éclairage.

Chaque fois que les auteurs ont repéré un exemple de réalisation technique, traduction de ces combinaisons de mouvements, ils l'y ont décrit de manière schématique. Les cases vides sont destinées, disent-ils, « aux mouvements échappés à notre mémoire, ou qui ne sont pas connus, ainsi qu'à ceux qu'on inventera après l'impression de cet ouvrage ». Il s'agit d'un «recueil général d'éléments de machines, que les savants et les artistes de tous pays s'empresseront sans doute d'enrichir par leurs découvertes».

(*Page 3, Essai sur la composition des machines, Lanz et Bétancourt*).

Les systèmes mécaniques sont les traductions matérielles de combinaisons de mouvements élémentaires choisis parmi les six sur lesquels la présente étude est construite. Ces systèmes, ou machines, sont caractérisés par leur aptitude à transmettre et à modifier un mouvement d'entrée provoqué par une action mécanique provoquée par un *agent moteur*. Lanz considère comme agent moteur toute source qui, en mécanique, est susceptible d'imprimer le mouvement, comme l'eau, l'air, la vapeur.

Les seuls moteurs dont l'action mécanique puisse être regardée comme agissant en ligne droite et continue sont: l'air (soit par son mouvement, son poids, son élasticité ou son expansion instantanée); l'eau (par son mouvement, son poids, sa réaction, comme dans la machine de Segner dont Euler s'est occupé dans les «mémoires de Berlin» 1750 ,1751 et 1754 ou par la force expansive de sa vapeur; et la poudre à canon; soit par explosion ou par réaction comme dans les fusées.

Voyons maintenant, au travers de quelques exemples, l'aboutissement des recherches de Lanz et Bétancourt. Elles sont exprimées par le

dessin, dans un tableau, de même nature que celui composé par Hachette, (illustration 6.4).

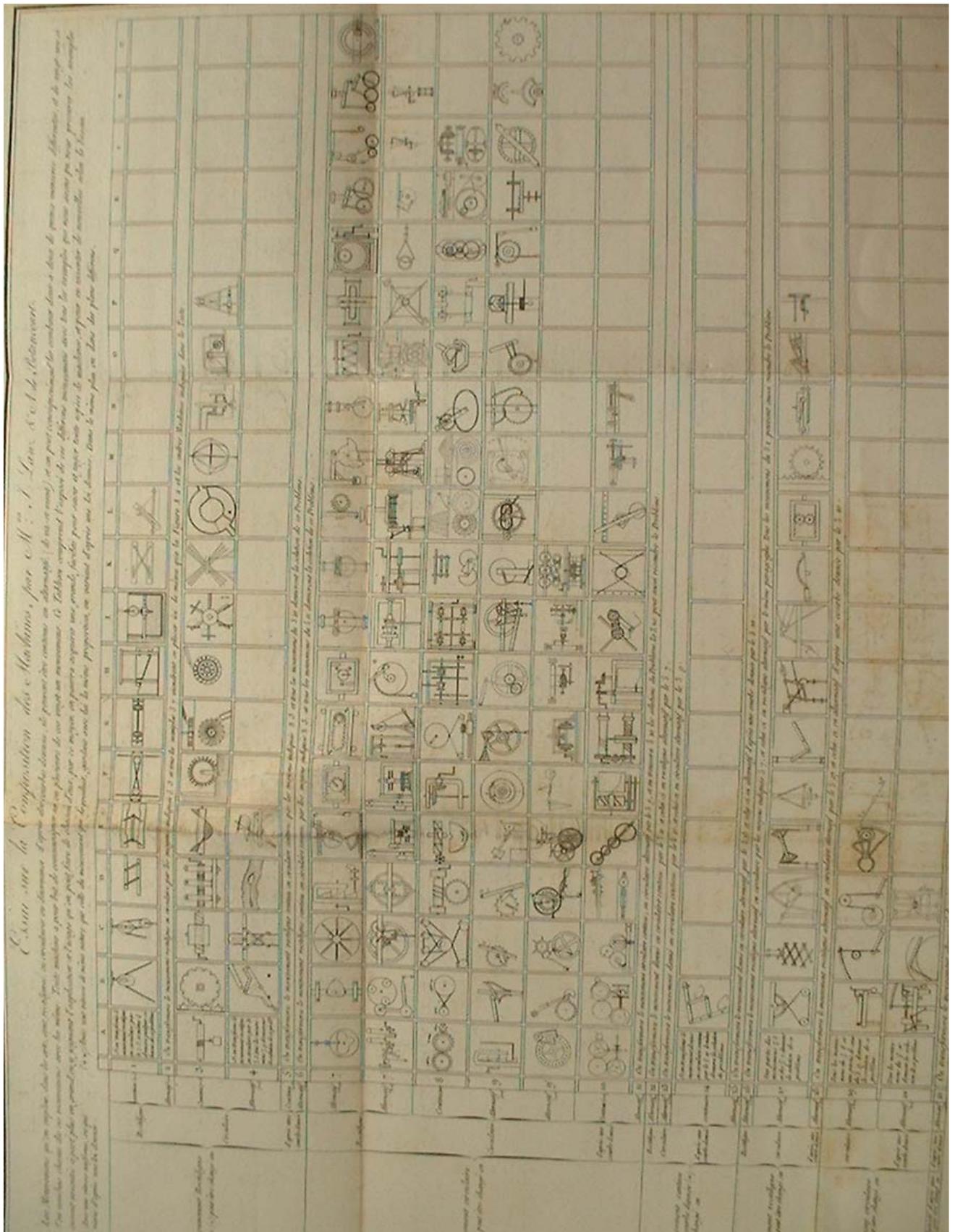


Illustration 6.7, tableau général des compositions de mouvements, Lanz et Bétancourt. Nota: Le format du tableau et des problèmes de photographie et de reprographie nous conduisent à n'en proposer, ci après, qu'une "image aux dimensions réduites" Un tableau complet figure en document annexe

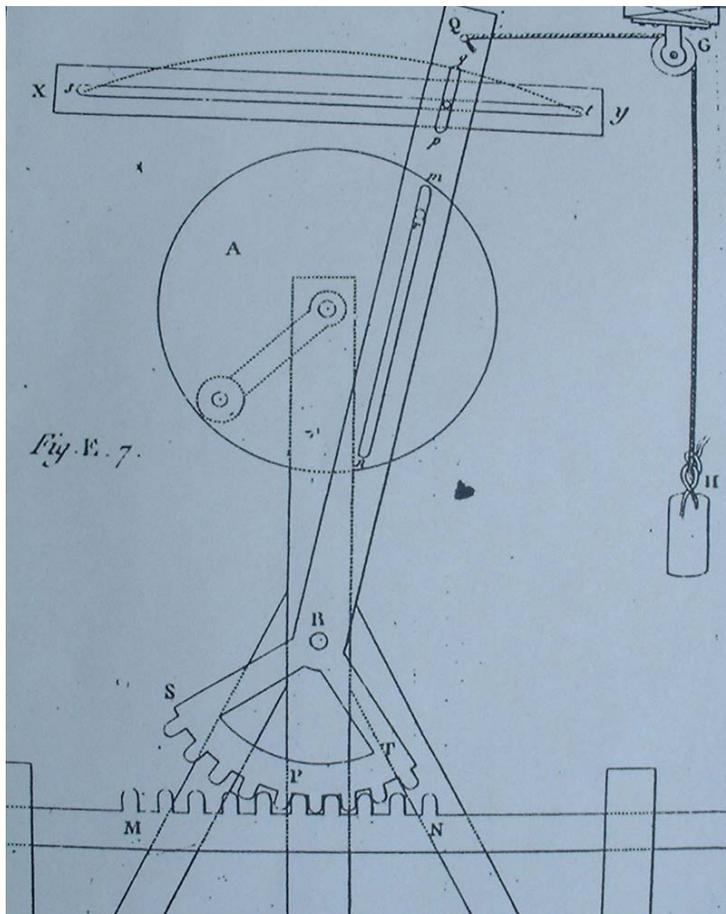


Illustration 6.8 , page 62 et planche N°2, Lanz et Bétancourt.

Le mouvement de rotation d'entrée est reçu par un disque A dont le maneton est guidé dans une rainure d'un levier oscillant en R et porteur, à l'une de ses extrémités, d'un secteur denté. Le mouvement circulaire uniforme du plateau est transformé en un mouvement circulaire alternatif, lui-même transformé en une translation rectiligne alternative de sa crémaillère. Au même moment la charge H se déplace selon un mouvement rectiligne non uniforme. Ce dispositif est extrait d'une *machine à profiler les dentures d'engrenage* et sa description figure à la page 119 du tome XV des Annales des arts et manufactures.

L'image qui suit (*illustration 6.9*) est la traduction graphique de la commande de mouvement rectiligne alternatif d'un piston de pompe d'épuisement présentée par un certain M.White à l'académie des sciences le 15 vendémiaire de l'an III. Le dessin correspond à une maquette permettant de visualiser d'une manière plus concrète le fonctionnement de ce dispositif. Cette nouvelle pompe étant appelée à

remplacer celle déjà installée à Marly, mais dont les performances sont estimées insuffisantes. Lanz et Bétancourt traduisent le principe mécanique de cette pompe imaginée par White en réalisant le dessin simplifié. L'agent moteur assure la rotation du pignon qui engraine avec l'une ou l'autre des crémaillères taillées dans une noix prismatique qui reçoit, à chaque fin de course du piston, l'action des deux bielles. Le dispositif de commande de l'oscillation de ces deux bielles n'est pas précisé.

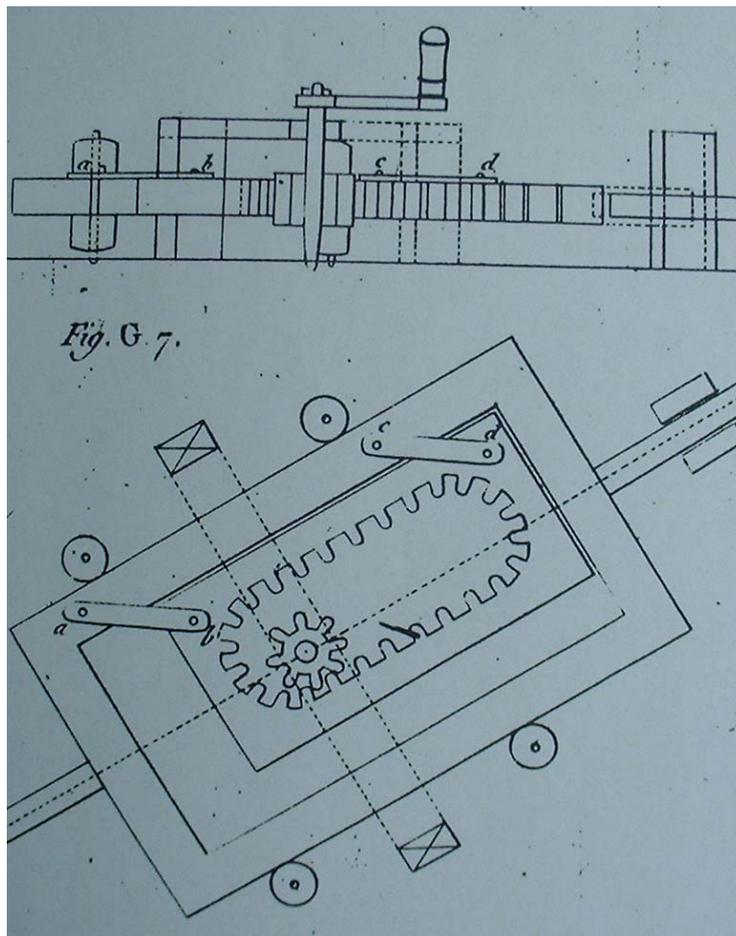


Illustration 6.9, page 67, planche 3, Lanz et Betancourt.

Le dispositif à engrenages coniques (*illustration 6.10*) transforme un mouvement circulaire alternatif moteur en un mouvement circulaire continu selon une direction perpendiculaire à celle du mouvement d'entrée. L'insertion d'un tel système dans les machines industrielles devient de plus en plus courant et remplace avantageusement les dispositifs à roues de friction ou à poulies et courroies dont le

rendement mécanique demeure limité et ne permet pas de transmettre des énergies conséquentes.

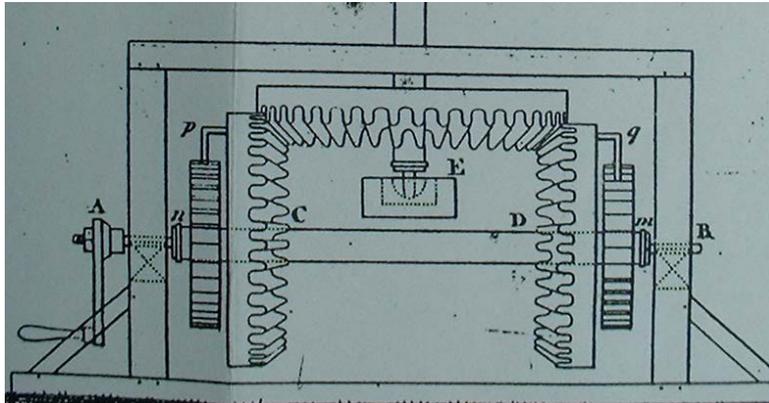


Illustration 6.10, page 156, planche 11, Lanz et Bétancourt.

Deux roues à rochet inversées et montées rigidement sur l'arbre d'entrée entraînent alternativement les roues coniques montées folles sur ce même arbre. Ces roues coniques qui portent chacune un cliquet, entraînent, à tour de rôle et quelque soit le sens de l'action d'entrée, la roue E. Cette roue tourne toujours dans le même sens.

La combinaison de mouvements retenue pour la conception d'un tour à fileter observé par Lanz et Betancourt dans l'atelier de M. Perrier, établi à Chaillot, compose le contenu de l'image ci-après (*illustration 6.11*). On remarquera la projection du sillon hélicoïdal réalisé par l'outil à fileter sur le cylindre C.

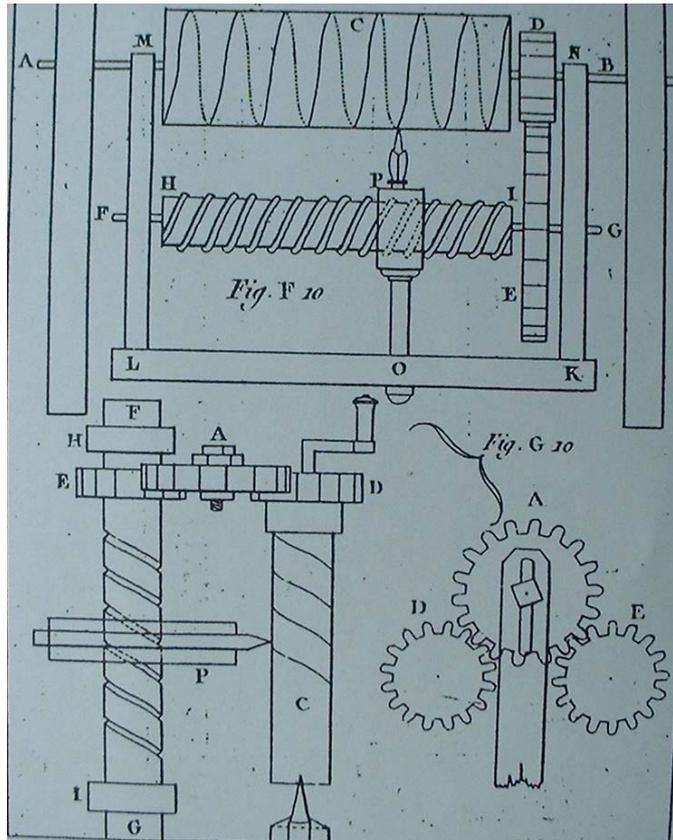


Illustration 6.11, page 172, planche8, Lanz et Bétancourt.

Les fonctions essentielles jouées par le couple vis-écrou dans la composition des systèmes techniques industriels n'échappent pas aux concepteurs et aux constructeurs de machines. Lanz et Bétancourt, qui soulignent aussi *combien cette machine est extrêmement importante dans les arts*, nous communiquent, toujours par l'intermédiaire de dessins simplifiés, le principe de cette machine-outil.

L'écrou porte-outil P est animé d'un mouvement de translation par l'intermédiaire de la vis FG guidée en rotation par deux paliers. Un train d'engrenage constitué des roues dentées D, A et E. transmet le mouvement de rotation. Le montage de la roue intermédiaire est tel, qu'il autorise la modification du rapport de transmission. Le mouvement de rotation d'entrée est conjugué avec celui de la pièce à usiner. L'obtention simultanée des mouvements de translation de l'outil et de rotation de la pièce à usiner engendre le sillon hélicoïdal souhaité. Le pas de la vis à obtenir est fonction des diamètres des roues D et E, la roue intermédiaire A assurant des sens identiques de rotation de la pièce C à usiner, et de l'arbre fileté FG.

Il nous semble intéressant de rapprocher deux représentations graphiques d'un même objet technique, un tour à fileter, effectuées à des dates et à des fins différentes. La première représentation est celle

retenue par Jean Gaffin Gallon dans son recueil des prix de l'académie royale des sciences. Elle rapporte l'invention (*illustration 6.12*) présentée à l'académie par M.Grandjean en 1729. La seconde est due à Lanz et Bétancourt qui traduit le principe du fonctionnement de cette machine, (*illustration 6.13*).

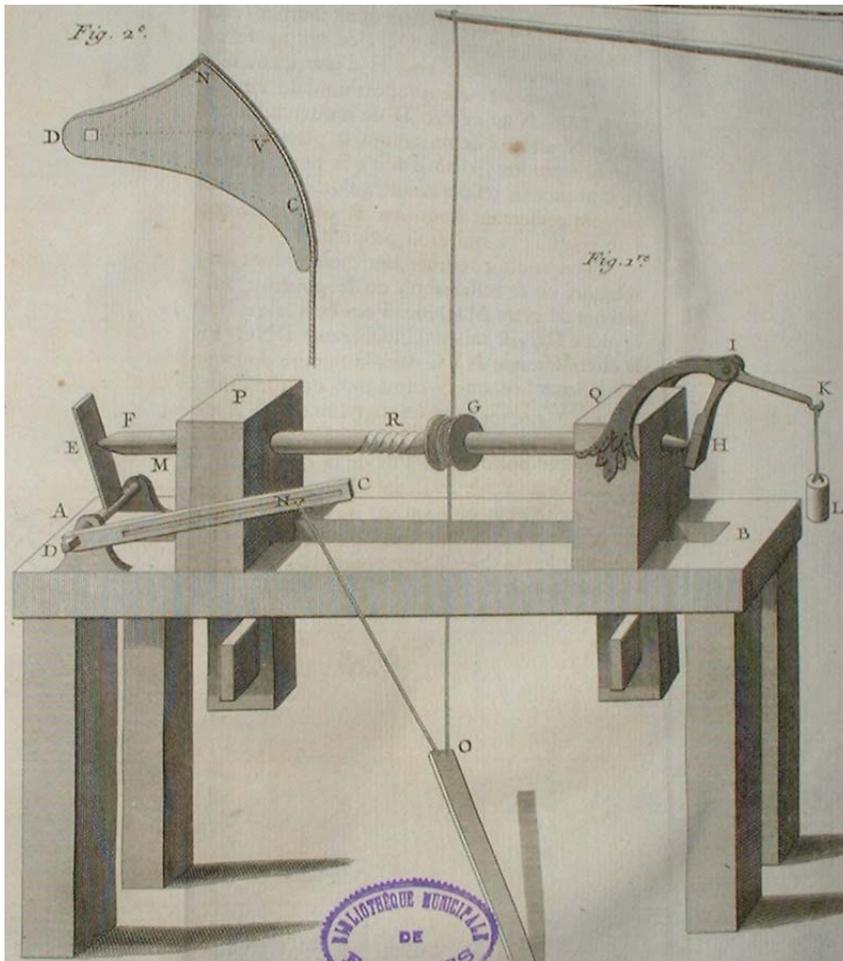


Illustration 6.12, Tour pour faire sans arbre toutes sortes de vis, Gallon. 20,5 x 16 cm.

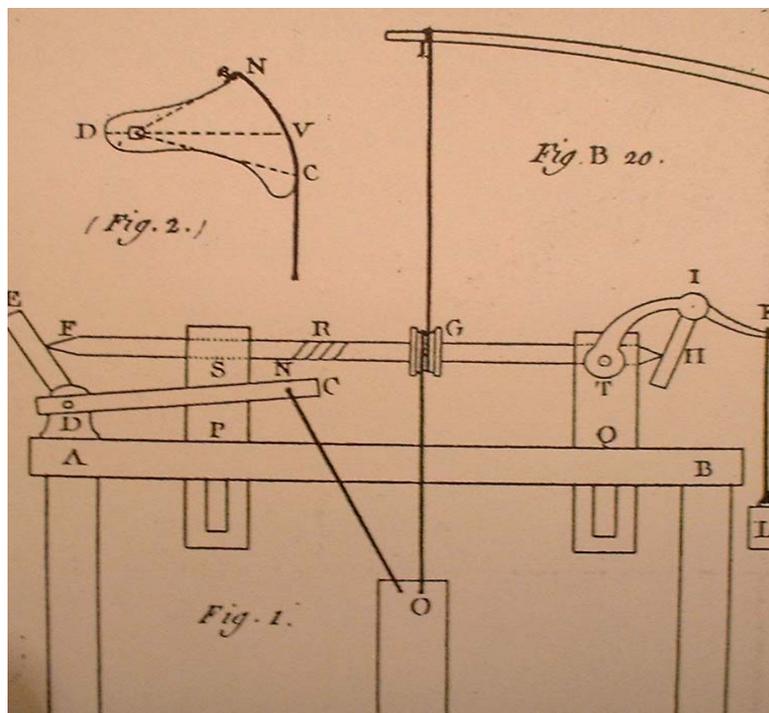


Illustration 6.13, Tour à fileter, Lanz et Bétancourt

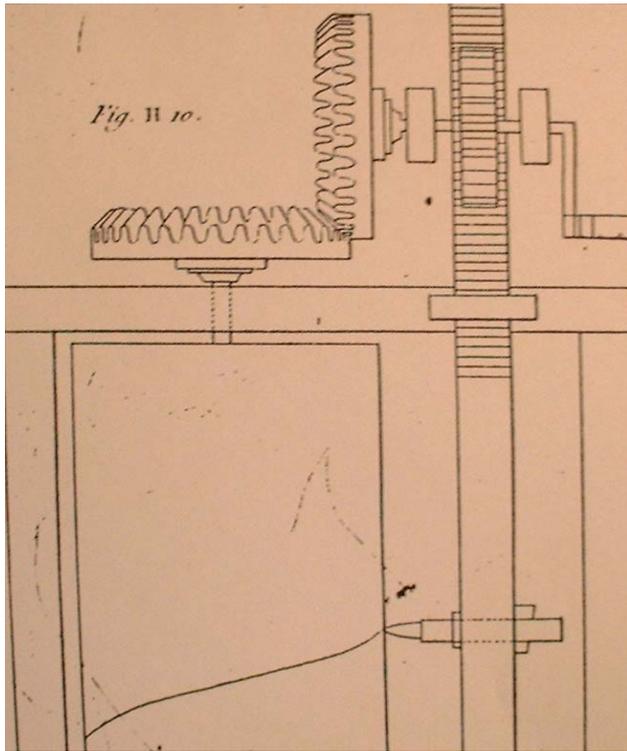
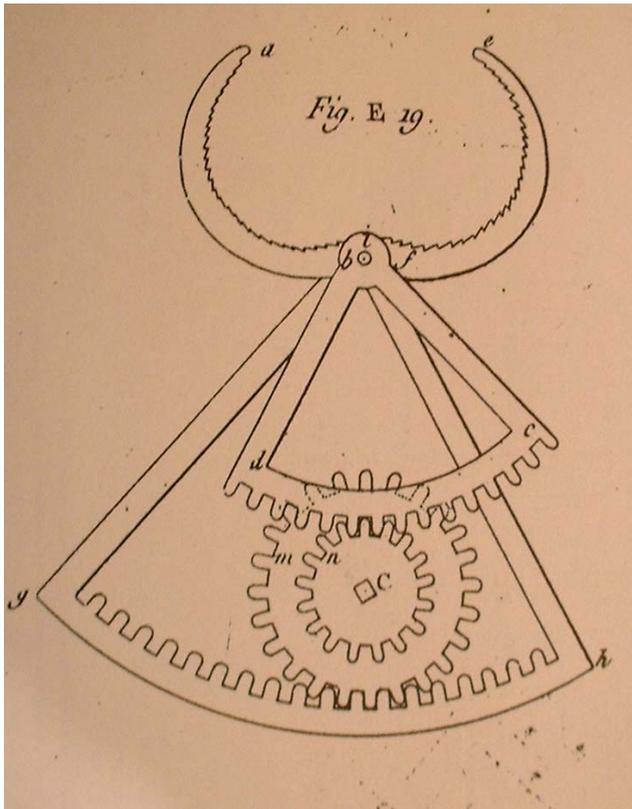


Illustration 6.14

Le pignon à denture droite et l'un des pignons coniques sont liés à l'arbre manivelle. Le pignon droit, animé d'un mouvement de rotation entraîne en translation une crémaillère recevant, par exemple un outil à fileter.

Le second pignon conique, animé d'un mouvement de rotation, entraîne le cylindre qui lui est lié rigidement.

Le mouvement de rotation d'entrée par la manivelle se transforme en un mouvement de translation de l'outil et en un mouvement de rotation du cylindre. La combinaison simultanée de ces deux mouvements engendre la trajectoire hélicoïdale sur la pièce.



La branche a est solidaire du secteur denté cd, la branche b est solidaire du secteur denté gh. Les roues dentées m et n entraînent en des rotations inverses les secteurs dentés. La pince se ferme ou s'ouvre selon le sens de rotation des roues dentées.

Illustration 6.15.

Les classifications de machines proposées par les illustres Hachette, Lanz et Bétancourt ne se superposent pas puisque le nombre de mouvements de base, circulaires et rectilignes, diffère. Hachette en retient quatre, alors que Lanz et Bétancourt mènent leur réflexion à partir de six. Cependant la méthodologie qu'ils retiennent pour associer ces mouvements demeure semblable.

L'ingénieur Borgnis vient rompre cette apparente harmonie dans les procédures de classification de machines. Il *regarde* la machine au travers des organes qui la composent et centre ses réflexions sur la fonction des éléments et s'engage dans leur description.

Parmi les organes contenus dans cette classification, ceux compliqués, de formes insolites et d'une importance majeure, ont exigé des descriptions amples et détaillées; au contraire il a suffi d'indiquer brièvement ceux qu'un usage universel a rendus familiers, ceux doués d'une grande simplicité, et enfin ceux dont le développement est réservé aux volumes subséquents.

(Extrait, avertissement, *Traité complet de mécanique, tome I, Borgnis*).

6.4: La composition des machines selon Giuseppe Antonio Borgnis.

Ce n'est pas moins de dix ouvrages de mécanique que Giuseppe Antonio Borgnis fait paraître à la librairie Bachelier à Paris, entre les années 1818 et 1823. Le premier, intitulé: *De la composition des*

machines, est édité en 1818. Il contient la classification, la description et l'examen comparatif des organes mécaniques. Il se présente en un seul volume comptant 450 pages accompagnées de 43 planches donnant *les figures* de 1200 organes de machines. Nous mentionnions déjà cet ouvrage (*chapitre 2, page 102*) qui introduit le *Traité complet de mécanique appliquée aux arts* composé de sept volumes. Borgnis utilise sa partition des organes de machines contenue dans son premier livre pour bâtir les sept tomes précités. La contribution de Borgnis est construite selon un rangement des organes de machines en: *récepteurs, communicateurs, modificateurs, supports, régulateurs, et opérateurs*. Il complète ses études en se consacrant à la mécanique, cette branche qu'il dit *si importante des sciences physico-mathématiques, qui se divise en deux parties, qu'il est important de ne pas confondre; elles ont même origine et des directions différentes*. S'agissant de mécanique, il fait une distinction appuyée entre la *Mécanique rationnelle* et la *Mécanique pratique*:

La première est purement spéculative et théorique; elle a pour but de déterminer en général toutes les lois de l'équilibre et du mouvement des corps, et d'appliquer ces lois à l'interprétation des principaux phénomènes de la nature. La seconde est l'application immédiate de ces mêmes lois aux usages de la société; elle dirige le praticien dans le choix et l'emploi des méthodes convenables aux divers effets qu'il se propose de produire; elle indique la marche à suivre dans ces opérations et lui signale les écueils à éviter.

(*introduction, discours préliminaire, Composition des machines, Borgnis*).

Giuseppe Antonio Borgnis, ingénieur mécanicien italien et professeur de mécanique à l'université de Paris, est très attaché à toute action susceptible de promouvoir cette *Mécanique pratique* qui, selon lui, mérite que chacun y accorde de l'intérêt. Il reconnaît cependant que la résolution de problèmes concrets de mécanique "n'excitera peut être pas l'admiration des érudits, mais elle leur procurera la reconnaissance et l'estime de leurs concitoyens dont ils seront les bienfaiteurs". La question de la relation, de la communication entre concepteurs et constructeurs est ainsi posée; une relation entre des travaux de réflexion et de recherche purement théoriques et des travaux de constructions mécaniques immédiatement utiles. Borgnis souligne la constante complémentarité qui doit s'instaurer et se développer dans des échanges organisés entre *Théoriciens* et *Praticiens*.

Tout en prenant acte de l'expansion du machinisme qu'il observe en ce début de 19^{ème} siècle, il dénonce les retards dans l'organisation et dans le développement de la *Mécanique-pratique*, " *une mécanique pourtant de haute importance* ". Il estime que trop de machines, pourtant considérées aux yeux de certains comme étant nouvelles, ne sont que la reproduction de machines déjà existantes. En construction mécanique,

la routine et les tâtonnements répétés ne sont pas source de progrès et sont d'autant plus regrettables lorsqu'ils conduisent à *des réalisations ridicules ou insignifiantes*. Borgnis voit essentiellement trois causes qui ont pu retarder les progrès de la *Mécanique-pratique*:

Premièrement, la solution de la plupart des problèmes exige la connaissance d'une foule de petits détails, qu'on ne saurait approcher de la perfection qu'au moyen de leur réunion complète, combinée de la manière la plus avantageuse. Souvent la plupart de ces détails sont inconnus des savants qui les croient d'une classe trop vulgaire pour en faire un objet d'étude et ils s'appliquent rarement à la mécanique-pratique. Secondement, les praticiens, à qui ces détails sont familiers, négligent ou ignorent les théories et adoptent des méthodes aveuglément, sans savoir en apprécier les avantages ni les inconvénients. Troisièmement, c'est la défaveur que font rejaillir sur les perfectionnements utiles ces essais d'inventions fécondées par l'ineptie de personnes ignares qui ont la manie de se croire mécaniciens par inspiration.

(page 3, discours préliminaire, *Composition des machines*).

IL entend que le bon mécanicien ne se cantonne pas, dans un domaine de la mécanique circonscrit, en se satisfaisant de sa seule expérience, de l'habitude. Il doit faire preuve d'esprit critique et se munir d'une théorie qui, associée à une pratique affirmée, le conduira vers la réalisation de machines toujours plus performantes. Il fait état également *des échecs d'habiles mécaniciens* pour ce qui est des opérations pratiques et propose que chacun œuvre pour cette incontournable association de la théorie et de la pratique.

C'est en réunissant intimement les unes et les autres qu'on peut se flatter d'obtenir des résultats réellement utiles et satisfaisants.

(page 6, discours préliminaire, *Composition des machines*).

Les connaissances du mécanicien sont encore *éparses, sans ordre et sans liaison*. Voilà un constat qui a fortement contribué à justifier le travail de recherche que Borgnis entreprend, à savoir: réunir les connaissances mécaniques du moment, les classer et construire un corps de doctrine méthodique, organisé. Il s'agit pour lui de faire en sorte que soit reconnue la dépendance mutuelle des connaissances de mécanique, que l'on puisse les comparer et surtout de les acquérir pour se munir *d'idées claires et durables sur les arts mécaniques*. Borgnis introduit, idées et méthodes de classification, en soulignant les analogies qu'il distingue entre les machines et les êtres vivants.

Il a fallu décomposer les machines dans leurs parties primordiales, et imiter l'anatomiste qui, pour connaître à fond la structure et les fonctions vitales des corps animés, les décompose dans toutes ses parties organiques, les analyse exactement, les

examine séparément, et reconnaît les formes, la disposition, la manière d'être de chacune d'elles; ensuite il les compare et reconnaît l'artifice admirable de leurs combinaisons diverses. J'ai pensé qu'on devait suivre la même démarche à l'égard des machines, dont la plupart sont trop compliquées pour qu'on puisse, sans le secours de la décomposition, s'en faire des idées justes, nettes, distinctes, et surtout durables. Il ne suffit pas, pour arriver à ce résultat, d'en décomposer quelques unes séparément; il faut les soumettre toutes simultanément à l'analyse.

(page 8, discours préliminaire, *Composition des machines*).

L'évaluation des performances des systèmes techniques industriels mis en œuvre dans l'environnement pour lequel ils ont été conçus et réalisés, ces systèmes étant soumis à une action mécanique extérieure. Borgnis procède à l'analyse des éléments mécaniques d'une machine, en faisant observer que toute machine *exige indispensablement un moteur* et considère différentes *classes* de moteurs subdivisées en *genres*, les genres en *espèces* et les espèces en *variétés*.

Quand aux organes mécaniques qui entrent dans la composition d'une machine, il retient: *ordre, classe et genre*. Les *ordres*, au nombre de six, sont classés en: *récepteurs, communicateurs, modificateurs, supports, régulateurs, opérateurs*.

Le tableau que nous présentons (*illustration 6.16*) correspond à la première page du classement synoptique des organes mécaniques vu par Borgnis. Il nomme *récepteur*, l'organe mécanique, d'*ordre premier*, de la machine qui reçoit l'action du moteur. Dans le tableau rapporté ci-après, il est question des récepteurs zoologiques de la première classe, c'est-à-dire des récepteurs recevant une action mécanique d'origine humaine ou animale. La seconde classe concerne les récepteurs hydrauliques, la troisième, les récepteurs thermiques, la quatrième, les récepteurs pneumatiques, et enfin la cinquième correspondant aux récepteurs dépendants et aux récepteurs proposés. Par récepteurs dépendants, Borgnis entend les poids et les ressorts, et par récepteurs proposés: la machine à feu, la poudre à canon employée comme moteur de machine...soient les moteurs dont l'action mécanique est interne et non en liaison directe avec l'organe récepteur de la machine.

Dans le prolongement de cette liaison des ensembles moteurs et récepteurs, il est question des *communicateurs*, organes de transmission de l'action mécanique. La distance séparant ces deux ensembles conduit Borgnis à établir deux classes de communicateurs: les communicateurs de proximité (engrenages, excentriques...) et les communicateurs étendus (chaînes, balanciers, bielles, leviers...). Ces communicateurs appartenant à l'ordre second dans la classification.

L'*ordre troisième* est composé des *modificateurs* dont la fonction consiste à faire varier l'intensité de l'action mécanique créée par le moteur et la vitesse du mouvement de transmission de cette action. Ce

troisième ordre est distribué en six classes: les leviers, les treuils, les poulies, les engrenages, les vis et coins et enfin les presses hydrauliques. L'*ordre quatrième*, celui des supports, donc des bâtis de machines répartis en Borgnis en trois classes distinctes, selon qu'ils assurent un guidage en rotation, un guidage en translation ou une liaison rigide ; l'étau est ainsi qualifié de support tenace. L'*ordre cinquième*, a trait aux régulateurs. Nous rapportons ici les propos que tient Borgnis au sujet de cet ordre des régulateurs:

Le cinquième ordre renferme les régulateurs, distribués en trois classes, *modérateurs*, *directeurs* et *correcteurs*. Les modérateurs ont pour but de réduire les mouvements à l'uniformité. Les directeurs règlent le mouvement par rapport à sa durée, à sa vitesse et à son amplitude, et dirigent les interruptions, les renouvellements et les variations périodiques de mouvement; les correcteurs enfin préviennent et diminuent les effets nuisibles des résistances passives.

(page 16, discours préliminaire, composition des machines, Borgnis).

ORDRE PREMIER. — RÉCEPTEURS.

CLASSE PREMIÈRE. — RÉCEPTEURS ZOOLOGIQUES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES		
		Planch.	Figures.	Page.
GENRE PREMIER. — Récepteurs zoologiques mus par des hommes.				
1 A traction verticale du haut en bas	1 Corde passée sur une poulie	2	1	18
	2 Corde attachée à un levier rotatif	1	1	21
	3 Double levier rotatif ou levier à bascule	1	3	23
	4 Levier à tige inflexible	1	2	24
	5 Axe vertical de petites dimensions à rot. alter.	1	6	25
	6 Axe vertical de grande dimension à rot. alter.	2	5	28
	7 Cordes à nœuds de <i>Berthelot</i>	3	7 et 8	29
2 A traction verticale du bas en haut	1 Tige ou tige verticale à barre horizontale	1	5	30
	2 Levier rotatif	1	4 et 10	31
3 A pression horiz. sans locom. par la force muscul. des bras	Tige horizont. qu'un ou deux hommes tirent et poussent alternativement	3	6	32
	1 Plan horizontal flexible	2	6	33
4 A pression horiz. par la force musculaire des jambes	2 Roue horizontale à rayons	1	12	34
	3 Roue verticale à tasseaux	1	15	36
	4 Axe à chaise mobile	1	16	37
	1 Homme tirant au moyen d'une corde ou d'une courroie posée en écharpe sur sa poitrine	1	11	39
5 A traction ou pression horiz. locomotive	2 Homme poussant une barre horizontale	1	11	40
	1 Manivelle simple	1	7	42
6 Manivelles	2 Manivelle à tige mue par les pieds de l'homme	1	8	44
	3 Maniv. à tige et à balancier vert. suspendu	1	9	45
	4 Maniv. à tige et à balancier vert. non suspendu	2	3	46
	5 Maniv. à tige et à balancier horizontal	2	9	47
	1 Treuils à leviers fixes	"	"	48
7 Treuils à leviers	2 Treuils à leviers mobiles	"	"	49
	1 Roue à chevilles	1	17	50
8 Roues zoologiques	2 Roue à tambour	1	18 et 19	52
	3 Roue à double force	1	20	54
	2	2	57	
9 Échelle flexible			68	
10 Roues zoologiques obliques ou horizontales	1 Roue zoologique oblique	1	13	69
	2 Roue zoologique horizontale	1	14	70
11 Bascules	1 Bascule mue par un seul homme	2	4	71
	2 Bascule mue par deux hommes	2	8	72
	3 Bascule à manivelle	2	7	73
	4 Bascule à arc de cercle	3	9 et 12	74
	5 Bascule à mouvement alternatif rectiligne	3	4	75
	6 Bascule à double pression de M. <i>Desmandres</i>	3	14	"
	7 Plateaux mobiles	2	1	"
GENRE DEUXIÈME. — Récepteurs zoologiques mus par des animaux.				
1 Manèges	1 Manivelle à manège	3	10	83
	2 Manège à flèches horizontales	2	15	88
	3 Manège à flèches obliques	2	15	89
2 Roues verticales	1 Roue mue par des chevaux, en se servant de leurs jambes de derrière	2	10	90
	2 Roue mue par des bœufs ou buffles	3	13	92
	3 Roue mue par des chevaux, en se servant de leurs jambes de devant	2	12	93
	4 Roue mue par des chiens	3	11	"
3 Roue oblique	Roue mue par des bœufs	2	11	94
4 Plan incliné flexible		2	13	95
5 Plateaux mobiles		2	16	97

Illustration 6.16, extrait, classification, Borgnis.

L'ordre sixième propose les classes des opérateurs qui agissent instantanément et sans intermédiaire sur la résistance. Ces organes de la machine agissent par déplacement, pression, percussion, frottement ou enfin par séparation.

Nous ne pouvons omettre de souligner que Borgnis dédie son *Traité de mécanique appliquée aux arts*, à Christian, directeur du conservatoire des arts et métiers de Paris. Le ton du message que rédige Borgnis mérite que nous rapportions ses propos.

Permettez moi, Monsieur, que cet ouvrage, fruit de longues et laborieuses investigations, se place sous vos auspices tutélaires. Permettez lui de se décorer de votre nom respectable, nom illustré par d'importants travaux, et par une invention récente de la plus grande utilité.

Ce nom, que tous les amis des connaissances utiles vénèrent et chérissent, lui conciliera la bienveillance publique, et lui procurera, je l'espère, un favorable accueil.

J.A.Borgnis à Monsieur Christian, chevalier de la légion d'honneur, directeur du conservatoire des arts et métiers.

Ces éloges ont peut-être stimulé notre curiosité et que nous fassions des travaux de Gérard Christian un nouveau centre d'intérêts. Ce savant, s'il s'est distingué par son *Traité de mécanique industrielle*, relatif à l'étude des systèmes mécaniques industriels, et édité en 1822, il a aussi été remarqué pour ses idées sur les *Opérations mécaniques*, idées qu'il développe dans l'ouvrage paru en 1819, *Vues sur le système général des opérations industrielles, ou plan de technonomie*. Mais ne serions nous pas conduit à penser que ce dernier volet de ses recherches a surtout intéressé les historiens des techniques?

6.5: *Vues sur le système général des opérations industrielles selon Gérard Christian.*

Gérard Christian, directeur du conservatoire des arts et métiers, publie donc, en 1819, un ouvrage qu'il intitule: *Vues sur le système général des opérations industrielles, ou plan de technonomie*. Christian dit y procéder à:

L'exposition des bases d'une science qui, enchaînant les faits par leurs rapports et leurs analogies, semble appelée à les dominer et à les expliquer tous. Nous nommons cette science *Technonomie*.

(Extrait, page 38, Plan de technonomie, Christian).

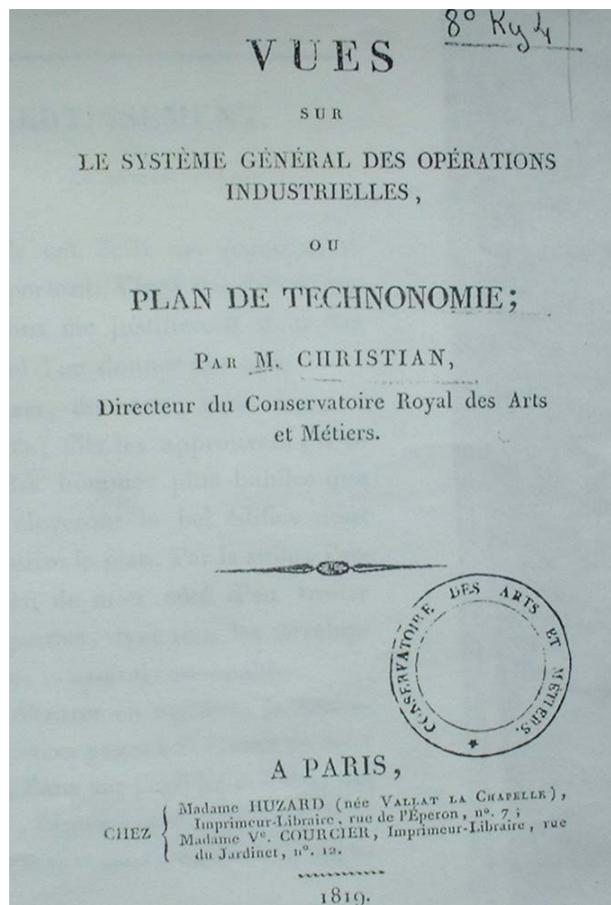
Il retient ce concept lorsqu'il associe, en utilisant les outils graphiques, les mécanismes élémentaires pour construire des systèmes techniques industriels complexes.

Trois années plus tard, il fait paraître son *Traité de mécanique industrielle, ou exposé de la science de la mécanique déduite de l'expérience et de l'observation*. Ces deux ouvrages entrent, à juste titre, dans le cadre de notre étude. Le premier livre cité, au-delà du développement des techniques de conception et de réalisation des machines, propose une réflexion au plan philosophique, social, culturel

et politique quant aux effets de l'expansion du machinisme. L'étude du système de production ne peut plus se limiter, selon Christian, en une appropriation *de tous les détails liés à la compréhension du fonctionnement des machines et du déroulement des travaux industriels*. Il considère qu'il est prudent de prendre davantage en compte les effets sur l'économie d'une nation, d'un développement des implantations de machines industrielles. Les différents traités de technologie se sont jusque là limités, dit-il, à la description de machines, sans émettre des principes généraux et des règles transposables d'un secteur d'activité à un autre.

Ce n'est pas toutefois qu'on puisse regarder ces traités de technologie comme autre chose qu'un arrangement, une simple classification systématique des procédés des arts. On y chercherait en vain des faits généraux, des déductions théoriques et fécondes, en un mot, une doctrine qui les domine et les embrasse tous; et, quelles qu'aient été les bases adoptées pour opérer les classifications technologiques connues, chaque art a eu son traité particulier et une phase arbitraire; de sorte qu'on peut apprendre à connaître tous les détails de l'un, et n'avoir aucune notion, ni du précédent, ni du suivant: car il faudrait pour cela qu'ils fussent éclairés par une lumière commune.

(page 35, *vues sur le système général des opérations industrielles*, Christian).



Christian souhaite engager une réflexion qui le conduise à définir et à énoncer des principes généraux de la production industrielle et à aller au-delà des simples descriptions de machines comme celles qui composent les traités déjà parus et qui présentaient, lors de leur édition, un très grand intérêt pour la description et pour l'histoire des arts mécaniques.

Nous n'allons donc pas nous livrer ni à de vaines dissertations *a priori* sur la production, ni à des descriptions de procédés industriels toujours incomplètes, et souvent plus fastidieuses qu'instructives, mais à l'exposition des bases d'une science qui, enchaînant les faits par leur rapports et leurs analogies, semble appelée à les dominer et à les expliquer tous. Nous nommons cette science *Technonomie*.
(page 38, *Vues sur le système général des opérations industrielles*, Christian).

Nous ne traiterons pas de *théorie sur la division du travail*, thème développé et enrichi par l'économiste écossais, Adam Smith¹¹⁶. Cependant, ce thème est repris par Christian dans ses *Vues sur le système général des opérations industrielles*. Cette division du travail, qui permet de *faire de grandes choses avec des intelligences médiocres*, conduit à l'invention ou au perfectionnement de machines. La connaissance fine de l'architecture, du fonctionnement et des performances de la machine demeure nécessaire mais il faut appréhender cette machine, aussi et surtout, dans le contexte où elle est implantée. En fait, il y a lieu de procéder à deux niveaux d'analyse, d'ailleurs non disjoints, l'un relatif à la machine isolée, l'autre à la machine dans l'environnement où elle doit remplir sa fonction. Dans ce dernier cas, elle constitue l'un des éléments d'un atelier de production. L'étude et la conception de cet espace, qui devient lui-même système technique industriel, relève de procédures d'analyse semblables à celles retenues pour décomposer une machine en ses mécanismes élémentaires.

Christian sait faire usage des outils graphiques pour traduire l'organisation de systèmes de production, comme le confirme l'installation représentée en introduction, à la page 35, (*illustration 0.14*). Il implante, par le trait, les machines entrant dans un espace de production industrielle. Les *connections* ou encore, liaisons mécaniques des sous-ensembles entrant dans le processus sont dessinées.

Les mécanismes destinés à opérer ainsi sur le mouvement moteur ont été présentés, chacun isolément, dans les chapitres précédents, et suivant leurs services respectifs; nous en réunissons un certain nombre dans la planche 36, pour montrer comment on peut les faire agir. (*Extrait, page 443, livre second, chapitre 7, Traité de mécanique, Christian*).

¹¹⁶ Smith, Adam, 1723-1790, économiste écossais, *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*, Bibliothèque municipale de Rennes, cote: 78750.

Tableau Synoptique de Technonomie

1^{re} DIVISION :
 Elle a pour objet l'exposition des divers systèmes de travail industriel et des principes généraux qui les régissent.
 Ce travail présente deux modes généraux, qui sont :

1^{re} DIVISION :
 Elle a pour objet l'exposition des divers systèmes de travail industriel et des principes généraux qui les régissent.
 Ce travail présente deux modes généraux, qui sont :

1^{re}. Les métiers qui consistent dans de simples opérations de la main armée le plus ordinairement d'un outil dirigé avec plus ou moins d'attention, Ils se divisent :

- 1^o. D'après leurs procédés, en trois classes distinctes, SAVOIR :
- 2^o. D'après leurs produits qui sont :

1^{re} CLASSE. Ceux qui exigent essentiellement une attention et un soin particuliers.
 2^e CLASSE. Ceux qui se pratiquent en totalité, comme les métiers de tissage.
 3^e CLASSE. Ceux qui se composent de plusieurs parties dont l'ensemble est essentiellement et indéfiniment variable de forme ou de dimension.
 On les conçoit susceptibles d'admettre des formes et des dimensions et on les compose de parties variables indépendamment et de parties fixes.
 On sait, ceux qu'on ne peut créer que sur place d'une manière particulière.

Les agents mécaniques, qui sont destinés à suppléer à la force motrice de l'homme et à imiter l'adresse de la main-d'œuvre.
 On considère leurs opérations sous trois rapports généraux, SAVOIR :

- 1^o. Les moteurs et leurs usages d'applications, qui sont :
- 1^{re} CLASSE. Les différents moyens de transmettre la force motrice de la machine à l'outil.
 Les différents systèmes de voitures, etc.
 Les Poulies. Les moyens d'employer l'Eau. Les moyens d'employer le Vent. Les moyens d'employer la vapeur, tels que les machines à vapeur, etc.
 La Dilatation des Corps à M. Brown.
 Les Corps élastiques et les liquides qu'on utilise en vue de leurs dilatations, comme le chlorure de M. Capard-Lavoir.
 Les Constructions des Moteurs à vapeur, et de l'air comprimé.

2^o. Les fabriques, usines ou manufactures, qui consistent en un certain nombre d'opérations simultanées, exercées de concert par des agents divers.
 On y emploie deux espèces d'agents, SAVOIR :

- 1^o. Les moyens de transmettre le mouvement primitif des moteurs.
- 1^{re}. SÉRIE. Mécanismes ayant pour objet de transmettre le mouvement d'un agent à un autre, sans en changer la direction.
 2^o. SÉRIE. Mécanismes de transmission de mouvement, qui ont pour objet de recueillir et de transmettre le mouvement de plusieurs agents à un seul, à des machines ou à des outils, ou pour servir à d'autres fins, etc., etc., et
- 2^o. SÉRIE. Mécanismes de transmission de mouvement, qui ont pour objet de transmettre le mouvement d'un agent à un autre, sans en changer la direction.
 3^o. SÉRIE. Mécanismes de transmission de mouvement, qui ont pour objet de recueillir et de transmettre le mouvement de plusieurs agents à un seul, à des machines ou à des outils, ou pour servir à d'autres fins, etc., etc., et
- 3^o. Les moyens d'élever ou de baisser les matériaux, les produits, les matières, etc., etc., et
- 4^o. SÉRIE. Division des matières, etc., etc., et
- 5^o. SÉRIE. Appareils de filtration, etc., etc., et
- 6^o. SÉRIE. Appareils de séchage, etc., etc., et
- 7^o. SÉRIE. Appareils de broyage, etc., etc., et
- 8^o. SÉRIE. Appareils de filtration, etc., etc., et
- 9^o. SÉRIE. Appareils de séchage, etc., etc., et
- 10^o. SÉRIE. Appareils de broyage, etc., etc., et
- 11^o. SÉRIE. Appareils de filtration, etc., etc., et
- 12^o. SÉRIE. Appareils de séchage, etc., etc., et
- 13^o. SÉRIE. Appareils de broyage, etc., etc., et
- 14^o. SÉRIE. Appareils de filtration, etc., etc., et
- 15^o. SÉRIE. Appareils de séchage, etc., etc., et

Les agents chimiques qui sont destinés à opérer des combinaisons et des décompositions de substances que présente la nature.
 On considère aussi leurs opérations sous trois rapports généraux, SAVOIR :

- 1^o. Les agents eux-mêmes, qui sont de deux sortes.
- 1^o. Les agents généraux, savoir :
- 2^o. Les agents particuliers, l'usage, la fabrication, la distillation, la décoloration, la combustion sous le double, la dissolution à chaud ou à froid, l'inspiration et la expiration, la carbonisation, la calcination, la fusion, la sublimation et la volatilisation, l'alliage, etc., etc., et
- 3^o. Les préparations préparées, savoir :
- 4^o. Extraction d'une combinaison, etc., etc., et
- 5^o. Purification des produits obtenus, etc., etc., et
- 6^o. Réaction à des matières brutes, etc., etc., et
- 7^o. Réaction à des matières brutes, etc., etc., et

II^{me} DIVISION :
 Elle expose les principes qui gouvernent la conduite économique du travail, en un mot, les principes de l'économie manufacturière.
 Elle considère :

- 1^o. Le travail en général sous le rapport économique.
- 2^o. Les divers modes de production manufacturière, sous le même rapport.
- 3^o. Les règles pour la formation des établissements industriels et l'étendue des localités sur ces établissements.
- 4^o. La statistique industrielle.
- 5^o. La direction spéciale de la fabrication proprement dite.
- 6^o. Les divers systèmes d'achat de matières premières, et de ventes des produits fabriqués.
- 7^o. La comptabilité manufacturière.
- 8^o. L'influence de la consommation et du goût sur le système de fabrication et réciproquement, ou l'économie industrielle.
- 9^o. Enfin les rapports moraux de chef d'entreprise avec les ouvriers, ainsi qu'avec les consommateurs.

Illustration 6.17, extrait du tableau synoptique de technonomie, Christian.

Nota: Le tableau complet, à l'échelle originale, figure en document annexe.

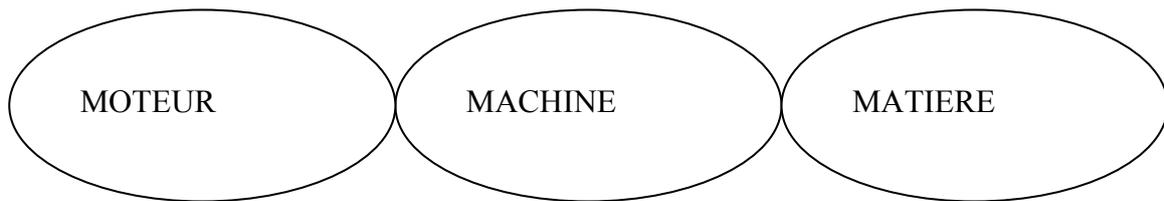
La technonomie, si nous nous tenons aux dires de Gérard Christian, se caractérise par deux divisions fondamentales: l'une relative à l'exposition technique des divers systèmes de production industrielle et des principes généraux qui la régissent, l'autre concernant les principes de l'économie manufacturière. Le premier volet montre de quelle façon s'opère la production, le second, montre comment se gère la production, *une production industrielle vue comme moyen de faire fortune*. Dès lors, la technonomie, *science de la technique*, est considérée comme source de perfectionnement général du travail de l'homme:

Le perfectionnement du travail conduit à l'aisance générale, et l'aisance générale est le fonds dans lequel germent les bonnes mœurs, l'ordre public et l'amour de la patrie.
(page 38, *vues sur le système général des opérations industrielles*, Christian).

A notre sens, ce détour par une courte analyse de travaux de recherche que Christian concrétise dans ce livre que nous venons de fermer momentanément, ne nous éloigne pas de notre sujet d'étude: *La communication scientifique et technique à l'aide des outils graphiques*. En effet, tout au long des propos tenus par Christian, nous voyons soulignée cette nécessité de faire connaître, d'instruire, de communiquer un état des inventions et des constructions de machines. Cependant, face aux développements sans précédent des performances et du nombre des machines implantées dans les secteurs d'activités les plus divers, les contenus des *traités de technologie* relatifs aux arts mécaniques, doivent être sans cesse réactualisés. Le graphisme ne doit plus se satisfaire de descriptions propres à chaque machine, il doit aussi et surtout, traduire des principes de fonctionnement plus généraux et ne plus s'attacher aux détails, *détails qui viendraient encombrer inutilement l'esprit du lecteur*. Mais le livre de technologie accompagné de ses planches composées de dessins de machines demeure promis à un bel avenir. Manifestement Christian prend appui sur les ouvrages commis par les Hachette, Lanz, de Béthencourt et autre Borgnis. Il adhère au " dessin allégé " mais suffisamment lisible pour mettre en évidence tel principe de transformation de mouvement, d'amplification de l'effet d'une action mécanique...

Le directeur du conservatoire royal des arts et métiers, publie en 1822 et dans le prolongement des ouvrages dont nous venons de parler, son *Traité de mécanique industrielle*. A la différence des précédents auteurs, Christian n'aborde pas l'étude de la machine de manière isolée, mais il la considère dans l'environnement industriel pour lequel elle a été conçue, fabriquée et mise en œuvre. Le système de production

observé par Christian est appréhendé avec la prise en compte de la source d'énergie utilisée et de la matière à transformer ou à déplacer. Une "opération mécanique" est composée de trois sous-ensembles, *trois choses*, un moteur, un outil ou une machine et la matière. La machine proprement dite est elle-même le résultat d'une combinaison de trois systèmes mécaniques: le premier recueille l'action fournie par le moteur, le second transmet et modifie le mouvement d'entrée reçu et le troisième, par un agencement de pièces appropriées agit sur la matière.



Ces trois ensembles sont liés, mais nous observons que l'on peut conserver la première partie, à savoir le moteur, et modifier la seconde et la troisième; ou encore conserver la seconde, donc la machine, et modifier la source d'énergie et la matière à transformer et enfin, dernière simulation, conserver la troisième et mettre en œuvre un moteur et une machine différents. C'est sur ces considérations que Christian construit son *Traité de mécanique industrielle*, afin de contribuer au développement de la recherche expérimentale en mécanique industrielle; une mécanique industrielle basée sur des réalités, sur du concret, à l'opposé de la *mécanique rationnelle* qui établit des principes, des lois générales et relatives, par exemple, aux actions mécaniques mutuelles, aux mouvements des corps, à la résistance, à l'élasticité, à la flexibilité, etc. La mécanique rationnelle et la mécanique industrielle ont des objets différents et la seconde n'est pas une simple application de la première; un tel sujet demanderait un développement qui nous éloignerait de nos présentes préoccupations.

Malheureusement les recherches expérimentales en mécanique sont peu nombreuses, eu égard à l'étendue de cette science, et au nombre de recherches qu'elle peut comporter et qu'elle réclame: aussi me suis-je attaché à rapporter toutes celles dont l'exactitude m'a paru mériter confiance; et bien loin de me faire un scrupule de puiser largement dans les travaux de quelques habiles observateurs, j'ai eu souvent à regretter de ne pas avoir à prendre et à citer davantage.
(page4, *Traité de mécanique, tome1, Christian*).

La mécanique industrielle est traitée par Christian en tant que science dont le centre d'intérêt est la conception de machines pour répondre à

un besoin, pour satisfaire une fonction mécanique exprimée en verbe d'action comme: *réduire un matière compacte en poudre, déplacer un fardeau d'un point à un autre, percer longitudinalement un corps de canon sortant de fonderie, etc...*

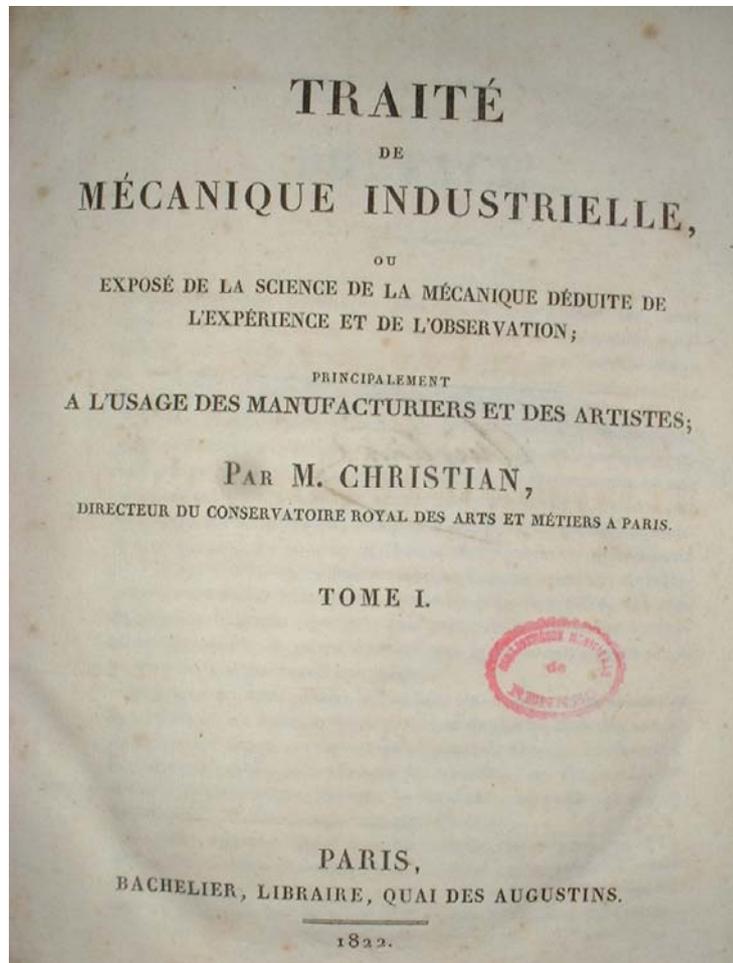


Illustration 6.18.

Nous venons de livrer quelques observations concernant les travaux des "mécaniciens-savants" que sont à nos yeux: Monge, Hachette, Lanz, Béthencourt, Borgnis et Christian. Tous ont exprimé leur forte volonté de diffusion de la connaissance des *arts mécaniques*, les nombreux ouvrages qu'ils font éditer en ce début d'un siècle marqué par l'expansion du machinisme en témoignent. A des degrés divers, ces hommes illustres utilisent le graphisme comme outil pour fixer et pour communiquer leurs idées.

Le tableau relatif à la composition de machines (*illustration 6.7*) pourrait être co-signé des mains de Monge, Hachette, Lanz et Béthencourt. Les mécanismes élémentaires de transmission de

mouvements sont représentés par un graphisme *allégé*, dépouillé dirons nous, mais suffisamment lisible pour une définition des principes mis en œuvre dans les machines observées.

Les contributions de Borgnis et de Christian viennent, quant à elles, enrichir la *science des machines*, et introduisent en quelque sorte, la *systemique*¹¹⁷ d'aujourd'hui.

Le moment est maintenant venu de porter notre réflexion sur les modalités et sur les structures qui ont progressivement favorisé l'accès à la connaissance et à l'appropriation des outils graphiques

¹¹⁷ Systemique, démarche d'étude des phénomènes, des organisations, fondée sur le concept de système, «ensemble d'éléments en inter-action dynamique organisée en fonction d'un but.».Dictionnaire de technologie industrielle, 1996, Favier, Gau, Gavet, Rak, Teixido, éditions Foucher, Paris.

CHAPITRE 7

Une acquisition d'outils graphiques pour une diffusion des savoirs scientifiques et techniques, contenus et aspects de formations.

L'expansion du machinisme, et par voie de conséquence l'accroissement de la production de biens, va marquer cette période comprise entre 1750 et 1850. Le champ de la diffusion des connaissances et des savoir-faire scientifiques et techniques s'élargit et des besoins de formation se font alors plus nettement jour dans la plupart des secteurs de l'activité humaine. Par ailleurs, l'édition du livre scientifique et technique connaît un essor et particulièrement au début du 19^{ème} siècle; Coulomb, Gallon, Borgnis, Hachette, Christian, Lanz, Béthencourt, entre autres savants et ingénieurs, vont contribuer au développement et à la diffusion de ce type d'ouvrage qui sera souvent retenu comme support d'enseignement et de formation. Le livre, porteur de représentations graphiques d'objets, de vaisseaux, de machines, de systèmes techniques les plus divers, va attiser la curiosité de lecteurs et participer à la propagation de savoirs. Les recueils et atlas de planches de dessins techniques se répandent, à l'instar de ceux d'un Leblanc, professeur de dessin au conservatoire royal des arts et métiers et à l'école centrale des arts et manufactures. Plusieurs auteurs s'engageront également dans la rédaction de cours spécifiques au service d'apprenants comme le fit par exemple l'économiste et ingénieur Charles Dupin en éditant en 1825 son ouvrage de *Géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux arts*¹¹⁸.

Le dessin, de prime abord, paraît constituer un langage accessible à tous et se voit recommandé par les auteurs de l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert. L'article lié au mot *Dessin*, rédigé par Claude-Henri Watelet (1718-1786), littérateur, artiste et membre de l'Académie française, se veut porteur d'un message, ainsi que l'atteste l'extrait qui suit :

Le dessin devrait entrer dans le plan de toute éducation, chez les hommes de premier ordre pour acquérir du goût dont le dessin est l'âme, chez les hommes bien nés pour leurs usages personnels, et chez les artisans pour avancer et se distinguer plus rapidement dans leur profession.

¹¹⁸ Dupin Charles, 1784-1887, économiste et ingénieur, *Géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux arts*, 1825 et 1826, 3tomes, Paris Bachelier Libraire, Bibliothèque municipale de Rennes, cote :54306.

Au travers des résultats de nos analyses de contenus d'ouvrages à caractère scientifique et technique, nous observons que les publications significatives du génie mécanique sont postérieures à celles de l'architecture, du génie civil et des travaux publics, dirions-nous aujourd'hui. Les ouvrages traitant de mécanique industrielle sont également postérieurs à ceux relatifs à l'architecture navale, ou autrement dit, à la construction navale. C'est ainsi, par exemple, que le *Traité d'architecture* de Vignole est édité en 1562, le traité d'*Architecture navale* de Dassié en 1677 et le recueil des *Machines et inventions* de Gallon en 1735. La communication scientifique et technique par des moyens graphiques est, essentiellement et surtout jusque vers 1750, une affaire de spécialistes de la conception et de la construction dans les domaines couvrant l'architecture militaire, l'architecture civile et l'architecture navale.

7.1: L'architecture civile et les bases d'une communication des savoirs à l'aide des outils graphiques, des modèles utiles à d'autres domaines d'activité.

Nous pensons qu'il ne serait pas pertinent d'écarter l'architecture civile du propos de ce chapitre dédié à la formation aux outils graphiques car l'architecture civile s'organisera très tôt pour mieux asseoir la diffusion du savoir par le livre. La promotion de l'ouvrage scientifique et technique résultera des impulsions provoquées par les travaux d'architectes de renom comme Vitruve (1^{er} siècle avant J-C), Michel-Ange (1475-1564), Vignole (1507-1573), Philibert de l'Orme (1515-1570), Hans Vredeman de Vries (1526-1609), d'Aviler (1653-1776), Samuel Marolois (1572-1627), Viollet-le-Duc (1814-1879), pour ne citer que les plus illustres. Ces hommes de science ont tous, sans exception, écrit et publié divers ouvrages, sous forme de traités, de dictionnaires ou encore de cours. Nous y observons l'omniprésence d'une concrétisation de l'art du trait, qu'il s'agisse de la définition par le dessin d'édifices et de distributions d'espaces, qu'il soit question de leurs ornements ou autres signes distinctifs. Dans ces livres, le trait de stéréotomie comme le trait de charpente dévoilent les secrets de l'architecture. L'épure, la perspective et les projections orthogonales viennent enrichir la panoplie des outils graphiques des architectes et des constructeurs.

Nous sommes tenté de procéder à un repérage de quelques travaux d'architectes, en amont de l'année 1750, car nous les estimons sources de progrès pour une communication par le graphisme dans d'autres domaines d'activités de production de biens. Nous effectuerons ce "parcours initiatique" avant de développer quelques observations sur

l'architecture navale et sur les arts industriels. Ainsi, choisissons nous d'illustrer nos propos sur l'architecture civile en retenant deux ouvrages, l'un composé par Pierre-Jean Mariette, *Cours d'architecture*¹¹⁹, paru en 1760, l'autre par Eugène Emmanuel Viollet le Duc, *Histoire d'un dessinateur, comment on apprend à dessiner*¹²⁰.

Pierre-Jean Mariette est à la fois graveur, libraire, historien d'art, collectionneur d'estampes et grand voyageur, mais il n'exerce pas les fonctions de bâtisseur, fonctions normalement dévolues à un architecte. Toutefois son intérêt pour l'architecture civile est évident et c'est à partir de traductions, par le livre, de résultats de réflexions et de recherches d'architectes célèbres comme Vignole, Michel-Ange et d'Aviler, que Pierre-Jean Mariette, membre de plusieurs académies, dont celle de Florence, construit son *Cours d'architecture*, (illustration 7.1).

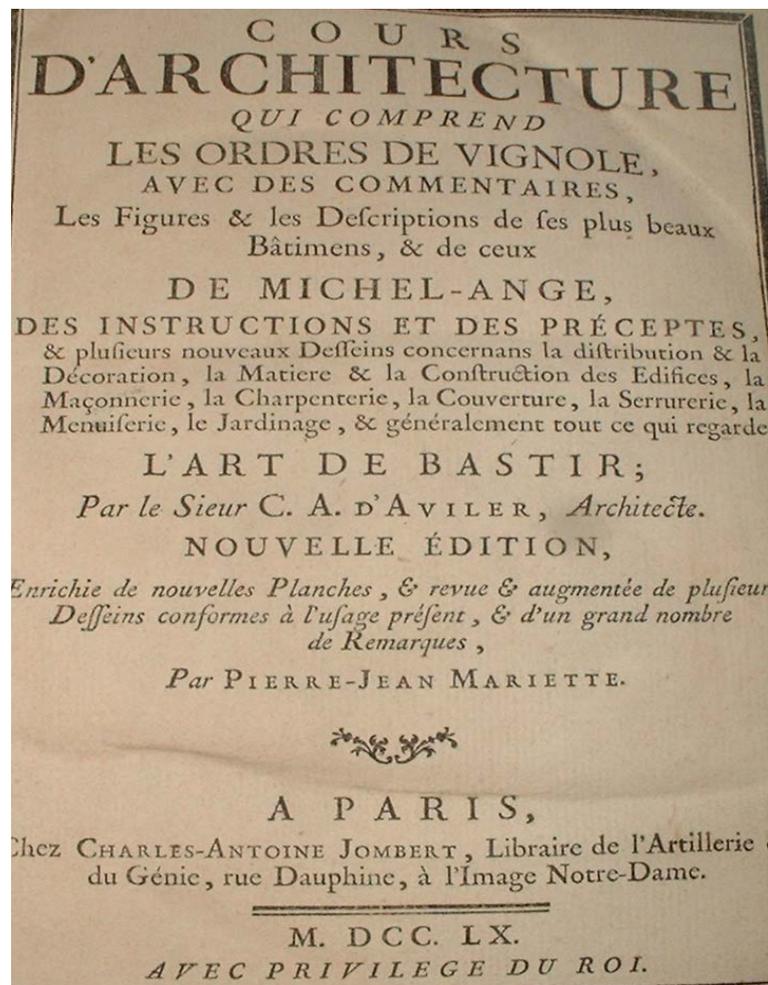


Illustration 7. 1, frontispice.

¹¹⁹ Mariette, Pierre-Jean, 1694-1750, *Cours d'architecture*, 1760, Paris, librairie Jombert, Bibliothèque municipale de Rennes, cote: 15011.

¹²⁰ *Ibid.*

Ce cours est en quelque sorte une "compilation" de publications des architectes que nous venons de citer. Dès l'introduction de la préface de son cours d'architecture, Mariette met en exergue le contenu du traité d'architecture de Jacopo Barozzi, dit Vignole, *Règle des cinq ordres architecturaux*, édité en 1562 et qui connaîtra une large diffusion dans toute l'Europe. Cet architecte italien séjournera à Fontainebleau de 1541 à 1543 et succédera à Michel-Ange en qualité d'architecte de Saint Pierre de Rome. L'œuvre de Vignole contient plus que des allusions aux dix livres d'architecture de l'architecte romain Marcus Vitruvius Pollio Vitruve, ingénieur militaire de Jules César. Ces dix livres furent traduits à la fin du 15^{ème} et au début du 16^{ème} siècle et Vignole contribuera particulièrement à la diffusion de cette œuvre. Nous observons la trajectoire suivie par l'œuvre de Vitruve¹²¹: traduite et imprimée une première fois à Rome vers 1486, régulièrement remaniée, elle sera reprise par Vitrole dont le nom deviendra un nom commun pour désigner un traité des cinq ordres d'architecture que sont le Toscan, le Dorique, l'Ionique, le Corinthien et le Composite. Mariette enfin reprendra, pour bâtir son *Cours d'architecture*, "les ordres de Vignole". Il dit avoir procédé à quelques corrections et ajouts et repris certains dessins, (*illustrations 7.4 et 7.5*).

Je me suis d'autant plus attaché à être exact, que cet ouvrage étant particulièrement destiné aux jeunes élèves, auxquels on enseigne les premiers éléments de l'architecture, il était important d'y éviter jusqu'aux moindres fautes, parce que leur peu d'expérience les aurait empêché de les apercevoir; et l'on sait combien les premières impressions sont dangereuses. De là vient que c'est une nécessité indispensable de prendre pour guide les meilleurs auteurs, lorsqu'on veut s'attacher à l'étude de l'architecture.

(page2, préface, cours d'architecture, Mariette).

Concernant la traduction et de la diffusion des dix livres d'architecture de Vitruve en France, il nous semble intéressant, sans autre développement et à titre d'information, de mentionner la commande effectuée en la matière par Jean-Baptiste Colbert (1619-1683) au naturaliste et architecte Claude Perrault (1613-1688). A la lecture de la contribution ¹²² intitulée *Le Vitruve de Claude Perrault* chacun peut mesurer combien l'ouvrage *De Architectura* de Vignole a pu passionner les architectes et les ingénieurs dès la Renaissance.

¹²¹ Vitruve, Dix livres d'architecture, documentation: <http://www.cgagne.org/vitruve.htm>

¹²² Le Vitruve de Claude Perrault, documentation: <http://www.enpc.fr/enseignements/Picon/Perrault/Vitruve.html>.



Illustration 7.2, frontispice, Mariette, 15 x 10,5 cm.



Illustration 7.3, page 2, cours d'architecture, Mariette.

On a toujours regardé l'ouvrage de Vignole comme le manuel des architectes, comme un livre auquel les ouvriers sont obligés d'avoir recours à toute heure; il était donc nécessaire de leur en faciliter l'usage, et c'est ce qui m'a déterminé, en mettant au jour cette nouvelle édition.

(Extrait, page 1, préface servant d'introduction à l'étude de l'architecture, Cours d'architecture, Mariette).

L'apprentissage du maniement des outils graphiques déjà préconisé par Vitruve, est repris par Mariette, qui au cours de ses nombreux voyages a su observer les grands maîtres et leurs oeuvres.

L'architecte doit savoir dessiner afin qu'il puisse avec facilité, sur les dessins qu'il aura tracés, exécuter tous les ouvrages qu'il projette
(livre I, chapitre 1, de l'éducation des architectes),

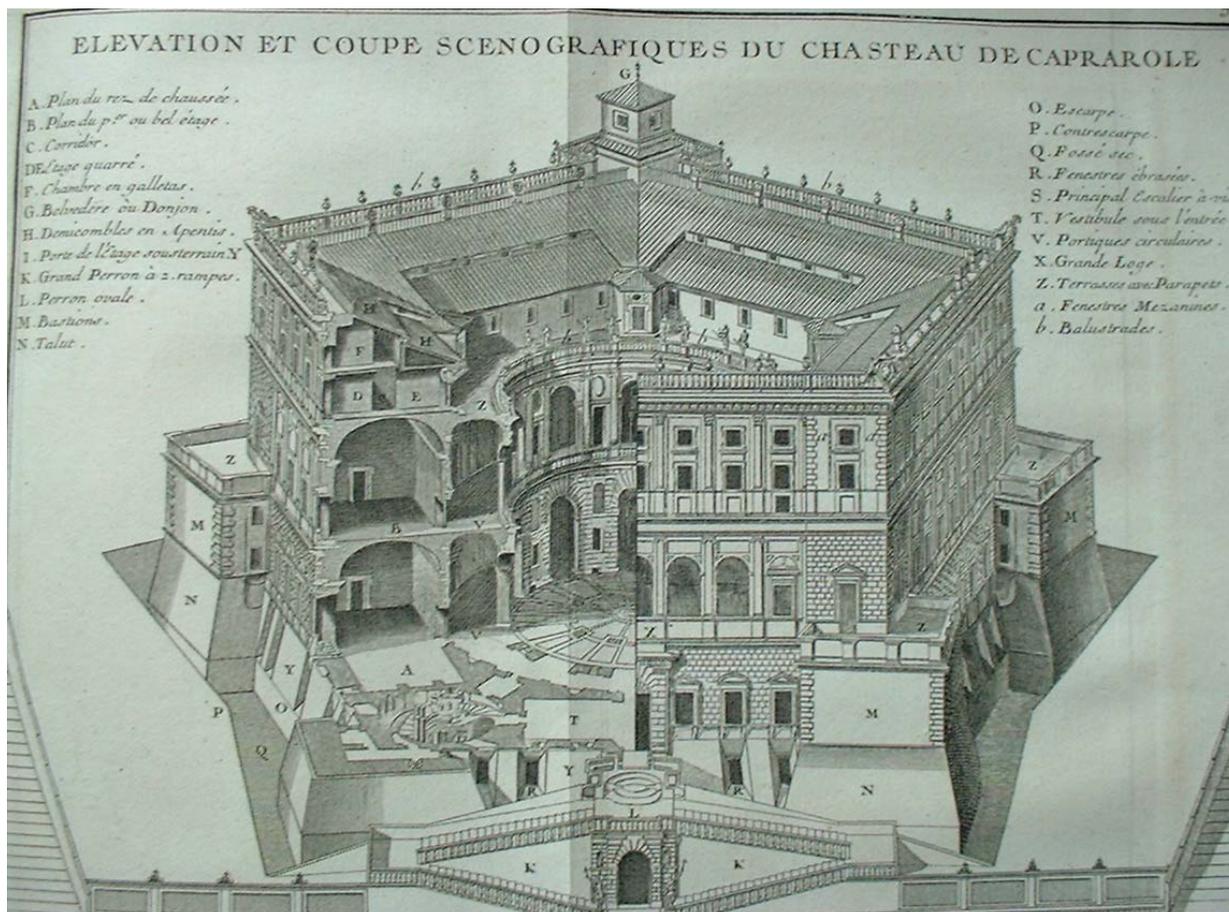


Illustration 7.4, Pl 73, page 259, vue en perspective du Palais Caprorola à Rome, 18,5 x 24 cm.

L'intelligence des préceptes s'acquiert par la lecture des livres et par la conversation avec des savants et des gens d'expérience; et la pratique du dessein par une application assidue à mettre exactement sur le papier ce que l'on a imaginé, tant pour se le représenter à soi-même, que pour le faire connaître aux autres. C'est dessiner pour s'instruire que de copier des dessins de maîtres, ou mettre au net les mesures que l'on aura prises de plus excellents ouvrages; et l'on dessine de génie, lorsque l'on compose soi même des plans ou des décorations de bâtiments. On ne saurait trop dessiner dans les commencements.

(Page 8, préface, cours d'architecture, Mariette).

Ce détour nous conforte dans l'idée que nous soulignons concernant la place de tout premier ordre occupée par le graphisme dans la transmission des connaissances scientifiques, technologiques et artistiques de l'architecte à l'entrepreneur. Le livre, conçu par des gens d'expérience, est d'un grand secours et d'autant plus que les auteurs n'auront pas négligé *de faire des dessins détaillés en s'abstenant, autant que faire se peut, de dessiner ce qui a déjà été gravé*. Mariette mettra constamment en avant cette incontournable liaison de la théorie et de la pratique comme garantie de bel ouvrage:

En effet ni les instructions, ni la critique, ni les connaissances qu'on a acquises dans les voyages, ni la facilité de produire d'excellents dessins, n'offriront des secours

suffisants, si l'on ignore la manière de les mettre en œuvre: c'est la pratique qui fait le véritable architecte. Elle lui enseigne à discerner, sur la seule inspection des dessins, ce qui ne peut pas s'exécuter d'avec ce qui doit réussir en ouvrage.
(page11, préface, *Cours d'architecture, Mariette*).

Les dessins d'architecture rapportés par Mariette sont d'une qualité graphique surprenante; les trois dessins relatifs au château de Caprarola à Rome en sont le témoignage (*illustrations 7.4, 7.5 et 7.6*). Le trait de perspective comme les projections des façades et la représentation en coupe de la distribution des espaces traduisent une maîtrise des outils graphiques des auteurs et de leurs proches collaborateurs que sont les dessinateurs, les graveurs et les imprimeurs. Nous trouverons une situation analogue pour ce qui relève des projets d'ouvrages d'arts imaginés, conçus et bâtis par les ingénieurs-constructeurs des *Ponts et Chaussées*. Le résultat des travaux graphiques des architectes va également constituer une référence pour les constructeurs qui oeuvrent dans d'autres secteurs d'activités. Il nous semble, en particulier, que les mécaniciens se soient inspirés de procédures retenues par les ingénieurs du génie civil et des travaux publics, tout en tenant compte de données propres aux arts mécaniques et qui concernent les matériaux, les outillages et matériels ainsi que les procédés de fabrication.

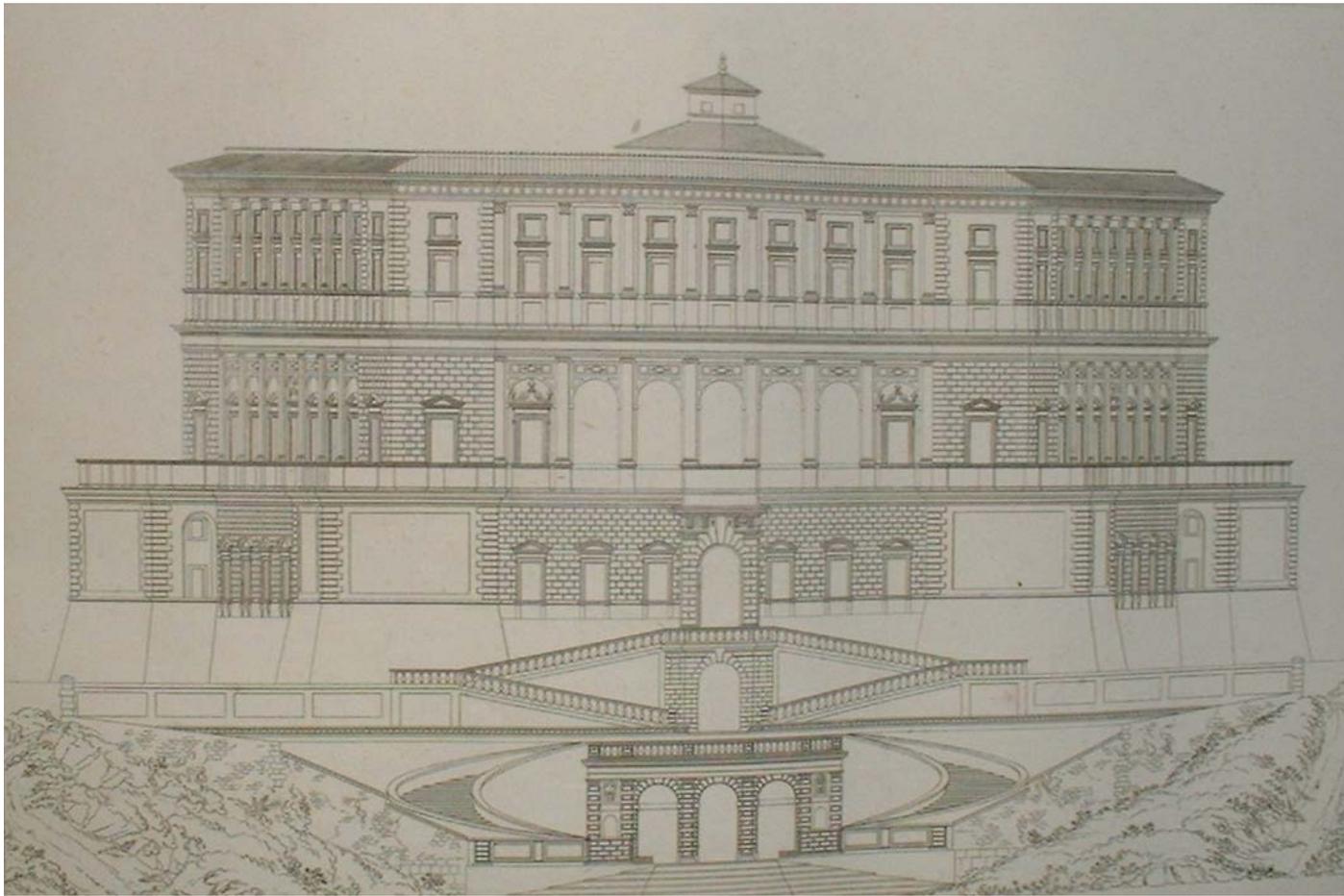


Illustration 7.5, élévation générale, Palais Caprarola à Rome, Mariette, 18,5 x 24 cm.

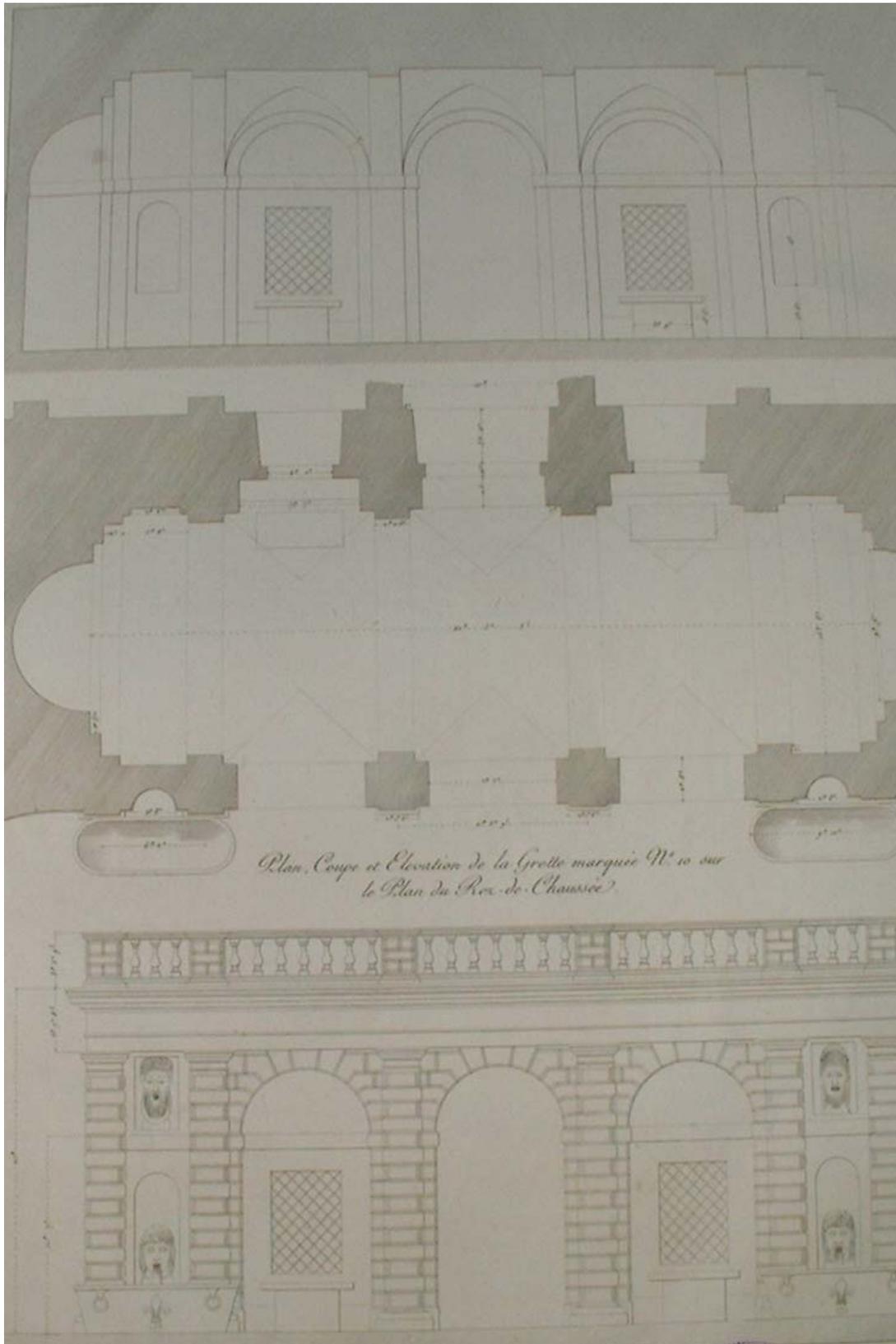


Illustration 7.6, plan, coupe, élévation de la grotte marquée N°10 sur le plan du rez de chaussée, Palais Caprarola à Rome, Mariette, 18,5 x 24 cm.

Quant à Eugène Emmanuel Viollet le Duc, pratiquement autodidacte, il est enthousiasmé par les édifices du Moyen Age. C'est au cours de voyages qu'il effectue en France et en Italie entre 1835 et 1839 qu'il se

forme à l'architecture. Il acquiert parallèlement les bases du métier d'architecte en exerçant les fonctions d'adjoint aux bâtiments civils auprès d'un architecte. C'est par le livre qu'il transmettra ses points de vue sur l'architecture et qu'il influencera les concepteurs et les bâtisseurs d'édifices civils et militaires. Il consigne, entre 1854 et 1868, le résultat de ses travaux dans un dictionnaire qui ne compte pas moins de dix volumes: *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du 11^{ème} 16^{ème} siècle*¹²³ (1854-1868). Son esprit d'analyse, ses conceptions rationalistes de l'architecture, sa rigueur et enfin, ses qualités de dessinateur sont régulièrement soulignées¹²⁴. Son souhait de transmettre des connaissances est conforté lorsqu'une chaire d'esthétique et d'histoire de l'art lui est confiée en 1864. Il obtient aussi la réorganisation de l'école nationale supérieure des Beaux-arts. Cet architecte publie beaucoup, *Essai sur l'architecture militaire au Moyen Age* (1854); *Dictionnaire raisonné du mobilier français de l'époque carolingienne jusqu'à la Renaissance* (1855); *Entretiens sur l'architecture* (1863-1872). Au nombre de ses écrits figure un ouvrage dont la date de parution est inconnue: *Histoire d'un dessinateur, comment on apprend à dessiner*; nous en proposons l'analyse.

L'auteur commet ici un livre original car construit sous la forme d'un roman mettant en scène un professeur de dessin et son élève. La première idée émise par Viollet le Duc nous apparaît essentielle, à savoir qu'il ne suffit pas de savoir reproduire fidèlement sur un plan, à l'aide d'outils graphiques adaptés, des objets manufacturés. Aux yeux de ce prestigieux architecte, et pour ce qui relève des arts industriels, l'aptitude au dessin d'objets existants doit nécessairement s'accompagner de connaissances relatives à la matière mise en œuvre et aux procédés de fabrication. Le dessin est bien la traduction d'une maîtrise de *l'art du trait*, mais aussi de celle de savoirs liés aux matériaux, matériels et méthodes de fabrication. Ces trois derniers mots composent un *trépied* susceptible de contribuer à mieux asseoir technologie.

De l'étude du dessin et des connaissances qui s'y rattachent, le professeur avait su faire un instrument propre à aider son élève dans la carrière des arts industriels qu'il embrasserait.

(page 276, *histoire d'un dessinateur, Viollet le Duc*).

Selon Viollet le Duc, et nous forcerons le trait, le dessinateur ne peut se satisfaire de la seule reproduction d'objets existants, certes, il doit exploiter ses compétences en dessin mais aussi ses connaissances des

¹²³ *Ibid*

¹²⁴ Sources: www.patrimoinedefrance.org/bio003.htm, et www.ifrance.com/lonzac/documents/viollet-le-duc_biographie.htm?

matériaux et des procédés de mise en œuvre, pour imaginer et concevoir de nouveaux produits fonctionnels et utiles à l'homme. La création d'objets, la *composition* comme aime à le dire Viollet le Duc, se distingue par des principes et des méthodes qui exigent un apprentissage, une expérience, une pratique qui vont au-delà de la simple maîtrise des outils graphiques pour dessiner.

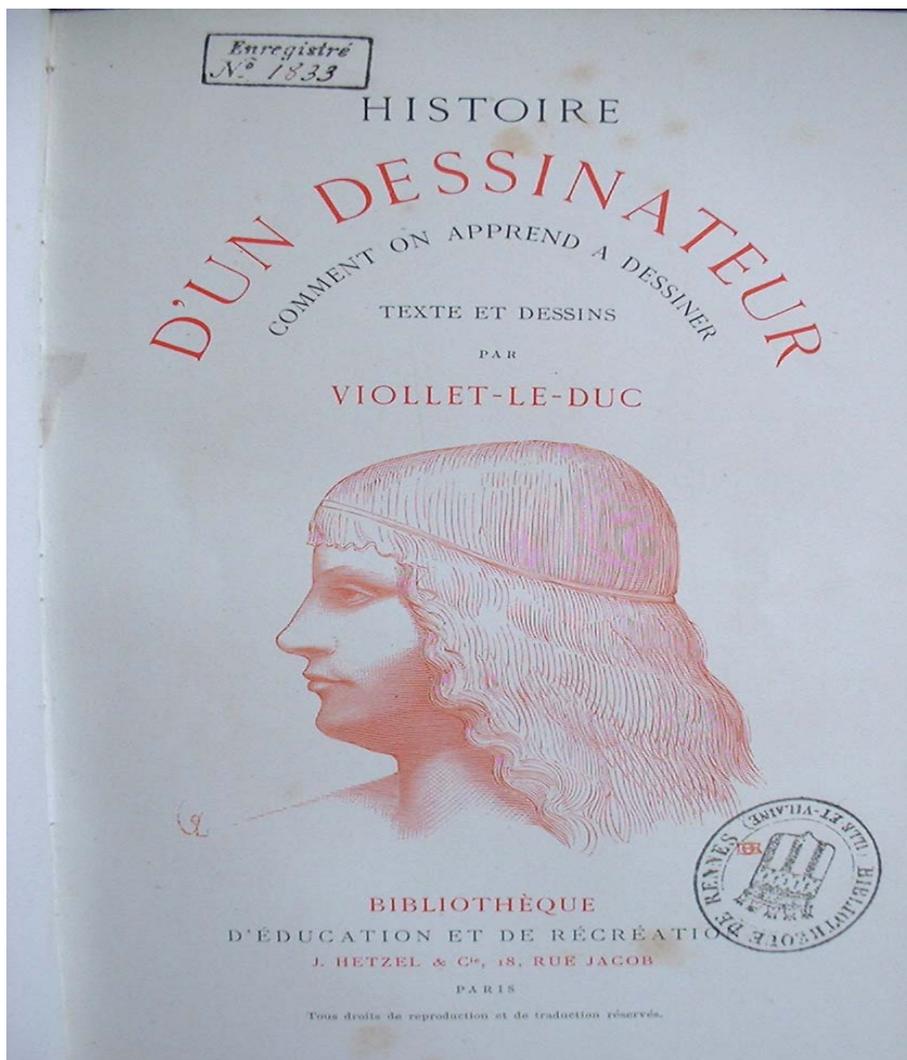


Illustration 7.7, frontispice.

Par voie de conséquences, l'école doit avoir cette prétention de former des "*dessinateurs-compositeurs*" capables de créer et de communiquer.

Le champ nouveau d'étude se muni d'une méthode qui consiste à semer dans le jeune cerveau tous les éléments des connaissances auxquelles la pratique du dessin est nécessaire, afin de lui faire saisir l'utilité de ce langage, considéré à tort, trop souvent, comme un art spécial, tandis qu'au contraire, le dessin est un art complémentaire, comme est l'art d'écrire et de parler.

Tenant compte des dispositions naturelles de son élève pour le dessin, et redoutant la facilité avec laquelle les organisations ainsi douées se jettent dans les carrières qui n'ont pour objet que la production purement artistique, il tenait à rattacher toujours

l'application du dessin à un objet positif, à l'étude d'une science ou à l'exercice d'un état.

(page 161, le contrat du professeur, chapitreXII, histoire d'un dessinateur, Viollet le Duc).

Dans sa procédure de formation du dessinateur, Viollet le Duc inclut même les connaissances liées à une préparation et à une installation de chantier de construction. Il préconise l'usage du dessin pour communiquer aux différents acteurs les règles qui siègent au sein d'une telle opération.



Illustration 7.8, levage d'une charpente, histoire d'un dessinateur, Viollet le Duc, 20x12cm.

7.2:L'architecture et des initiatives en matière de formation dans le domaine des arts graphiques.

Situons nous à nouveau au début de la seconde moitié du 18^{ème} siècle, alors que les contours d'une société pré-industrielle sont tracés. L'édition d'ouvrages scientifiques et techniques spécialisés se développe, mais le livre, construit sous forme de traité, de cours, voire d'encyclopédie, n'est pas encore accessible à tous. Il demeure encore réservé, nous semble-t-il, à des "élèves avancés" ou qui évoluent dans un milieu favorable pour un accès au savoir. S'orienterait-on vers des choix d'actions de formation susceptible de jeter les bases d'une certaine démocratisation pour ce qui relève des arts graphiques ?

Ainsi, l'idée d'un accompagnement d'apprenants mûrit dans l'esprit de l'architecte Jacques-François Blondel (1705-1774) qui fonde, en 1743, à Paris, rue de la Harpe, une *Ecole des arts*. Il est le neveu de François Blondel (1617-1686), architecte et diplomate, à qui l'on doit la construction des bâtiments qui abritait, jusqu'à ce jour, la *Manufacture des tabacs de Morlaix*. Jacques-François Blondel éditera son *Cours d'architecture*¹²⁵ en 1754. Il y distingue trois types d'architecture: l'architecture civile, l'architecture militaire et l'architecture navale. L'ouvrage est introduit par un discours qui fût prononcé à l'occasion du cinquième cours public donné par l'auteur qui plaide en faveur d'un enseignement de l'architecture et qui dit:

combien il est important pour le progrès des arts, que les hommes en place acquièrent les connaissances élémentaires; que les artistes en approfondissent la théorie et enfin que les artisans s'appliquent aux développements du ressort de leur profession.

Ce traité d'architecture est construit en trois parties: la construction qui a pour objet *la solidité*, la distribution qui concerne *la commodité* et la décoration qui a trait à *l'ordonnancement*. En préface, Jacques François Blondel se présente en pédagogue averti en écrivant :

Animés par de si puissants motifs, nous avons travaillé sans relâche à refondre les leçons que nous avons précédemment données; à éclaircir les matières, à étendre quelques unes, à simplifier d'autres. Mais la nécessité de mettre ces leçons à la portée de tous les élèves, nous ayant fait sentir qu'il fallait, quoiqu'il fût question des mêmes préceptes, les leur présenter sous différentes faces, les leur expliquer sous divers formes, nous avons compris qu'il fallait encore les distribuer en un certain nombre de cours différents.

(Pages 12 et 13, *Etude de l'architecture, Jacques François Blondel*).

¹²⁵ Blondel, Jacques-François, 1705-1774, *Cours d'architecture ou traité de la décoration, distribution et construction des bâtiments, 6 volumes de texte et 3 volumes de planches*, Desaint Paris, 1754, service historique de la marine de Brest, cote: 2792 1et2

Trois cours différents sont donc proposés. Le premier est un *cours élémentaire* de base, le second, un *cours théorique*, qui doit faire éclater tous les talents et le troisième présenté sous le nom de *cours pratique* et ayant pour objet le *dessin*. L'enseignement se fonde sur l'étude de chefs d'œuvre de maîtres avec visite, sur place, à Paris et dans les environs de Paris. Ces déplacements sur les sites favorisent l'apprentissage du relevé, ou encore *levé*, c'est-à-dire du dessin effectué à partir d'observations et de mesures sur le terrain. Nous constaterons d'ailleurs que cette technique constituera, plusieurs années plus tard, un passage obligé pour la formation des architectes et pour celles des ingénieurs des Ponts et Chaussées.

Nous estimons le dessin si nécessaire à tous les genres de talents, que nous ne saurions trop en recommander l'exercice à tous les ouvriers; lui seul peut attirer quelques distinctions dans leur profession, et les guider dans la conduite de leurs travaux.
(Page 1, *Etude d'architecture*, Jacques François Blondel).

Jacques François Blondel a mesuré très tôt l'hétérogénéité de ses groupes d'auditeurs composés d'architectes et d'artisans, les cours sont, selon lui, inaccessibles pour certains et sans intérêts pour d'autres. Le maître demeure cependant optimiste et avoue, non sans une certaine fierté, que l'enseignement qu'il dispense *est pour quelque chose dans l'éducation des artisans*.

7.3: Une école des Ponts et Chaussées :

En France, la construction des routes, ponts et canaux, est pendant longtemps de la compétence des autorités locales. Au début du 18^{ème} siècle, l'aménagement du territoire souffre d'un défaut de cohérence et des disparités existent entre les différentes régions. Le personnel, recruté en fonction des besoins et formé sur place, semble ne pas répondre aux attentes des usagers. La création d'un corps d'ingénieurs le 1^{er} février 1716, comprenant un architecte-ingénieur, trois inspecteurs et vingt et un ingénieurs des ponts et chaussées ne se traduit pas par des progrès significatifs en matière d'aménagement des voies de communication ¹²⁶. Afin de mieux contrôler cet aménagement du territoire, il est créé à Paris, en 1744, un bureau dit: *Bureau des dessinateurs*. Il s'agit d'un organisme central chargé de mettre au net les plans des routes construites ou à réaliser dans chaque *généralité du Royaume*. Ce bureau comprenait treize personnes en 1746. L'administrateur Daniel-Charles Trudaine (1703-1769), chargé de dresser le détail des ponts et chaussées dès 1743, fait appel à l'ingénieur

¹²⁶Ricon, Antoine, *l'ingénieur artiste*, presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, bibliothèque universitaire de Rennes1, cote: C.5874.

Jean-Rodolphe Perronet (1708-1794) pour prendre la tête de ce Bureau des dessinateurs. Cette petite structure centralisée se transforme progressivement en une pépinière de talents capables de transmettre connaissances et savoir faire aux hommes de terrain. Le bureau, déjà performant du point de vue scientifique et technique, se forge progressivement des qualités pédagogiques et va ainsi s'engager dans la formation des ingénieurs chargés des ponts et des chaussées. Les fondations de l'établissement qui portera le nom d'*école des ponts et chaussées* sont dès lors établies, nous sommes en 1747. Les enseignements de dessins occupent une place de tout premier ordre en génie civil. Les "ouvrages d'art", le plus fréquemment inédits, adaptés à un environnement précis, objets de choix politiques et financiers, sont des sujets d'études complexes. Le langage privilégié est le dessin qui sert de support aux échanges incontournables entre concepteurs, maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre. Il constitue aussi un outil privilégié pour la transmission de connaissances et de savoir-faire par le biais du livre, et en particulier ce "livre de chevet" du dessinateur: le livre de construction. Ainsi, le *Cours de construction*¹²⁷ utilisé dans le cadre des séances de dessin à l'école des ponts et chaussées est susceptible de renforcer le point de vue émis.

Ce livre, conçu par M.Minard, ingénieur divisionnaire des ponts et chaussées sera utilisé comme support du cours de technologie de construction à l'école des ponts et chaussées. Les planches de ce livre traduisent, par un trait effectué par un habile dessinateur "très au fait de la technique", des situations de chantiers de construction d'infrastructures maritimes.

¹²⁷Minard, *Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer*, Carillan-Goeury Paris,1846, Service historique de la marine à Brest, cote: R3261.

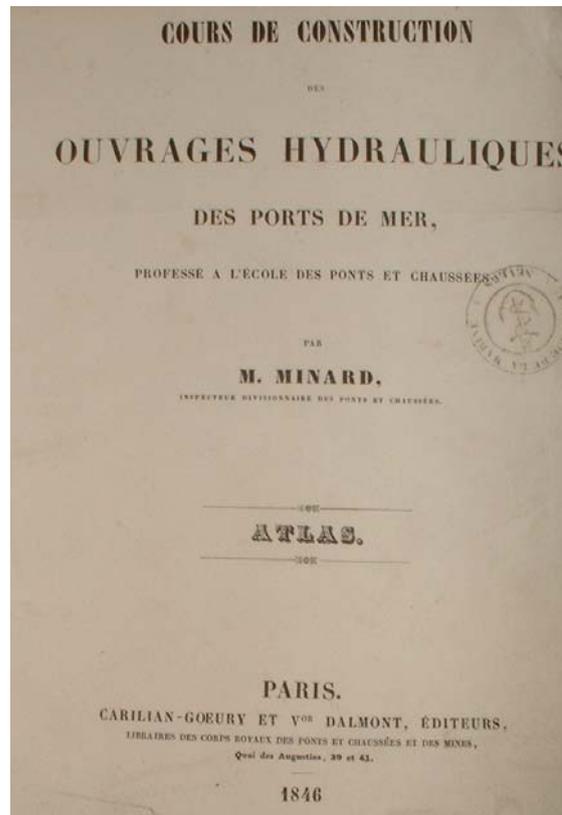


Illustration 7.9, frontispice.

Les représentations graphiques, même partielles, donnent une idée de l'évolution du trait du dessinateur. Les vues d'ensemble, accompagnées de coupes, permettent de comprendre le fonctionnement de cette porte de bassin de carénage et de réparation (forme de radoub) construite dans un port maritime. Les traces des plans fictifs de coupe sont notées par des lettres majuscules telles que, A-B, C-D... La technologie retenue pour la conception de la liaison pivot de la porte, de la translation de la vanne, du dispositif d'ouverture... est suffisamment explicite par simple lecture des dessins et de leurs courtes annotations. Nous observons que la plupart des dessins étaient cotés et que la représentation des systèmes vis écrou ne se traduit pas encore par un tracé simplifié qui pourrait annoncer une normalisation plus récente, les filets des pièces filetées ou taraudées sont dessinés tels qu'ils sont observés.

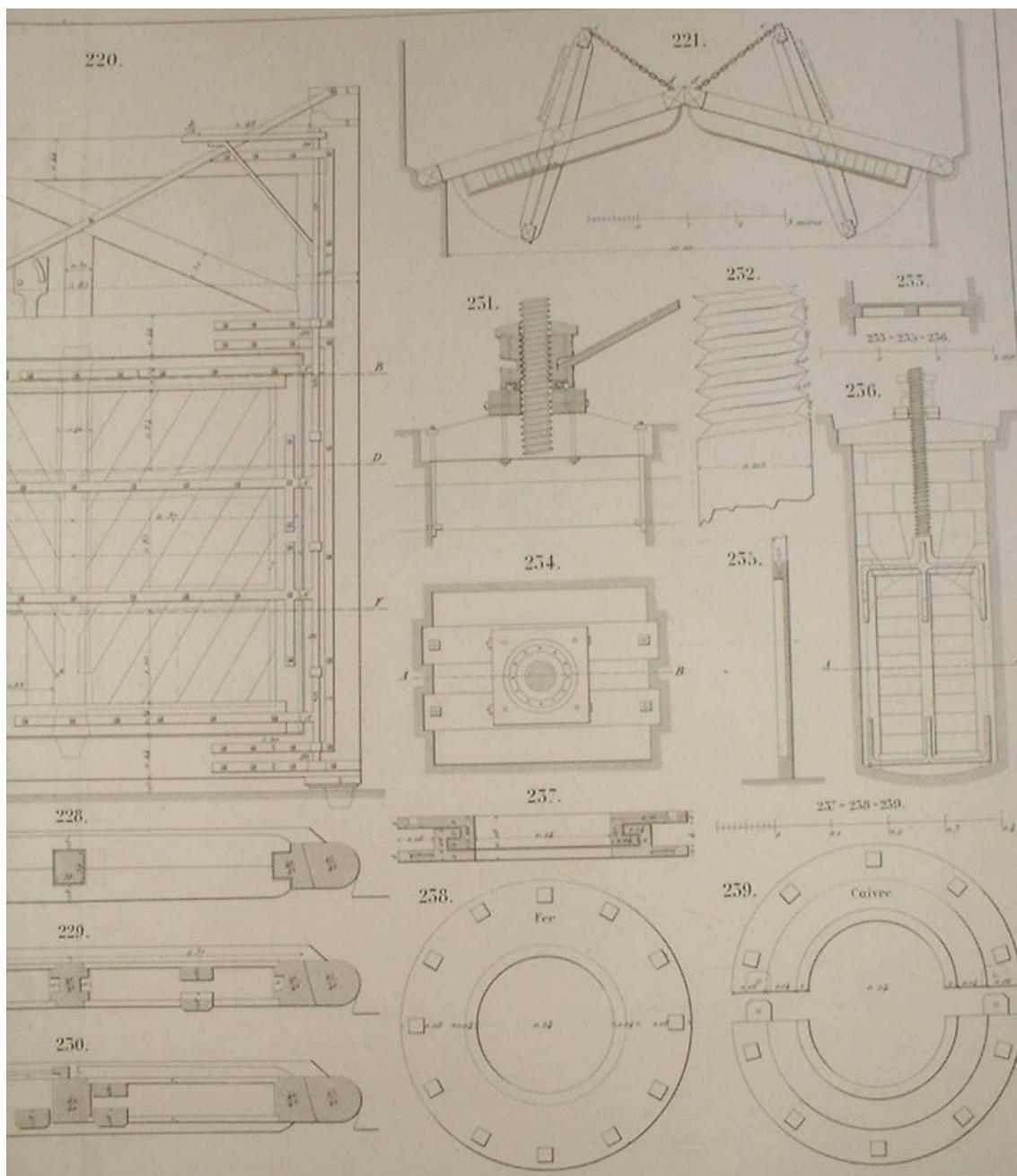


Illustration 7.10, vues partielles d'une porte de forme de radoub, Minard, 15 x 20 cm.

Nota: le format de la planche N°21 ne nous a pas permis de la présenter ici dans son intégralité, prière de se reporter à l'atlas référencé ci-dessus.

Le livre avec ses planches de dessins devient dès lors un moyen commode et efficace pour transmettre les savoir-faire techniques attendus pour mettre en chantier des projets de constructions. Les ouvrages dits de technologie se répandent, comme celui édité par l'ingénieur des ponts et arsenaux de la marine, M. Leroy *Mémoire sur les travaux qui ont rapport à l'exploitation de la mâture*¹²⁸ paru en

¹²⁸ Leroy, *Mémoire sur les travaux qui ont rapport à l'exploitation de la mâture dans les Pyrénées*, 1776, Couturier Paris, Service historique de la marine à Brest, cote: R3186.

1776. Il traite des techniques d'exploitation forestière et est destiné aux hommes chargés d'approvisionner les arsenaux des ports de mer. Les problèmes liés au ravitaillement ¹²⁹ en diverses essences forestières n'échapperont pas au botaniste Duhamel du Monceau qui occupera le poste d'inspecteur général des vaisseaux du *Ponant et du Levant*. La préparation de cette matière d'œuvre va exiger des connaissances et un savoir-faire liés à l'exploitation forestière. En ce domaine, l'information par le livre se développe donc aussi, comme dans divers secteurs d'activités. Les dessins composés par l'ingénieur Leroy, véritables photographies d'activités d'un chantier forestier, fournissent, mais sans commentaires d'accompagnement, les principales règles de mise en œuvre. La communication par l'image semble suffire.

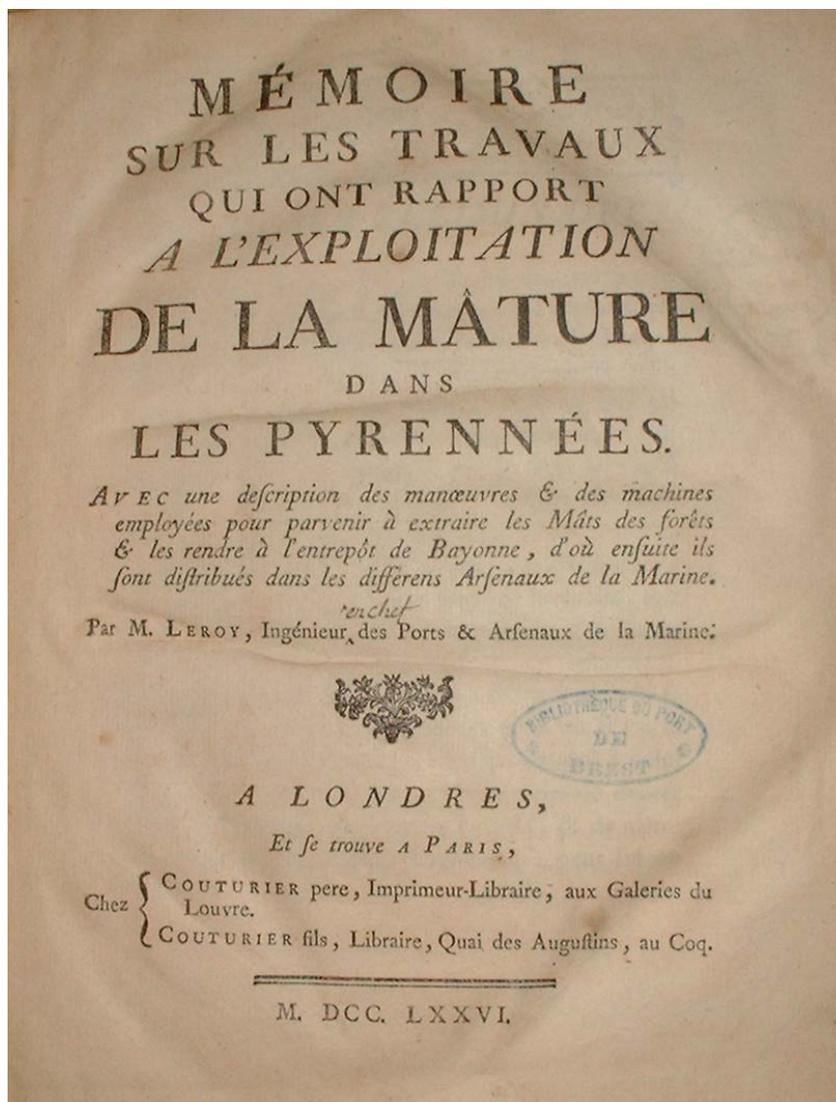


Illustration 7.11, frontispice.

¹²⁹ Duval, Michel, *Bois de marine et constructions navales en Bretagne au 18^{ème} siècle*, 1925, bibliothèque municipale de Rennes, cote: 255907/12.

Le contenu de la planche 7, construction d'un pont, s'acquière sans difficulté, par simple observation de l'image. L'illustration ci-dessous définit les trains utilisés pour le transport des troncs d'arbres et des mâts ébauchés. Les élévations, plans, profils et coupes des trains avant et arrière ne sont pas dessinés en correspondance, mais cette liberté dans la disposition des vues ne nuit pas à la compréhension du système de transport. Le trait suffit et peut garantir la transmission d'un savoir-faire.

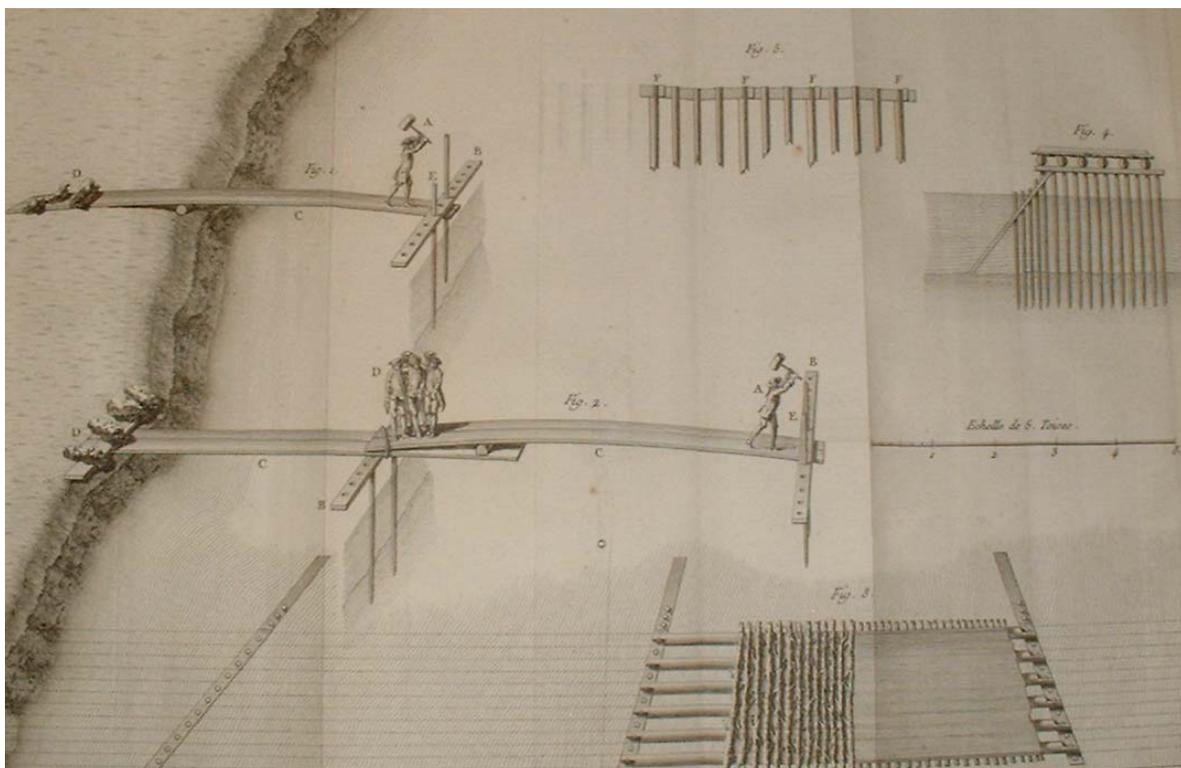


Illustration 7.12, pl 7, construction d'un pont, Leroy, 15 x 20 cm.

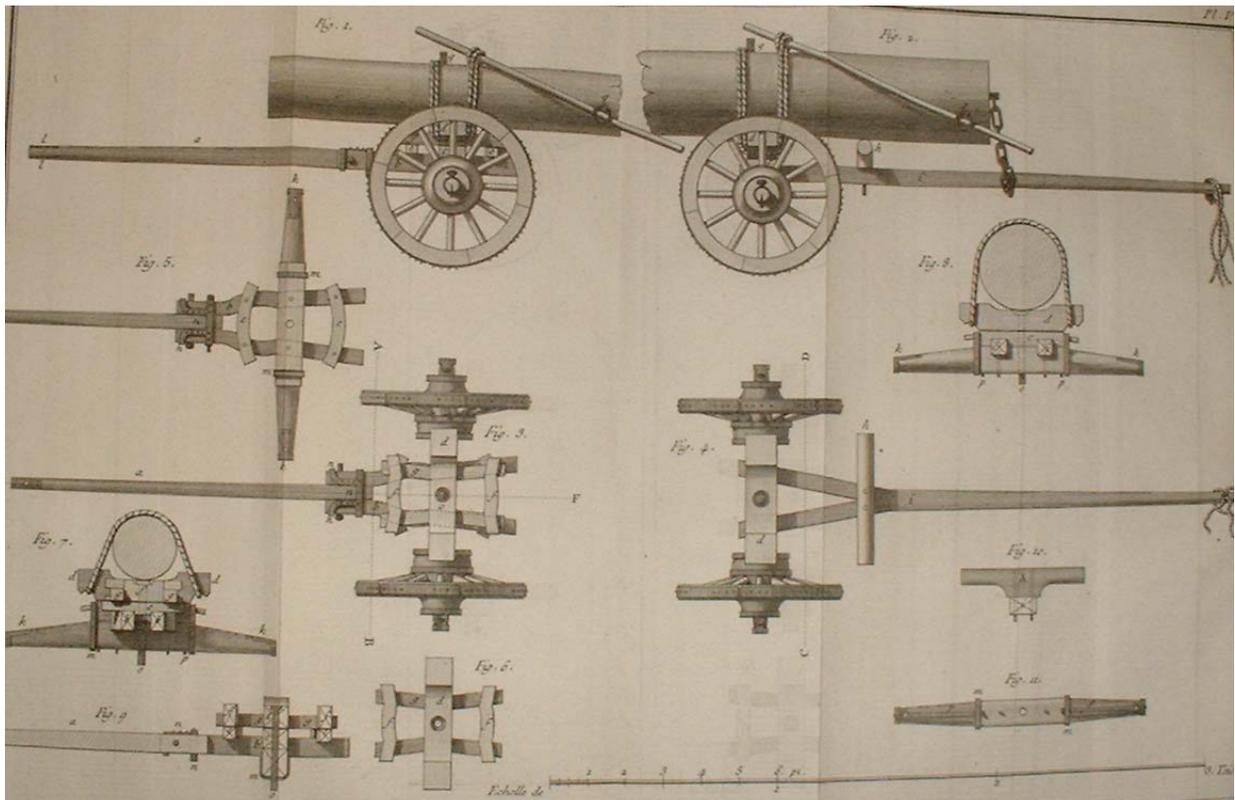


Illustration 7.13, pl 5, trains pour transporter les mâts, Leroy, 15 x 20 cm.

Portons nous près d'un siècle plus tard afin de suivre le contenu d'un cours de dessin assuré par M. Amable Tronquoy, chef des travaux graphiques à l'école impériale des ponts et chaussées. Cet enseignement prend appui sur un fascicule écrit de la main de l'enseignant en 1857 et intitulé *Instruction sur l'exécution des levés et dessins au net*¹³⁰. Selon le professeur, la maîtrise des outils graphiques passe inexorablement par la réalisation de croquis d'ouvrages d'art et de machines observés dans leur environnement, c'est-à-dire sur le chantier ou au sein des usines.

Les ouvrages édités à l'intention des futurs ingénieurs des ponts et chaussées, mais ouvrages combien utiles également aux ingénieurs en exercice, indiquent la place privilégiée que les auteurs accordent aux outils graphiques. Deux intentions distinctes animent les auteurs: l'une relative à la communication des savoirs technologiques portant sur les matériaux les matériels et les procédés; l'autre concernant les techniques graphiques pour transcrire des idées liées à la conception dans une optique de réalisations concrètes. Le livre, *L'ingénieur*

¹³⁰ Tronquoy, Amable, professeur de dessin géométrique et dessin des machines à l'école primaire supérieure de la ville de Paris fondée en 1839, ancien élève de l'école de dessin du conservatoire des arts et métiers, puis chef de travaux graphiques, *Instruction sur l'exécution des levés et dessins au net*. Manuscrit, 1857, bibliothèque municipale de Rennes, cote:10.614.

*artiste*¹³¹, commis par Antoine Picon et Michel Yvon traduit de manière exemplaire ces deux facettes du graphisme. Les planches de qualité graphique exceptionnelle retenues par les auteurs et relatives aux aménagements routiers, aux ouvrages d'art et enfin aux machines montrent combien le dessin peut véhiculer, avec toute l'efficacité souhaitée, un savoir scientifique et technique. Par ailleurs, les textes d'accompagnement intitulés *l'ingénieur artiste et le territoire*, reflètent avec une netteté particulière, une trajectoire de formation d'ingénieurs qui peut constituer une référence pour d'autres formations de ce niveau. Il apparaît en particulier qu'une part significative des contenus de cette formation de haut niveau soit construite à partir de problèmes concrets cernés dans leur environnement. Nous observons que les supports des activités graphiques couvrent largement les divers domaines techniques comme l'attestent les levés de machines à vapeur qui figurent dans cet atlas.

Le manuscrit compte différents levés de machines dont ceux d'un sous-ensemble de machine à vapeur présentée selon une vue de face en coupe longitudinale (*illustration 7.16*) et une vue de dessus dessinée en vue extérieure (*illustration 7.17*). La planche, (*illustration 7.15*), traduit dans le détail un balancier et un palier composant un autre sous-ensemble de machine à vapeur. Sur ces représentations graphiques figurent cotes et hachures.

¹³¹Picon Antoine et Yvon Michel, *L'ingénieur artiste*, Presses de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1989, Bibliothèque universitaire Rennes1, cote: C 5874.

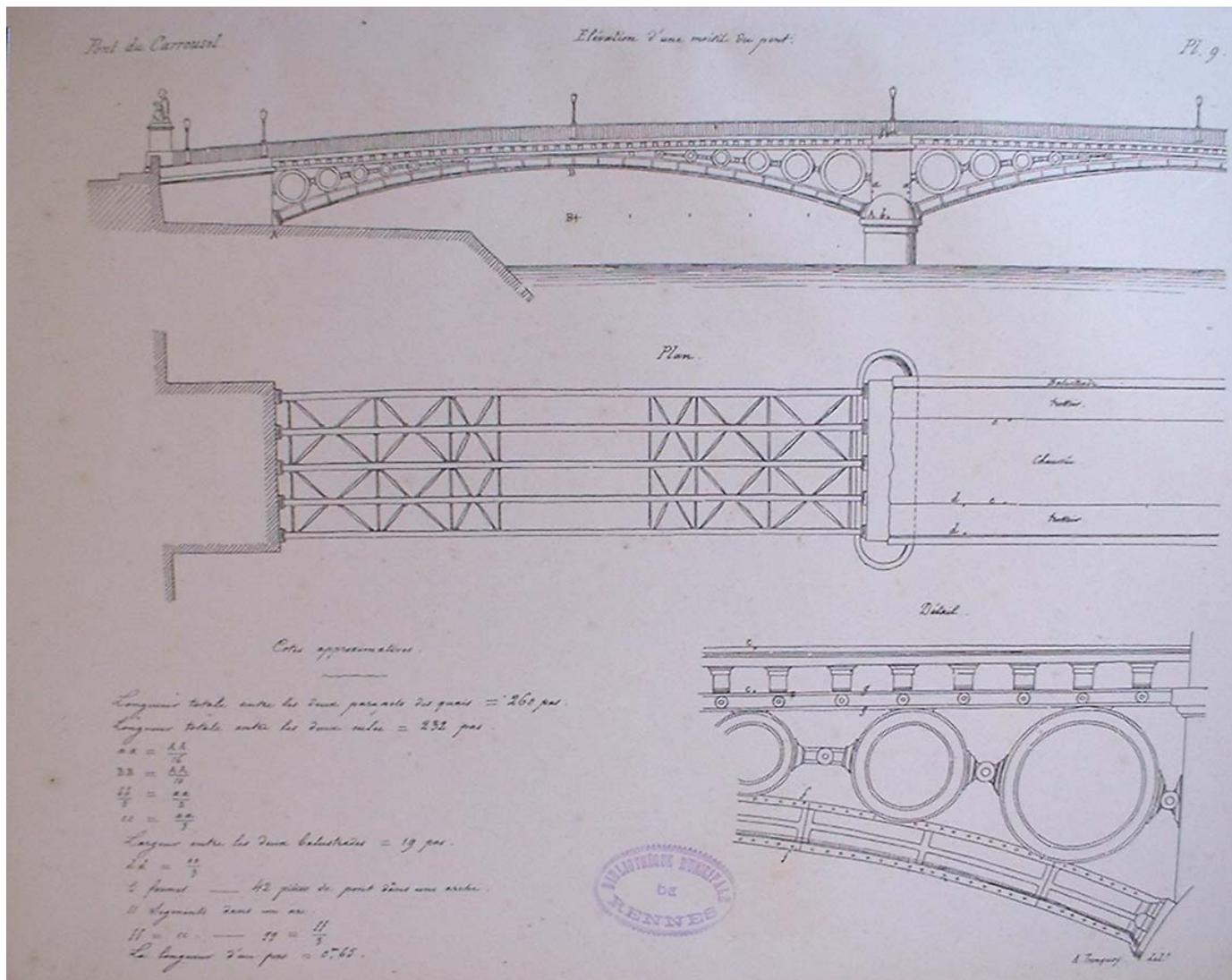


Illustration 7.14, levé d'un pont, Tronquoy, 20 x 35 cm.

Les pièces coupées portent des hachures et les dimensions sont indiquées et répondent aux règles actuelles pour ce qui est de leurs dispositions matérielles. On remarquera que des zones en coupe coexistent avec des parties en vue extérieure. La définition de la machine est ici incomplète, mais on peut supposer que d'autres vues furent réalisées, mais non incluses dans le fascicule de Tronquoy. La correspondance des projections orthogonales sur les plans horizontal, frontal et de profil est respectée sur l'ensemble des levés figurant dans le document.

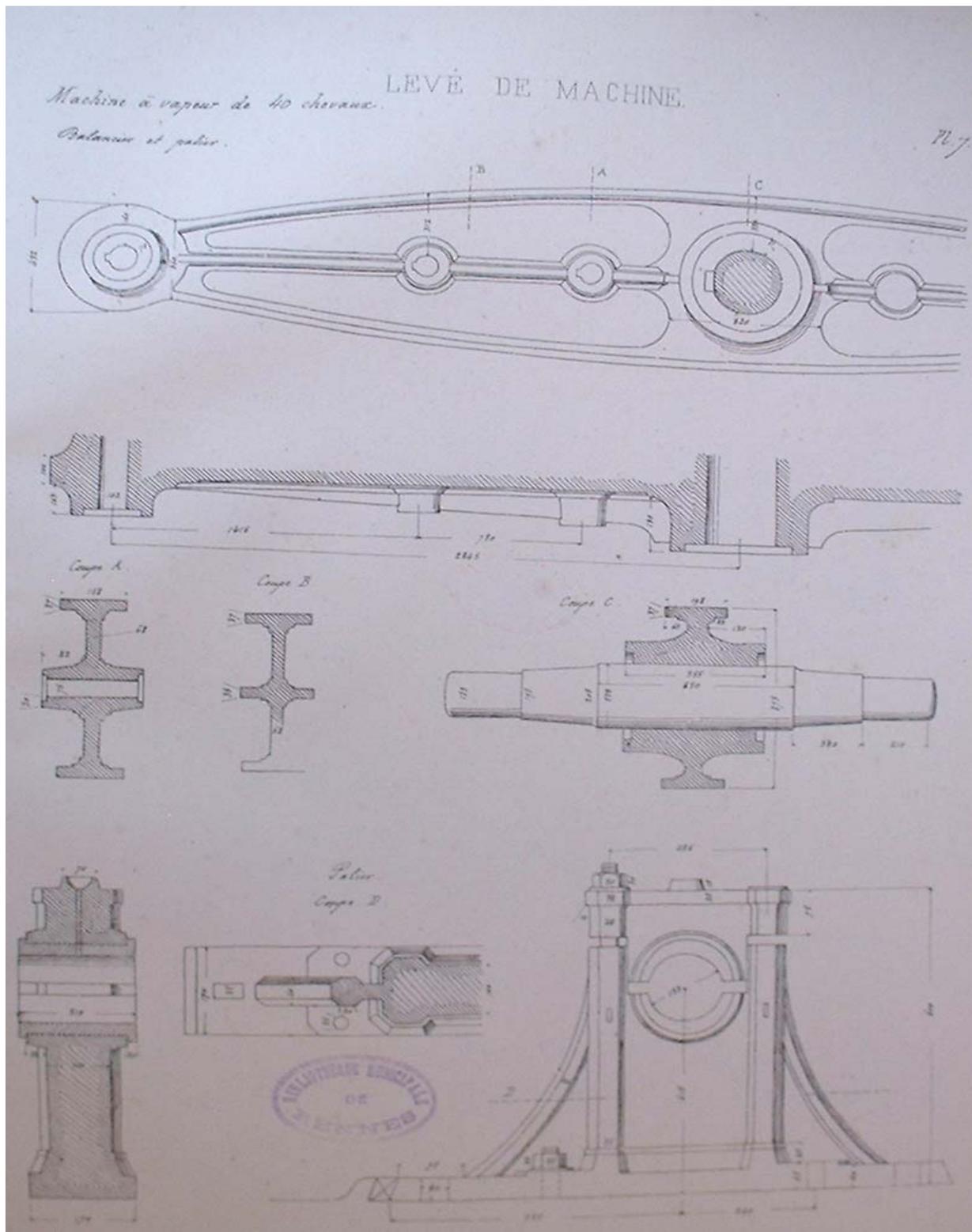


Illustration 7.15, levés d'éléments et de sous-ensembles d'une machine à vapeur, Tronquoy, 35 x 20 cm.

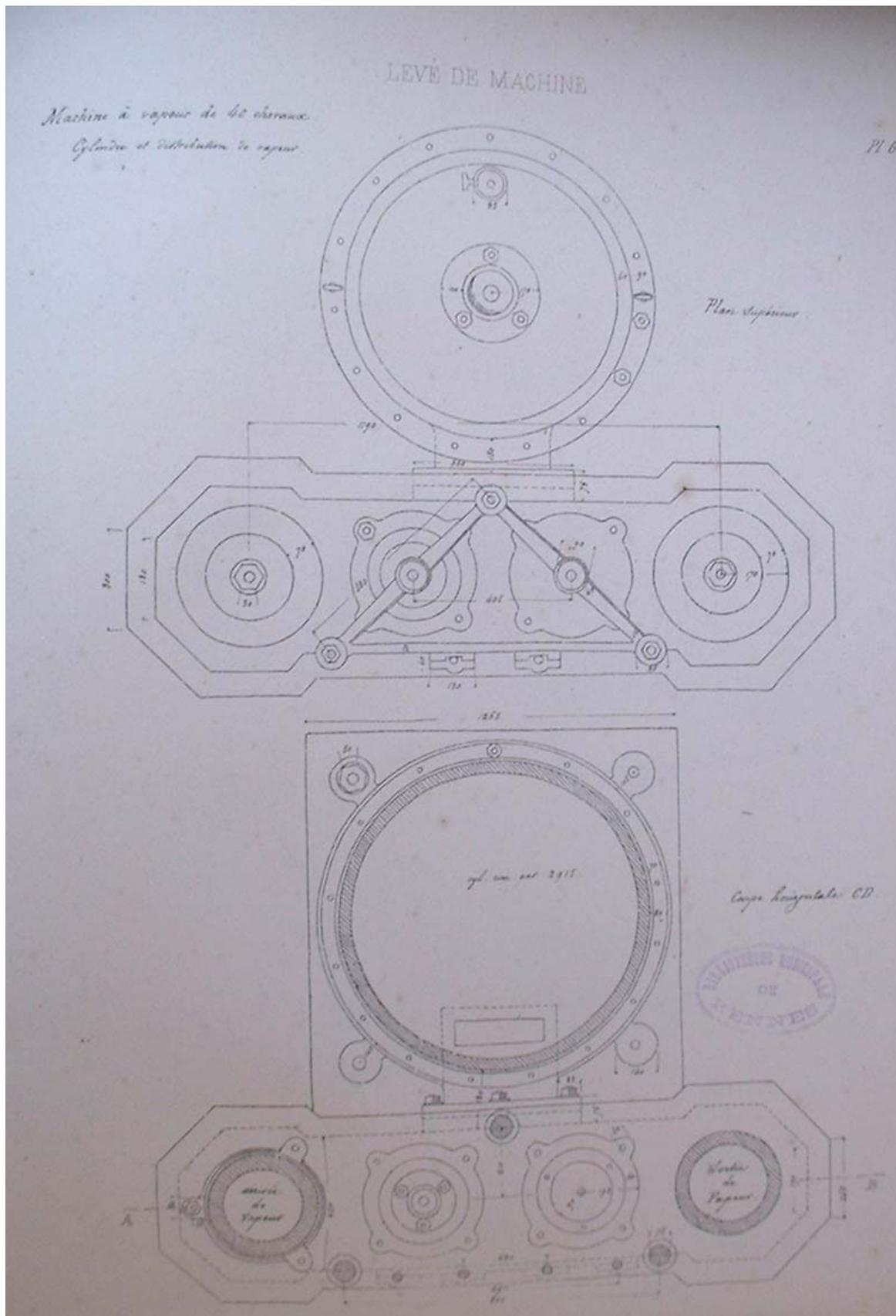


Illustration 7.17, sous-ensemble, machine à vapeur, Tronquoy, 35 x 20 cm.

Le manuscrit présente deux feuillets traitant de conventions pour une différenciation des matériaux, et tout particulièrement lorsqu'il s'agit d'éléments ou de sous-ensembles dessinés suivant des coupes. Un code de couleurs est établi et il se substitue aux hachures du mécanicien. Les dessins de détail d'éléments constitutifs de la machine (*illustration 7.15*), à savoir, les balancier, roue, axe, palier, portent l'indication des coupes: *coupe A, coupe B, coupe C*. mais les traces des plans de coupe ne sont pas renforcées.

Terrains coupés	Couleurs employées.	Composition des teintes.
	<i>Spéc.</i>	<i>Spéc. naturelle et en peu de terreux... en Spéc. coupé avec couleur à la ligne de sol.</i>
	<i>Deux Bleus clairs</i>	<i>Deux bleus et blancs de Terre de France indistinct, appliqués à deux couleurs.</i>
	<i>Terre de France</i>	<i>Terre de France indistinct, bleue, sans de terreux sur la terre.</i>
	<i>Vert clair</i>	<i>Terre de France et Bleu de France, sans une partie de Bleu clair.</i>
	<i>Deux jaunes</i>	<i>Spéc. et Bleu clair.</i>
	<i>Vert clair</i>	<i>Terre de France et Bleu de France... en Bleu clair appliqué seul.</i>
	<i>Bleu clair</i>	<i>Bleu de France très étendu d'eau... Appliqué à la ligne de surface, en sur la terre.</i>
	<i>Bleu clair verdâtre</i>	<i>Bleu de France très étendu avec une très petite partie de couleur jaune... Appliqué à la ligne de surface.</i>
	<i>Jaune pâle</i>	<i>Deux jaunes et Terre de France indistinct, bleue.</i>
	<i>Jaune pâle terre</i>	<i>Deux jaunes et Terre de France indistinct sans une partie de Spéc.</i>
	<i>Terre de France terre</i>	<i>Terre de France terre de couleur bleue, et coloré de couleur de Bleu clair.</i>
	<i>Jaune bruyère pâle</i>	<i>Terre de France et terreux.</i>
	<i>Jaune terreux</i>	<i>Terre terreux.</i>
	<i>Jaune bruyère pâle</i>	<i>Bleu terreux sur la ligne, en sur une de Terre de France.</i>

Illustration 7.18, les coupes, couleurs conventionnelles, Tronquoy, 15 x 20 cm.

Les axes des surfaces de révolution sont absents. La conception des pièces moulées, balancier et palier, présente bien des points communs avec des réalisations plus récentes de pièces de fonderie (surfaces en dépouille, nervurage, plan de joint...).

Ce manuscrit fait partie d'une série d'ouvrages construits et mis en forme par les enseignants à partir de relevés et de prises de notes effectués par les élèves sur le terrain. Chaque domaine d'enseignement dispose ainsi d'un certain nombre de fascicules, supports de cours portant sur les fabrications mécaniques, les chemins de fer, les ports, les ponts, les machines à vapeur etc... Dans les principes du fonctionnement de l'école siège cette volonté de mener l'instruction à partir de situations réelles portées à la connaissance des élèves comme nous le soulignons déjà. L'expérience, l'observation et cette liaison constante entre l'école et les techniques mises en œuvre dans l'entreprise d'une part, entre la théorie et la pratique d'autre part, composent les fondements de la formation professionnelle de ces ingénieurs.

Les machines industrielles, dans la construction desquelles se reproduit sous les formes les plus variées, le problème difficile de l'accord entre la légèreté et la solidité, fournissent des exemples très instructifs du choix des matériaux et de la détermination de leurs dimensions. Le constructeur doit surtout fixer l'attention sur la disposition des assemblages, pour lesquels aucune théorie n'existe encore et qui, par conséquent, ne peut être basée que sur l'expérience ainsi acquise.

(Extrait, page3, instruction..., Tronquoy).

Selon Tronquoy, le relevé d'usines doit efficacement contribuer, avec d'autres travaux, à placer l'élève sur la voie du *sens pratique qui est une des principales qualités de l'ingénieur*. Ces objectifs, affichés dans l'optique d'une réelle professionnalisation des ingénieurs des ponts et chaussées et associés à une pratique intense des *concours* (études d'avant projet des élèves à partir de situations concrètes), demeurent ancrés dans la politique de formation d'une l'école qui se distingue de sa rivale, l'École du génie de Mézières qui, fondée en 1748, forme les ingénieurs chargés des fortifications. Signalons que Tronquoy occupait également les fonctions de *maître de dessin* à l'école polytechnique en 1830.

7.4: L'enseignement du dessin dans des structures bretonnes de formation.

Des projets quant à l'implantation de formations décentralisées poursuivent leur chemin. En province, dans le prolongement et dans l'application des décisions politiques successives, des initiatives locales se font jour. Nous nous arrêterons sur un certain nombre d'entre elles, en Bretagne essentiellement, en évitant de dresser une histoire relative aux évolutions du système éducatif, mais en jalonnant nos propos de repères liés à des contenus d'enseignements portant sur *les arts graphiques*.

7.4.1: L'instruction à Rennes, au collège Saint Martin puis au collège de la ville.

L'instruction au collège Saint Martin, à Rennes, est l'affaire des Jésuites jusqu'au début de 1762, mais par arrêté du 27 mai 1762, le parlement de Paris, suivi par celui de Rennes, ordonne leur départ. Cette exigence du pouvoir annonce l'installation d'un collège nouveau dont le fonctionnement s'annonce difficile, d'autant plus que les familles apprécient toujours la formation dispensée par les ecclésiastiques. La notoriété du *collège de la ville* est moindre et l'effectif passe d'ailleurs de 1000 à 500 élèves en 1763. La ville a dès lors autorité sur le collège, mais cette prérogative ne dure pas et un édit royal de 1763 lui ravit tout pouvoir dans la direction de la nouvelle *maison d'instruction*¹³².

Un *Bureau administratif* est constitué mais sa présidence est cependant assurée par un évêque qui nomme les membres qui le composent. De plus, les enseignants sont recrutés parmi les ecclésiastiques et les laïques non mariés. Les enseignements sont de type classique, avec une dominante forte : le latin. En classes de 6^{ème} et de 5^{ème} l'enseignement porte sur le français, le grec et le latin ; en classe de 4^{ème}, il est question de vers et de thèmes en latin et en classe de 3^{ème} de versions grecques et latines. L'enseignement de l'histoire est porteur d'un mépris évident et l'enseignement scientifique est uniquement proposé en classe de philosophie et il se dispense en français alors que les autres disciplines le sont en latin ; il sera véritablement installé en 1791 par la création d'une chaire de mathématiques. Deux cours distincts de mathématiques sont dès lors proposés, l'un aux élèves des domaines des belles lettres et de la philosophie, l'autre à tous les citoyens de la ville.

Dans une telle organisation des enseignements, l'initiation au dessin, fût-il artistique, ne semble pas constituer un pôle majeur dans l'instruction de la jeunesse fréquentant le collège. Il faudra attendre que

¹³² Société archéologique d'Ille et Vilaine, tome 46, page 241, bibliothèque municipale de Rennes.

se mettent en place des écoles gratuites de dessin pour observer de véritables évolutions en matière d'apprentissage des outils graphiques

133

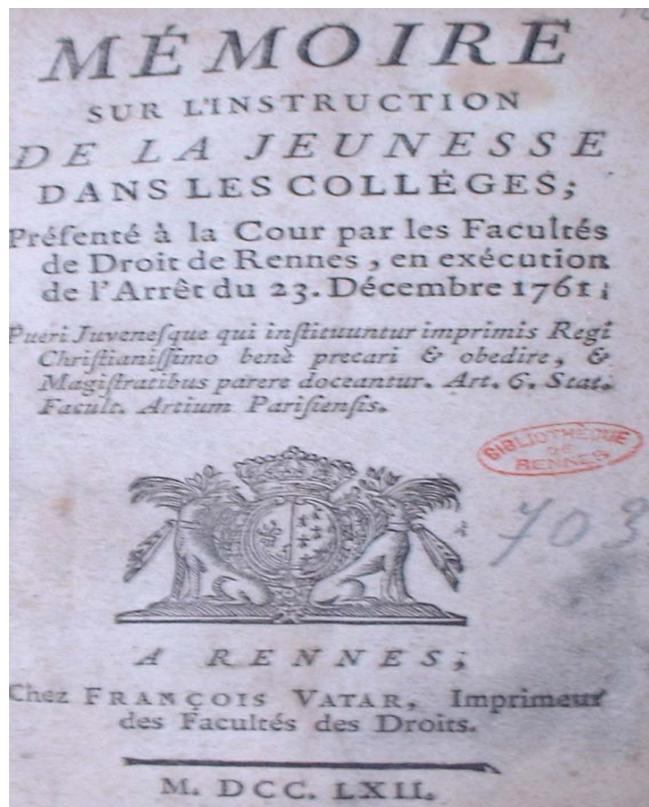


Illustration 7.19.

L'avènement de l'école centrale, qui se substituera au collège, conduira le législateur à accorder une place au dessin, tout en restant vague dans la définition de cet enseignement.

Les cours de l'école centrale s'ouvrent à Rennes le 1^{er} Brumaire de l'an X (23 octobre 1801), dans les salles de l'ancien collège. Cette structure d'enseignement, définie par un arrêté pris le 27 Brumaire de l'an VI (22 octobre 1797) par le Directoire, doit activer l'instruction publique. Notons que parallèlement à l'installation des écoles centrales, s'ouvriraient des écoles privées, des maisons d'éducation et des pensionnats. Dans les textes définissant les écoles centrales figurent les mentions particulières relatives au dessin¹³⁴ qui manquait à l'ancienne instruction des collèges.

¹³³ *Mémoire sur l'instruction de la jeunesse dans les collèges*, Rennes imprimerie Vatar, bibliothèque municipale de Rennes, cote: 70318.

¹³⁴ Les écoles centrales, archives départementales d'Ille et Vilaine, cote: L958.

Le dessin n'est pas moins utile à l'architecte qu'au mathématicien; il ne sert pas moins le savant que l'homme du monde. Il fait la base de ce bel art qui rivalise avec la poésie pour peindre la nature et la société; il est indispensable à la peinture.

(*Extrait du procès-verbal de la distribution des prix de l'école centrale, 30 Thermidor an IX.*).

Les cours de dessin se déroulent chaque jour, excepté le *quintidi* et le *décadi*, depuis 8 heures jusqu'à 10 heures et sont encadrés par le *citoyen* Coursier le cadet. L'âge requis pour accéder au cours de dessin est de douze ans et certains apprentis ont la possibilité d'y entrer gratuitement. Le type d'enseignement du dessin, dont il est fait état dans ces documents d'archives, concerne encore et pour l'essentiel, le dessin d'architecture et le dessin artistique; en effet, un état descriptif du matériel pédagogique qui équipe *le cabinet* de l'école centrale l'atteste. Cependant, l'idée d'un équipement à destination de formation pour *les arts et métiers* se fait jour:

La commission d'instruction publique fournira aux représentants du peuple chargés de l'instruction publique, tous les renseignements dont ils ont besoin sur les collections de machines et de modèles pour les arts et métiers.

(*Extrait, document d'archives du 13 Nivose an 2.*).

L'enseignement dispensé par la précédente structure, à savoir le collège, est dénoncé dans un texte¹³⁵ signé du Préfet et daté du 13 Nivose de l'an II. Il est souligné qu'au collège, *non seulement on y enseignait peu de choses utiles, mais la méthode même qu'on suivait, longue et pénible, ne pouvait que produire le dégoût, le découragement des jeunes gens...Il faut maintenant s'impliquer absolument pour apporter des connaissances tant utiles qu'agréables, celles qui paraissent les plus propres à former des hommes et des citoyens.*

Le cours de dessin se réorganise alors à l'école centrale et il ne se limite plus à la peinture comme c'était le cas précédemment, mais est étendu à d'autres domaines de l'activité humaine. Ces mesures nouvelles se soldent par un succès. L'engouement¹³⁶ des jeunes gens pour ce nouvel enseignement s'explique peut-être par son caractère pratique et professionnel. Le savant Joseph Lakanal (1762-1845) qui contribua largement à la création d'établissements scolaires littéraires et scientifiques de la Convention écrit, dans une note¹³⁷ relative au dessin:

Il faut introduire dans le programme des écoles centrales l'enseignement du dessin, ce qui n'avait pas été fait jusque là, que relativement à la peinture, mais qui, sous le support du perfectionnement des sens, accoutume les yeux à saisir fortement les traits

¹³⁵ Ecoles centrales, archives départementales d'Ille et Vilaine, cote:L959.

¹³⁶ Ecoles centrales, archives d'Ille et Vilaine, cote:2T1.

¹³⁷ Ricordel, Pierre, *Le collège de Rennes après le départ des jésuites et l'école centrale d'Ille et Vilaine(1762-1803)*, 1937,imprimerie Oberthür Rennes, bibliothèque municipale de Rennes, cote:254016.

de la nature, et est, pour ainsi dire, la géométrie des yeux comme la musique est celle de l'oreille.

(Extrait du rapport sur les écoles centrales, Lakanal, Ricordel page 79).

La promotion de l'enseignement du dessin est ainsi assurée, mais cette discipline est alors réputée difficile car faisant appel à de nombreuses connaissances scientifiques et techniques des domaines de la géométrie et de la mécanique. Par ailleurs, la maîtrise des outils graphiques exige un long apprentissage. Le maître Coursier qui occupe la chaire de dessin à l'école centrale de Rennes donne son point de vue ¹³⁸ sur cet enseignement et s'exprime ainsi:

Etant donné l'étendue des connaissances préalables qu'exige l'art du dessin, l'un des plus considérables par la variété des objets qu'il embrasse et dont l'étendue est aussi vaste que la nature, je me suis borné à l'une des connaissances qui est la base et le fondement du dessin et de la peinture, celle du corps humain.

Un tel avis du professeur était bien susceptible de décourager les élèves les plus motivés, mais la question ne se posera sans doute pas, car le premier messidor de l'an XI (20 juin 1803), la fermeture de l'école centrale est décidée et le lycée impérial ¹³⁹ s'établit. A la création de cette nouvelle structure de formation des jeunes gens, le dessin ne figure pas comme discipline d'enseignement.

7.4.2: Une école gratuite de dessin à Rennes:

Cette école, fondée en marge du collège puis de l'école centrale par les Etats de Bretagne, reprend le règlement de l'école gratuite de dessin de Paris établi le 20 juillet 1766. Au tout début de l'ouverture de l'école, en 1768, les enseignements de dessin paraissent nettement orientés vers le dessin d'architecture et le dessin artistique, en témoigne un document d'archives¹⁴⁰ concernant une commande de matériel pédagogique diligentée par la direction de l'établissement.

Matériel: cahiers d'architecture comportant des dessins de J.C.Delafosse et gravés par J.B.Lucien et Duruisseau, modèles de plâtre...

(Extrait du document d'archives).

Il est bien question d'ouvrir une école dans laquelle on enseigne gratuitement les principes élémentaires de *géométrie pratique*, de *l'architecture*, de *la figure*, des *animaux*, des *fleurs*, des *ornements*. Les exercices dont la durée est de deux heures chacun, sont encadrés par des

¹³⁸ Ecoles centrales, archives d'Ille et Vilaine, cote: 2T1.

¹³⁹ Archives départementales d'Ille et Vilaine, cote:2T4.

¹⁴⁰ *L'école de dessin de Rennes*, 1768, bibliothèque municipale de Rennes, cote: C4919.

maîtres spécialisés dans les différents genres et l'effectif de chaque classe peut atteindre cent élèves. Si le public est composé de jeunes issus de domaines d'activités diverses, il est souhaité que les *arts mécaniques* y figurent en bonne place.

Les différentes parties du dessin doivent procurer à l'avenir à chaque ouvrier la faculté d'exécuter, lui-même et sans recours, les différents ouvrages que son génie particulier pour son art lui fait imaginer.
(Extrait du document d'archives).

Le règlement de l'école souligne que des cours de dessin, organisés selon le même principe, se sont déjà ouverts à l'ancien collège de la ville d'Autun et que de nouveaux s'ouvriront à Paris. Ils sont créés en faveur des jeunes qui se destinent aux arts mécaniques et à divers autres métiers. Ces écoles *seront et demeurent réunies sous le titre d'école royale, gratuites et régies et administrées sous l'inspection du Sieur Lieutenant Général de notre dite ville.*

Quelques années plus tard, et dans le prolongement des initiatives que nous venons de mentionner, se mettent en place des *Cours publics de dessin linéaire*. Ces cours établis à Rennes en 1819¹⁴¹ se caractérisent nettement par leur orientation vers *le dessin linéaire* dont l'apprentissage ne se concevra pas sans les connaissances de géométrie et de mécanique. Le trait est estimé trouver tout son sens s'il est associé aux savoirs scientifiques du domaine concerné. Ainsi, celui de la construction navale trouve toute sa pertinence et sa crédibilité si l'ingénieur-constructeur de vaisseaux justifie de connaissances étendues *aux choses de la mer*, aux matériaux, aux moyens de production, aux méthodes de mises en œuvre et enfin aux lois de la mécanique des fluides et aux principes de la géométrie. Le dessin n'est pas la traduction d'une aptitude, d'une habileté au tracé, il est surtout la convergence de divers savoirs. Cet enseignement est estimé indispensable aux charpentiers, aux mécaniciens, aux géomètres, il est la base des leçons suivies à l'atelier ou à l'école. L'ouvrage¹⁴² de géométrie et de mécanique rédigé par l'ancien polytechnicien et mathématicien, Louis-Benjamin Francoeur est vivement conseillé, voire imposé et il doit permettre à la classe ouvrière de se préparer *à l'étude des arts plus élevés*. Le législateur n'hésite pas à mettre en avant les bienfaits de cette discipline:

Le dessin linéaire assure le coup d'œil et la main. Il apprend à fixer rapidement et nettement les formes et, par elles, les idées.
(Extrait, document d'archives).

¹⁴¹Prospectus, archives départementales d'Ille et Vilaine, cote: 11T235.

¹⁴² Francoeur, Louis-Benjamin, 1773-1849, *Traité élémentaire de mécanique ouvrage destiné pour l'enseignement dans les lycées nationaux et à l'école polytechnique*, 3^{ème} édition, 1804, Courcier Paris, bibliothèque municipale de Rennes, cote: 56624.

Dans l'année 1825¹⁴³ et dans le prolongement du cours de dessin linéaire organisé dans la journée, un cours du soir, de géométrie et de mécanique, est également créé. Les objectifs de ces cours sont identiques mais le cours du soir s'adresse aux artisans et constitue, d'une certaine manière, une application concrète du dessin linéaire avec un aspect pratique et directement utile plus prononcé. L'enseignement est dispensé par un architecte de la ville de Rennes, ce choix justifie cependant l'orientation donnée aux contenus qui touchent essentiellement le dessin d'ornement, la sculpture et le dessin de la figure. La volonté politique de promotion de cet enseignement se confirme localement et c'est ainsi que le Maire de Rennes demande aux Frères des écoles chrétiennes de choisir parmi leurs huit cent élèves *les plus aptes et les plus appliqués* pour suivre ce cours de géométrie et de mécanique. *Ce sera pour ces élèves un motif d'encouragement et d'émulation.* Par ailleurs, le ministère annonce au Préfet, par lettre du 7 juillet 1828, l'expédition d'une collection de modèles de dessins destinés à la ville de Rennes pour aider à l'enseignement de la géométrie et de la mécanique, *ces modèles doivent faciliter l'intelligence des leçons, suivant la méthode préconisée par le Baron Dupin.* Nous observons que les orientations souhaitées par Charles Dupin, en note préliminaire à son cours destiné aux élèves du conservatoire royal des arts et métiers, sont d'une visée optimiste :

A mesure que le nouvel enseignement se propagera, à mesure que des sacrifices généreux seront faits, des tentatives utiles mises en exécution, des résultats avantageux seront obtenus dans les différentes villes de l'intérieur ou des côtes.
(*extrait, note préliminaire, tome I, géométrie et mécanique des arts et métiers, Charles Dupin.*)

Ces cours de *dessin linéaire* font l'objet d'une attention toute particulière, semble-t-il, car par une circulaire¹⁴⁴, datée du 8 février 1828 et adressée au Préfet d'Ille et Vilaine, le ministère de l'intérieur souhaite savoir *en quel état se trouvent les cours de dessin linéaire fondés en 1819.* Cette circulaire souligne combien cette évaluation est importante, elle concerne un enseignement *qui doit influencer sur la prospérité du pays.*

Manifestement le cours public et gratuit de géométrie et de mécanique appliquées aux arts est un succès. Il est confirmé par le discours¹⁴⁵ prononcé à la séance d'ouverture de la deuxième année de ce même

¹⁴³ Lettre du Maire de Rennes au Préfet, 18 février 1828, archives départementales d'Ille et Vilaine, cote:11T235.

¹⁴⁴ Circulaire, cours de dessin linéaire, ministère de l'intérieur, archives départementales d'Ille et Vilaine, cote: 11T235.

¹⁴⁵ De Lorgeril, maire de Rennes, *Distribution des médailles aux élèves du cours public et gratuit de géométrie et de mécanique appliquées aux arts*, 16 novembre 1826, Mlle Jausions imprimeur du Roi et de la Mairie Rennes, archives départementales d'Ille et Vilaine, 11T235.

cours par de Lorgeril, Maire de Rennes, le 16 novembre 1826. Le procès-verbal du discours, rédigé en mairie de Rennes le 6 novembre 1826, tient en pas moins de vingt et cinq pages, ce qui peut traduire tout l'intérêt que prennent ces cours après seulement une année de fonctionnement. Mais ce n'est pas tant la longueur du discours qui importe, mais son contenu. Il en appelle au développement de nouveaux comportements vis-à-vis du dessin linéaire, un enseignement voué à un bel avenir et méritant autant d'égards que les enseignements classiques et les belles lettres. Le Maire introduit d'ailleurs son intervention en faisant l'éloge du baron Charles Dupin:

Ce cours, fondé l'année dernière sur le modèle de celui que M. le baron Dupin professe à Paris, avec tant d'éclat et de distinction, était depuis longtemps l'objet de mes désirs ardents. Ils furent comblés, lorsque Son Excellence le Ministre de l'intérieur, appréciant les importants résultats de cette mesure, en provoqua l'exécution.

Le cours, nommé: *Ecole de sculpture et de dessin linéaire*, se veut donner aux jeunes ouvriers un complément d'instruction nécessaire et qui de plus, permet aux jeunes les plus motivés, d'accéder à l'*Ecole d'architecture et de dessin linéaire* créée à Rennes deux années plus tôt. Le dessin linéaire est dit *être un art utile à encourager* auprès du plus grand nombre d'artisans et de jeunes gens. Au cours de cette cérémonie de distribution de médailles aux élèves les plus méritants, le Préfet, dans le prolongement des propos élogieux tenus par le Maire, souligne combien cet enseignement du dessin linéaire, *désormais affranchi des ténèbres de l'inexpérience*, va permettre à la classe industrielle de puiser, par une étude méthodique, les connaissances qui pouvaient apparaître jusque là inaccessibles; il sera *ce germe précieux dont le développement promet un si bel avenir à l'industrie française*. Lors de manifestations officielles de ce genre, les interventions des notables constituent un passage obligé, mais dans le cas présent celle du professeur Legrand qui encadre ce *nouvel enseignement* vaut d'être retenue. Il souligne combien la navigation, l'art de la guerre, le génie civil et militaire, la médecine, le barreau, et plus récemment alors, l'agriculture et le commerce ont vu prospérer des formations établies à leur intention alors que les *professions industrielles* en réclamaient. Il se félicite de la création, à Rennes, de ce cours de *dessin linéaire à base de géométrie et de mécanique* et ne manque pas de faire également l'éloge de Charles Dupin, selon ces termes:

Ici, messieurs, hommage soit rendu au savant illustre, au véritable ami du pays, M. Ch. Dupin, qui, le premier, signalant parmi nous l'impulsion donnée à l'Angleterre, a provoqué l'attention publique sur cette réforme importante, et qui, par ses leçons, non moins que par ses ouvrages également dirigés dans le même but, a si

heureusement aplani la route et aux maîtres et aux nombreux élèves qui accourent pour les entendre.

(Extrait, page 20, discours d'ouverture, inauguration du second cours de dessin linéaire).

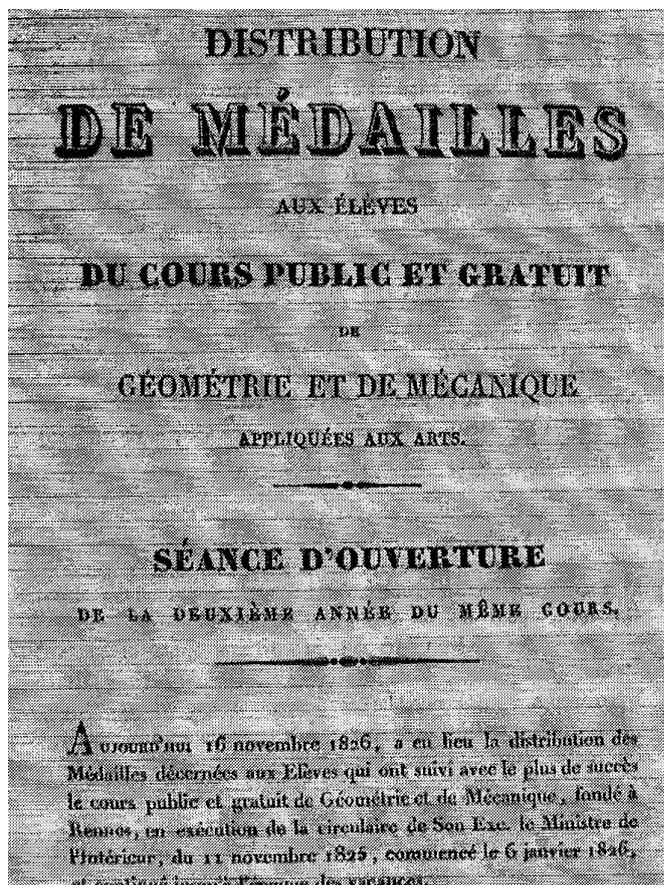


Illustration 7.20.

Le succès des arts industriels passe, dit-il, par des connaissances de géométrie et de mécanique faisant partie intégrante du dessin linéaire et sait pouvoir compter sur *les enfants du sol breton, qui certes ne manquent ni de valeur sur le champ de bataille, ni de lumières dans le sanctuaire de la justice!* En ce début de 19^{ème} siècle, l'industrie bretonne est encore *faible et bornée* mais elle s'éveille et suit *le mouvement général de prospérité donnée par notre siècle.* Il voit dans le dessin linéaire, et nous souscrivons à son point de vue, une discipline fédératrice des nombreuses connaissances exigées par les arts industriels. Il dit également y voir *une langue commune pour les arts et qui embrasse tous leurs résultats et qui s'étend à leurs procédés dans les moindres détails.* Tout au long des interventions qui se sont succédées au cours de cette *distribution de médailles*, celles du Maire, du Préfet et du Professeur, il est à noter une volonté soulignée de démocratisation de cet enseignement du dessin linéaire.

Plusieurs villes bretonnes mettent en place ce nouvel enseignement initié par Charles Dupin. Le ministre de la marine demande aux professeurs royaux d'hydrographie et de navigation de professer la géométrie et la mécanique appliquées aux arts, *en faveur de la classe industrielle à l'heure où ferment les ateliers*. En Bretagne, les ports de Nantes, Brest et Lorient bénéficient de cette décision politique. Ainsi, à Lorient le chevalier de Kerdrel, ancien officier de marine et Maire de cette ville, *animé du plus noble zèle, établit une école de dessin linéaire afin de compléter l'instruction des élèves qui suivront le cours de géométrie et de mécanique appliquées aux arts*. A Saint Briec, c'est le comte Frottier de Banieux, préfet du département des Côtes du Nord qui se fait *un devoir et un honneur de présider la séance d'installation de ce cours*. Charles Dupin pose le problème du recrutement d'enseignants justifiant de compétences en géométrie et en mécanique appliquées aux arts et suggère que ces aptitudes soient détectées dans la plupart des villes : des professeurs de mathématiques intervenant déjà au collège, d'anciens élèves de l'école polytechnique et enfin toute personne ayant acquis un savoir en ces domaines. Selon Charles Dupin, le travail de ces futurs maîtres sera grandement facilité puisqu'ils disposeront des leçons imprimées à partir de son *cours du conservatoire de Paris*; chaque professeur *n'aura plus qu'à les répéter, et ce travail est si facile, qu'on doit compter qu'il sera fait partout avec succès*. Un véritable plan d'urgence pour une généralisation de l'enseignement du dessin linéaire.

Au milieu du 19^{ème} siècle, des structures dites *lectures publiques du soir* se mettent en place dans plusieurs villes. Le ministère de l'instruction publique, par un courrier adressé au Préfet d'Ille et Vilaine et daté du 4 janvier 1849, suggère que soient mis en place dans les grandes villes des *lectures publiques du soir*, spécialement à l'intention des ouvriers¹⁴⁶. Nous faisons part de cette initiative qui, a priori, n'entre pas dans le cadre de notre étude puisqu'elle porte essentiellement sur *la prose, la poésie, l'histoire, la morale et la religion*. Cependant un mémoire, rédigé par un certain Armand Foulon, professeur d'histoire au lycée de Rennes et remis au commissaire général du département d'Ille et Vilaine, préconise que le domaine des sciences soit abordé dans le cadre de ces lectures publiques qui se déroulent une fois par semaine à *l'Athénée populaire* dont le siège provisoire se trouve dans une salle de l'hôtel de ville. Un chapitre de ce mémoire concerne l'astronomie élémentaire et des notions de physique et de chimie et l'auteur y souligne l'intérêt quant au développement des applications les plus

¹⁴⁶ Lettre adressée au Préfet d'Ille et Vilaine, 4 janvier 1849, archives départementales d'Ille et Vilaine, cote:11T235.

utiles et les plus usuelles et tout particulièrement celles du domaine de la mécanique.

Les principes de statique et de dynamique avec la description des machines simples et composées les plus communes, ne peuvent –il pas tout naturellement accompagner ce que dirait le professeur de la mobilité, de la pesanteur, des conditions d'équilibre des solides et des liquides. Il parlerait ensuite de l'utilité du baromètre, ferait connaître la cause de l'ascension des aérostats et donnerait une idée de la construction des pompes.

(*Extrait,mémoire, 15 avril 1848, Armand Foulon, professeur*).

Ces lectures publiques du soir se sont déroulées à Rennes mais également à Vitré, Fougères et Dol de Bretagne pour ce qui est du département de l'Ille et Vilaine. Le support à privilégier demeure le livre et les orateurs ont dès lors tout le loisir de les choisir aux rayons de la bibliothèque du lycée, bibliothèque dont la composition s'est faite à partir du catalogue édité à Paris en 1804, conformément à un arrêté du 19 Frimaire de l'an XI signé du ministre de l'intérieur Chaptal. Chaque lycée, lycée qui se substitue à l'école centrale alors supprimée, se voit doté de quinze cents volumes¹⁴⁷ mis à disposition du Proviseur par le Maire de la ville. Les ouvrages concernent les différents enseignements dispensés, mais nous avons extrait de la liste quelques uns appartenant à des champs proches de notre propos. Voici quelques titres: *Traité de navigation et d'optique* de Bouguer, *Architecture hydraulique* de Prony, *Géométrie descriptive* de Monge, *Traité d'optique et de perspective* de Lacaille, *L'art de lever les plans* de Dupain de Montesson, *Nouvelles règles pour la pratique des dessins et du lavis* de la Gardette...mais également: *Eléments de technologie*¹⁴⁸ de Francoeur .

¹⁴⁷ Catalogue des livres qui doivent composer la bibliothèque d'un lycée, imprimerie de la république Paris, archives départementales d'Ille et Vilaine, cote: 11T239.

¹⁴⁸ Francoeur, Louis-Benjamin, polytechnicien, mathématicien, professeur à la faculté des sciences de Paris, *Eléments de technologie*, Colas Paris, 1833, bibliothèque universitaire Rennes 1, cote: 43059.

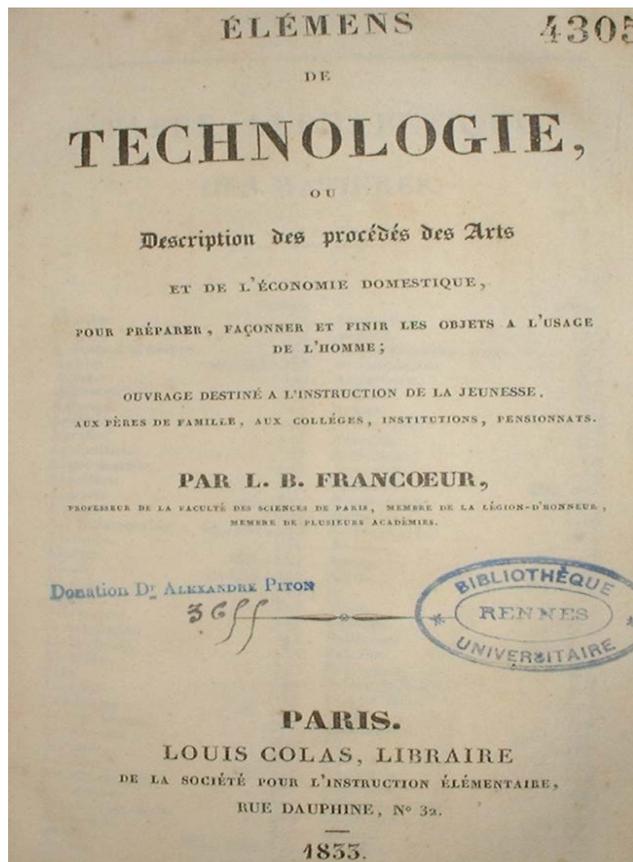


Illustration 7.21

En introduction à son livre, *Eléments de technologie*, Francoeur souligne combien l'enseignement de la technologie a, pendant trop longtemps, *manquée totalement dans nos maisons d'éducation*. L'auteur use du graphisme pour transmettre les connaissances liées aux *procédés de l'industrie*. L'une des planches de l'ouvrage rapportée ci-après, par le dessin simplifié ou schéma, la projection orthogonale ou la perspective, contribue à éclairer le lecteur pour ce qui relève des *procédés de l'industrie*.

La technologie est assurément la branche d'enseignement qui devrait figurer avec plus d'intérêt dans nos maisons d'éducation. Il est extrêmement utile d'instruire les jeunes gens des procédés, qui, fruit de l'expérience et du savoir, servent à nos besoins et à nos jouissances....En un premier temps, il importe de se borner à énoncer les faits, sans chercher à les expliquer. (*extrait, introduction, page 3, Eléments de technologie, Francoeur*).

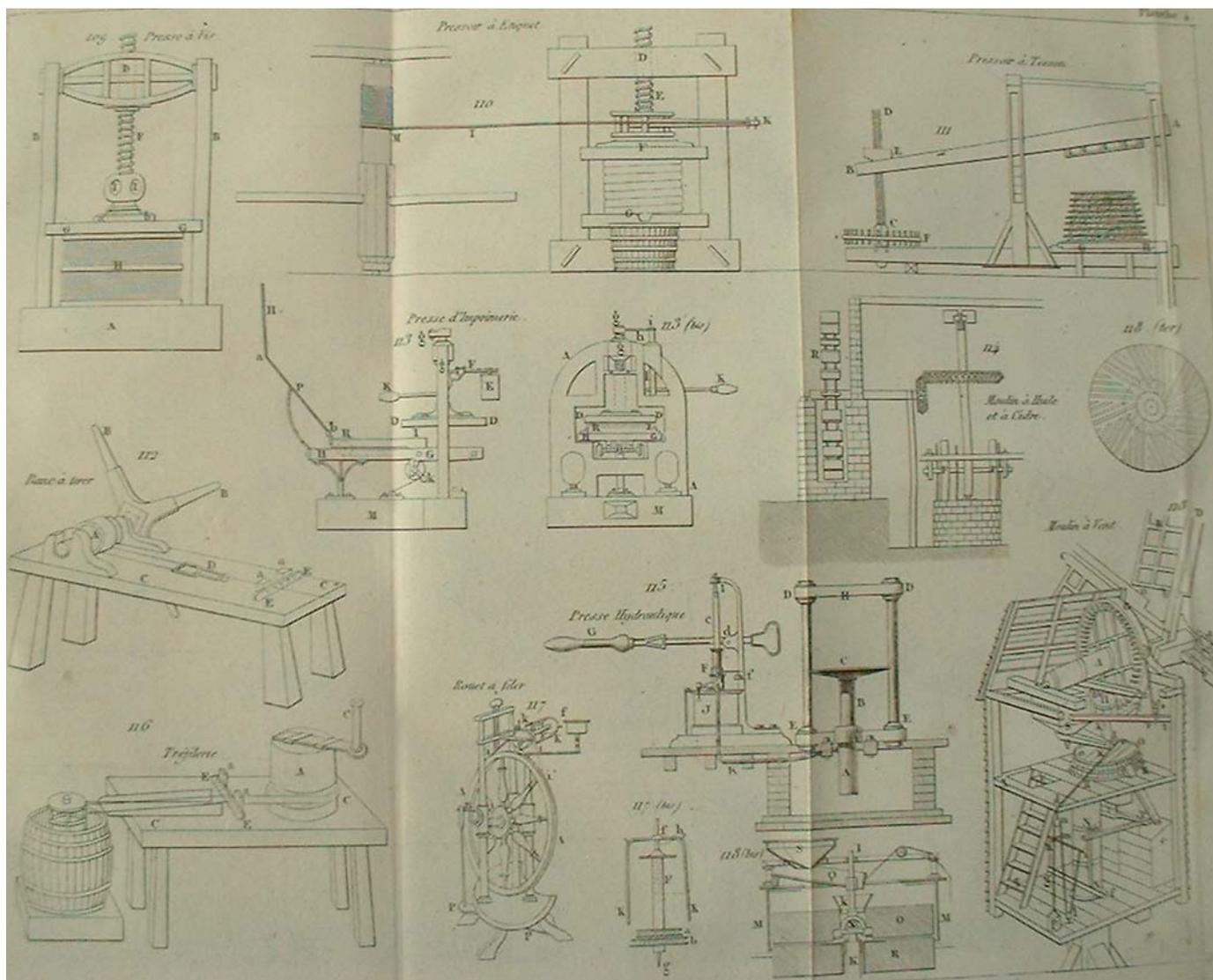


Illustration 7.22, pl3, éléments de technologie, Francoeur,

Francoeur dessine les objets techniques dont il souhaite expliquer le fonctionnement. Le recours à une représentation en perspective est fréquent et nous l'observons sur la planche rapportée ci-dessus. Les machines telles que les presses portent un repérage des éléments principaux qui renvoie le lecteur vers la lecture de quelques lignes explicatives. Francoeur décrit le fonctionnement des systèmes, sans apports théoriques justifiant la conception et la mise en œuvre du système. Il est question d'une technologie essentiellement descriptive, Francoeur estimant que sa démarche *permet déjà une excellente acquisition de la connaissance matérielle des procédés; cette connaissance doit inspirer à la jeunesse le goût de l'instruction et le désir de la compléter*. La visualisation des systèmes, par un trait accompagné d'éléments de nomenclature, permet une approche des procédés. De plus, c'est ainsi que *le professeur trouve un fonds bien propre à faire germer et à féconder ses semences, quand l'esprit a déjà*

reçu cette première préparation. Le professeur d'université répond ainsi à l'appel formulé par le baron Charles Dupin qui estime urgent que soit établi dans les grandes villes, un enseignement de géométrie et de mécanique appliquées aux arts et métiers.

Un enseignement spécial dont l'objet est de propager, au sein des ateliers et des manufactures, les applications les plus simples, les plus faciles et les plus fécondes de la science. Ce nouvel enseignement a déjà produit des résultats très remarquables, en faveur des villes étrangères qui l'ont institué.

(Extrait, page4, Géométrie et mécanique des arts et métiers, tome 2, Charles Dupin).

La mobilisation des compétences pour enseigner est réclamée et en particulier, dans les ports de mer, auprès des professeurs d'hydrographie. Le comte de Chabrol ¹⁴⁹, ministre de la marine et des colonies prescrit d'ailleurs à tous les professeurs d'hydrographie de professer le cours publié par Charles Dupin. Les contenus des formations proposées dans les ports de mer, militaires et marchands, sont naturellement liées aux activités de construction navale de ces sites. Charles Dupin consacre d'ailleurs la dixième leçon du second tome de son livre, page 235, à une *application à la construction des vaisseaux*. La planche qui accompagne la dixième leçon (*illustration 7.23*), est relative au bordage de la carène des navires. C'est par le graphisme que Dupin indique les procédures de traçage des surfaces taillées dans des planches ou des madriers. Ces pièces de bois composées de surfaces courbes viennent épouser le chant des membrures; les courbures de ces pièces étant plus prononcées lorsque l'on se situe vers la proue et vers la poupe. L'application de certains bordages taillés nécessite un effort mécanique pour satisfaire un appui correct sur les membrures. Le charpentier de marine doit maîtriser le trait et manier avec méthode l'équerre, la fausse-équerre, la règle et le compas. Ces exigences ont conduit à l'organisation d'un enseignement spécifique dont le contenu s'est progressivement construit à partir des réflexions et des travaux d'illustres ingénieurs-constructeurs tels que, entre autres, Dassié, Ollivier, Bouguer, Duhamel du Monceau, Vial de Clairbois, Sané. Observons comment les formations se sont progressivement mises en place et développées.

¹⁴⁹ Chabrol de Crousal, André-Jean, comte de, 1771-1826, ministre de l'intérieur en 1817, ministre de la marine en 1824.

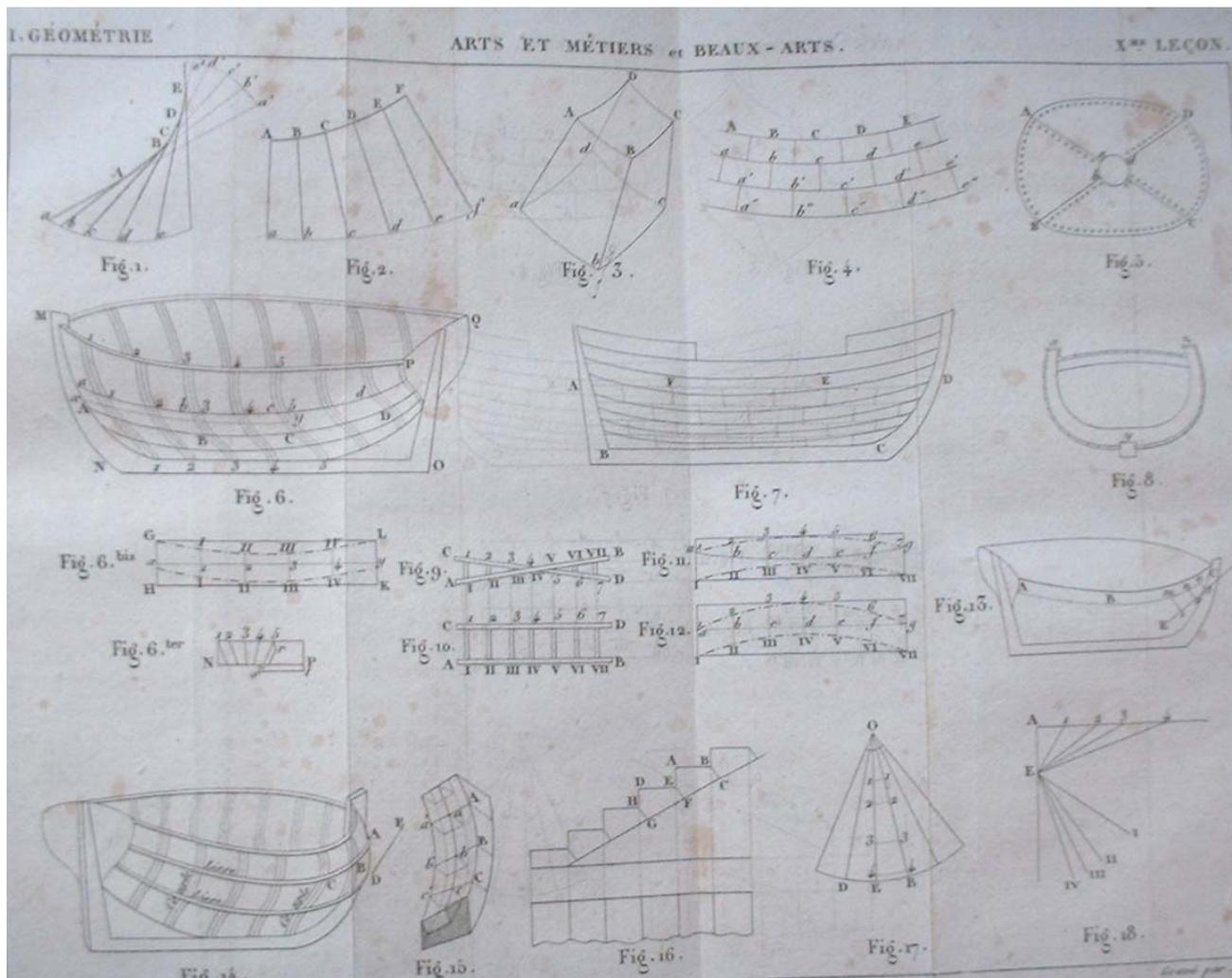


Illustration 7.23, construction des vaisseaux, Dupin, 15 x 21 cm.

7.5: L'avènement de formations de constructeurs de vaisseaux.

Nous reprenons volontiers un extrait des propos que Dassié destine aux lecteurs de son ouvrage *L'architecture navale*¹⁵⁰, qu'il fait paraître en 1677: " Un grand nombre d'auteurs ont amplement traité de toutes les parties de l'architecture civile; mais il semble qu'ils ont négligé de nous instruire de *l'Architecture navale* ". Qu'en est-il donc de la formation, au seuil de l'année 1750, pour ce qui relève de l'architecture navale?

Dès la première partie de son livre, Dassié fait part de son intention de communiquer largement au public ses connaissances relatives à l'architecture navale. Il y explique les termes de géométrie et la pratique des tracés au compas, *connaissances nécessaires pour représenter le plan et la proportion d'un navire*.

¹⁵⁰ Ouvrage réédité au 20^{ème} siècle, éditions l'Ancre, 1999, éditions Eyrolles 2003.

En fait il définit le contenu d'un enseignement du dessin à destination, entre autres, de futurs constructeurs et officiers de marine. Qu'en est-il de l'organisation de la formation des jeunes gens qui se destineraient à exercer une activité professionnelle liée à la marine, et plus particulièrement à celle de constructeur de vaisseaux, lorsque paraît le livre de Dassié en 1677? C'est à cette question que nous tenterons d'abord de répondre.

Les formations de constructeurs de navires comme celles des officiers de marine se sont pendant longtemps déroulées sur le terrain, de manière confidentielle. La transmission des connaissances et des savoir-faire est demeurée quasi secrète et réservée à quelques individualités constituantes, d'une certaine manière, de castes, de domaines réservés. La transmission d'un "savoir technicien" s'est alors souvent développée au sein de cellules familiales¹⁵¹. A Brest, par exemple, la main mise sur les constructions navales des familles Héli et Ollivier était prégnante au 18^{ème} siècle. Blaise Joseph-Ollivier né à Toulon en 1701 sera considéré comme le plus éminent et le plus innovateur des ingénieurs constructeurs français et du statut de maître-constructeur en 1736, il exercera les fonctions de directeur général des travaux du port de Brest. Son père Joseph était lui-même sous-maître constructeur à l'arsenal de Toulon, comme l'était son grand père Honoré. Blaise Ollivier va décider de rompre avec le conservatisme entretenu par le clan Ollivier et une telle attitude sera retenue plus tard par Bouguer, Duhamel du Monceau et Sané. En 1736 Ollivier écrit un *Traité de Construction*, conservé au Service Historique de la Marine de Vincennes, mais qui ne sera jamais publié. Quatre années avant sa mort en 1746, il s'engage à Brest dans la formation de jeunes sous-constructeurs, parmi lesquels figure son fils aîné Joseph (1728-1777) qui sera nommé sous-constructeur en 1737, soit à l'âge de neuf ans!. Blaise Ollivier ne manque sans doute pas de matière et de supports pédagogiques pour les cours qu'il dispense car en 1730 il réalise, à la demande du ministre Maurepas, les plans et le suivi de la construction d'un vaisseau de 64 canons. Par ailleurs, Blaise Ollivier est acteur de nombreux autres plans de vaisseaux pour lesquels chacun reconnaît la très grande qualité graphique et le savoir encyclopédique de l'auteur. Il se verra confier par Maurepas la direction de *l'école de construction* qui s'ouvrira à Paris en 1741 et dont l'objet consistera à dispenser aux futurs maîtres-constructeurs une formation scientifique théorique associée à des visites d'arsenaux et à l'apprentissage de nouvelles techniques. L'acquisition

¹⁵¹ Cloître, Marie-Thérèse, *Histoire de Brest*, 2000, Centre de recherche bretonne et celtique, Université de Bretagne occidentale à Brest.

des outils graphiques et l'aptitude à l'analyse de plans sont alors dans le champ des incontournables de la formation des constructeurs.

Quant à la formation des officiers de la marine royale, elle commence à se mettre en place lorsqu'en 1626, Richelieu prend la responsabilité du ministère de la marine. Sans développer les différentes étapes relatives à l'instauration de structures de formation d'officiers entre cette date et la Révolution française, nous retiendrons la période 1683-1715, période durant laquelle s'implante de manière un peu plus rationnelle la *Compagnie des gardes de la marine*. Elle s'installera à Rochefort, Toulon et Brest et proposera un enseignement des matières dites nobles le matin (mathématiques, hydrographie, astronomie), l'après midi étant réservé aux enseignements pratiques, parmi lesquels figure, mais en fin de journée et sous forme de simples visites de chantiers navals, la construction des navires. En 1773, avec la création de l'*Ecole royale de marine du Havre*, la notion de *compagnie* est remplacée par *école* et celle de *garde* par élève. Cette école, qui fût la première école navale, fonctionnera de 1773 à 1775 et bénéficiera du concours d'excellents professeurs dont l'ingénieur-constructeur brestois Pierre Ozanne, frère cadet de Nicolas-Marie Ozanne (1728-1811).

Arrêtons nous quelques instants sur les travaux "des Ozanne". En tout bien tout honneur, nous nous intéressons d'abord à Nicolas-Marie Ozanne, aîné d'une famille composée de trois filles et de deux garçons. Dessinateur et graveur, il enseigne à l'école des élèves officiers du port de Brest. Il obtient le brevet de *Dessinateur de la marine* et est distingué pour ses dessins du port du Havre (1751) et du port de Toulon (1756). Après avoir été constructeur des chaloupes et des gondoles du canal de Versailles, il est attaché, en 1762, au bureau des géographes de la guerre. Sept années plus tard, il est chargé d'enseigner à la famille royale les éléments de la construction et de la manœuvre des vaisseaux. Nicolas-Marie Ozanne aurait-il transmis au roi le goût pour la marine? En 1772, il est nommé ingénieur de la guerre. Nous présentons (*illustration 7.24*) un ouvrage qu'il fait paraître en 1762, *Marine militaire ou recueil des différents vaisseaux qui servent à la guerre*¹⁵². C'est à l'aide du dessin que Nicolas-Marie Ozanne décrit différents vaisseaux et les principales manœuvres à effectuer en mer et dans les ports.

¹⁵²Ozanne, Nicolas-Marie, l'aîné, 1728-1811, brestois, dessinateur, peintre de la marine, *Marine militaire ou recueil des différents vaisseaux qui servent à la guerre*, 1762, Paris Chéreau éditeur, service historique de la marine à Brest, cote:R3096.

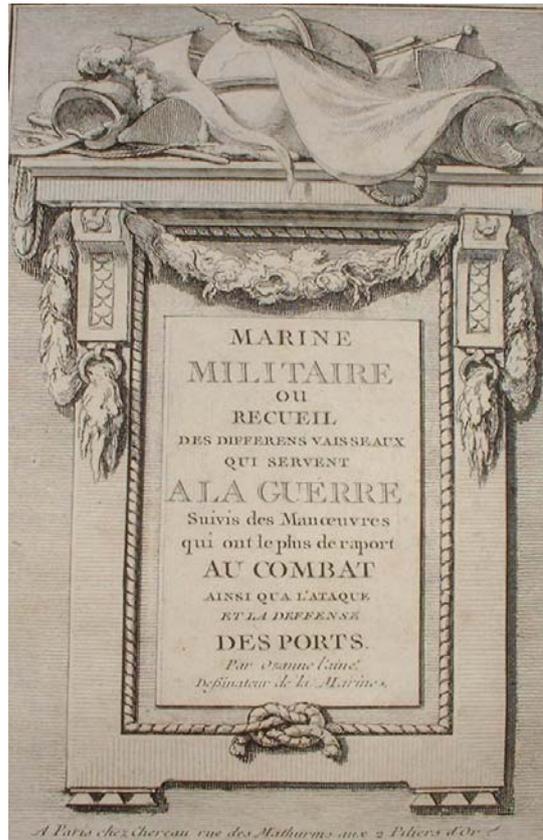


Illustration 7.24, Ozanne, 17,5 x 10,5 cm.

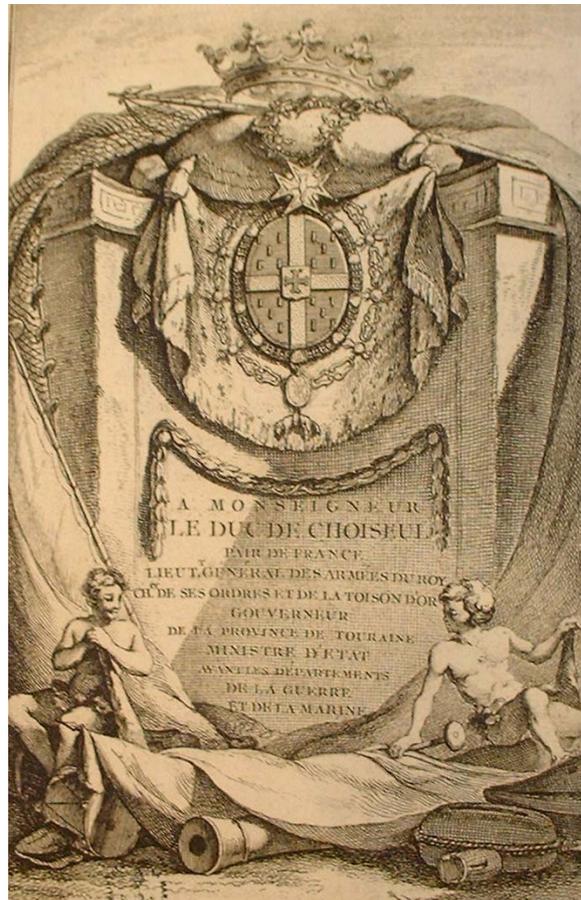


Illustration 7.25, frontispice, Ozanne, 17,5 x 10,5 cm

Le dessinateur de la marine, Nicolas-Marie Ozanne rend hommage au duc de Choiseul, Etienne-François, (1719-1785), alors ministre des affaires étrangères de Louis XV, par quelques lignes d'un frontispice de toute beauté et d'une vignette.

Monseigneur, le désir de marquer mon zèle pour les jeunes militaires que le Roi fait élever dans ses ports, m'a fait rassembler dans cet ouvrage, les sujets que j'ai cru les plus propres à servir d'introduction dans l'étude de la marine, et à leur donner en même temps les idées de dessein qui conviennent à leur état ; ces leçons sont accompagnées de définitions relatives aux parties qu'elles renferment.

Je m'estimerai heureux, Monseigneur, si mon travail peut concourir au bien du service, et à me faire mériter l'honneur de votre protection. Je suis avec un très profond respect, Monseigneur.

Votre très humble et très obéissant serviteur. Ozanne.

(contenu, vignette, *Marine militaire*, Ozanne).

Le livre compte quarante planches remarquablement dessinées et comportant des notes manuscrites explicatives à destination des jeunes marins, mais *pouvant convenir à tout le monde*. Nous soulignons cette transmission de connaissances et de savoirs techniques par le graphisme, un graphisme réalisé par un artiste, peintre de la marine. Dans un même ordre d'idée, Pierre Ozanne suit en quelque sorte un chemin inverse à celui de son frère aîné, il passe de son statut d'ingénieur-constructeur à celui de professeur de dessin. Cette observation nous renvoie à nouveau à cette interrogation: quelle frontière entre le dessin artistique et le dessin technique?

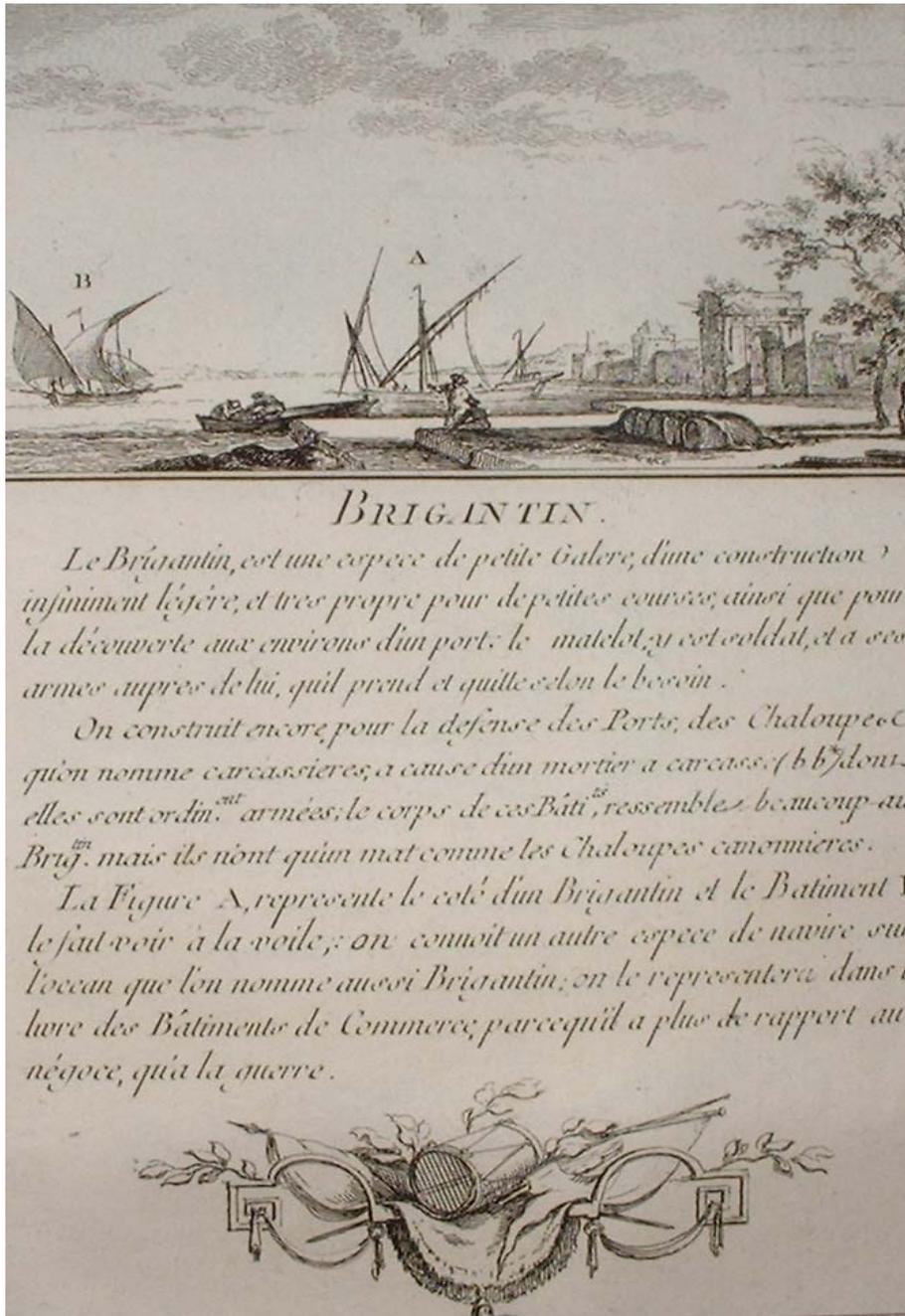


Illustration 7.26, Pl 18, brigantin, Ozanne, 18 x 10,5 cm.

L'œuvre de Nicolas-Marie Ozanne est remarquable de finesse et de précision. Il réalise les dessins de l'ensemble des ports français en retenant pour tous la même échelle. Ses aptitudes à la cartographie sont toujours, et en tout lieu, soulignées. La famille Ozanne s'organise, d'une certaine manière, en clan sur la place de Brest: ainsi les planches dessinées par Nicolas-Marie sont gravées avec l'aide de Pierre, de la sœur cadette Marie-Jeanne et de Yves-Marie Le Gouaz, graveur, libraire et mari de Marie-Jeanne.

Son frère Pierre, ingénieur-constructeur, s'adonne à la gravure et surtout au dessin en suivant les conseils de son frère aîné. Pierre Ozanne

exercera les fonctions de professeur à l'école royale de marine du Havre.

L'arsenal de la marine à Brest accueille en 1755 un *aspirant-élève* constructeur, en la personne de Jacques-Noël Sané ¹⁵³. Il est élève en titre en 1758 et au printemps de l'année 1765, il rejoint l'École des ingénieurs-constructeurs à Paris. Le 17 octobre 1766, il est affecté comme sous-ingénieur à Brest, sous les ordres de Joseph Ollivier, ingénieur en chef chargé des constructions navales et de Antoine Choquet du Lindu, architecte responsable des bâtiments civils de l'arsenal de Brest. Il exercera les fonctions d'ingénieur en chef en 1792 puis celles d'inspecteur général du génie maritime en 1800. Un parcours de formation associé à des prédispositions naturelles, fait de Sané un ingénieur qui se distinguera tout au long de sa carrière, par des aptitudes exceptionnelles en matière de conception de vaisseaux. Ses compétences pour *dresser les plans* de vaisseaux en vue de leur construction sont reconnues et fortement appréciées. Il sera d'ailleurs chargé d'exécuter des *plans-type* pour chaque vaisseau appelé à composer la marine française. La formation théorique reçue et l'expérience constamment entretenue sur le chantier font de l'œuvre de Sané, une référence. Il sera surnommé le *Vauban de la marine*. Son parcours professionnel exceptionnel est aussi le fruit d'une formation à l'usage des outils graphiques pour transcrire, par le dessin, ses idées en matière de construction des vaisseaux.

¹⁵³ Sané, Jacques Noël, baron, ingénieur-constructeur, brestois, 1740-1831, sources bibliographiques: Henwood Philippe, service historique de la marine et bibliographie bretonne de Le Vot.

7.6: Des institutions de formations orientées en direction des arts mécaniques.

Les formations se sont progressivement mises en place dans les domaines de l'architecture civile et de l'architecture navale. Les différents niveaux de qualification professionnelle seront concernés. Le développement du machinisme, observé à la fin du 18^{ème} siècle et au début du 19^{ème}, impliquera que l'extension du réseau des formations scientifiques et techniques s'élargisse, et ceci dans de nombreux secteurs de l'activité industrielle.

7.6.1: Les écoles des arts et métiers:

Un prospectus ¹⁵⁴ imprimé à l'imprimerie royale à Paris en 1827 vient confirmer l'existence des *Ecoles d'arts et métiers* établies à Châlon-sur-Marne et à Angers. La première école créée dans le but de former de bons ouvriers, le fût à Compiègne en 1803. Son transfert à Châlon-sur-Marne date de 1806. Afin d'accueillir les élèves issus de l'ouest de la France, une autre école est créée à Beaupréau dans le Maine-et-Loire en 1811. Elle sera déplacée à Angers en 1815. Plus tard, en 1843, une troisième école s'implantera à Aix-en-Provence. L'âge requis passera de treize à quinze ans et la formation d'ouvriers éclairés dure trois ans, il n'est pas alors question de formation de techniciens ou d'ingénieurs. L'instruction est à la fois théorique et pratique et un examen d'entrée permet d'apprécier si les candidats *possèdent la lecture, l'écriture, et les quatre règles de l'arithmétique, en opérant seulement sur des nombres entiers*. Nous présentons, ci-dessous, un extrait du règlement contenu dans ce prospectus datant de 1827:

Les études théoriques comprennent l'arithmétique, les éléments de géométrie et de trigonométrie, et la géométrie descriptive, avec leur application aux tracés des charpentes, aux engrenages; la mécanique industrielle, les notions principales des sciences physico-chimiques appliquées aux travaux de l'industrie, et l'exposition des recherches sur la force et la résistance des différents matériaux de construction.

Des ateliers où l'on travaille le bois et les métaux servent à l'instruction pratique: ils sont réservés aux arts et métiers de charron, charpentier et menuisier, forgeron, limeur et ajusteur, tourneur en bois, tourneur en métaux, monteur de machines, mouleur, fondeur de fer au creuset, fondeur de cuivre au creuset.

Avec les travaux manuels concourent l'étude du dessin des machines et des ornements d'architecture, et celle du lavis.

S'agissant de l'enseignement du dessin, il nous a semblé pertinent de rencontrer M. César-Nicolas-Louis Leblanc, professeur de dessin intervenant au Conservatoire royal des arts et métiers et à l'école centrale des arts et manufactures. Nous avons déjà fait part des travaux

¹⁵⁴ Prospectus des écoles royales d'arts et métiers, janvier 1827, Paris, imprimerie royale. Archives départementales d'Ille et Vilaine, cote: 9M35.

graphiques accomplis par ce dessinateur auprès de Christian, directeur du conservatoire. Afin d'avoir une idée du contenu de l'enseignement de la construction mécanique, au début du 19^{ème} siècle, au conservatoire royal des arts et métiers, il nous a semblé intéressant d'ouvrir le livre dessin conçu par C.N.L Leblanc et édité en 1830 à Paris: *Choix de modèles appliqués à l'enseignement du dessin des machines*¹⁵⁵. L'ouvrage, composition de textes descriptif de machines, est accompagné d'un recueil de planches. Nous analyserons quelques unes d'entre elles.

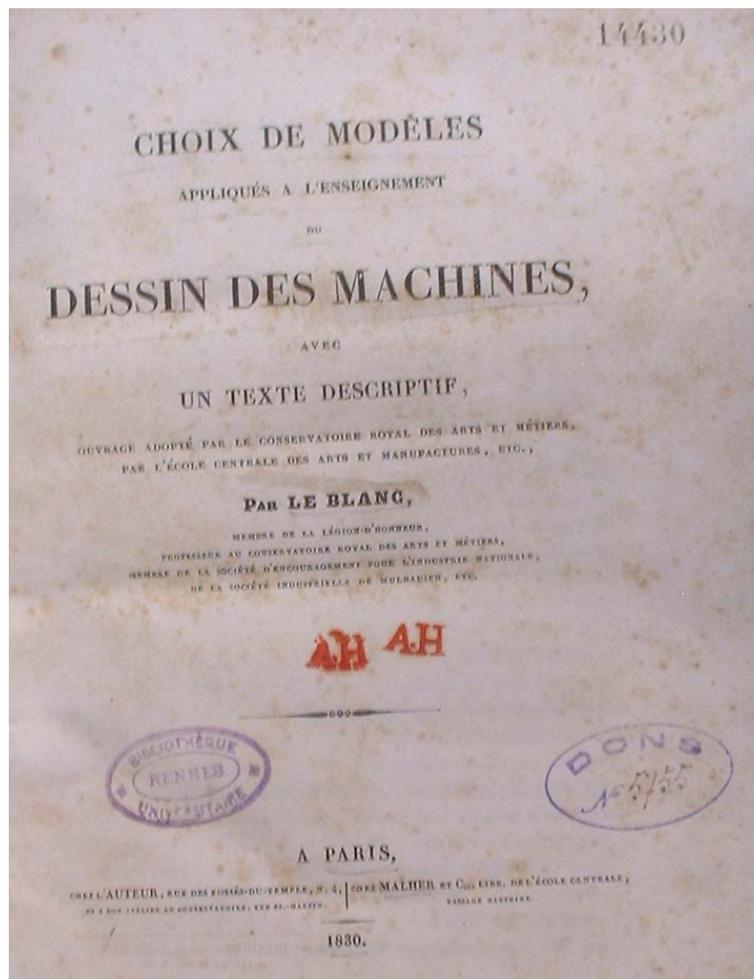


Illustration 7.27. Leblanc.

Leblanc opte pour un enseignement allant d'une maîtrise de connaissances élémentaires vers la réalisation de dessins de machines élaborées et complètes. Les premières planches concernent les bases de

¹⁵⁵ Leblanc, César-Nicolas-Louis, professeur de dessin au conservatoire des arts et métiers, *Choix de modèles appliqués à l'enseignement du dessin des machines*, 1830, Malmer Paris, bibliothèque universitaire de Rennes 1, cote:14430.

la construction géométrique et du dessin de pièces mécaniques élémentaires entrant dans la chaîne cinématique d'une machine. Leblanc propose une série de problèmes de représentation en projections orthogonales de solides géométriques usuels; le dessin en perspective n'étant pas retenu. Les intersections de ces solides sont traitées selon la méthode dite *méthode des surfaces auxiliaires*, surfaces planes ou sphériques. Il en vient aux organes de machines traités isolément ou inclus dans les sous-ensembles qu'ils composent. Les dernières planches traduisent le résultat de *levés* de machines, levés effectués au sein même des ateliers.

On désirait qu'un tel ouvrage fût exécuté sur une échelle assez grande pour que les planches puissent servir de modèles à l'enseignement du dessin. On désirait enfin que ce même ouvrage donnât aux élèves les notions exactes sur la construction des principales parties qu'on peut appeler des organes de machines. C'est dans l'esprit de remplir une lacune préjudiciable aux progrès de *l'industrie française* que j'ai entrepris le travail dont *je lui fait hommage*.

(*Extrait, page 1, dessin des machines, Leblanc*).

Leblanc considère que son atlas de planches renferme les principaux *modèles* de dessins à retenir dans le cadre de la formation des élèves. Les exemples de représentation constituent autant d'exercices qui, analysés et reproduits, conduiront à une appropriation des règles du dessin et des principes essentiels de mécanique liés au choix des matériaux, à la forme des pièces et à leur insertion dans un ensemble mécanique complexe constitué de nombreux sous-ensembles.

Il cerne une phase terminale de la formation qui doit rendre l'élève capable d'imaginer, de concevoir de nouvelles machines et de les présenter, définies, par des dessins.

Le but est d'offrir aux personnes qui se livrent à ce genre d'étude des moyens sûrs et prompts, non seulement de dessiner avec une entière correction, d'après des machines déjà exécutées, mais aussi de tracer à l'avance des épures pour la construction de toutes sortes de combinaisons ou d'appareils qui ne seraient encore qu'en projet.

(*Extrait, page 2, dessin des machines, Leblanc*).

Leblanc dit avoir particulièrement traité de manière la plus complète possible le volet des transmissions par engrenages droits ou coniques car *ils forment une partie essentielle de la mécanique*. Les dessins proposés par Leblanc sont superposables à ceux que nous réalisons aujourd'hui. A l'exception de la définition du *module* de denture, toutes les caractéristiques dimensionnelles figurent. Une vue partielle (fig 1) donne le profil de la denture et nous pouvons penser que les calculs d'engrenages ne font pas ici l'objet d'un développement.

Le *levé de machines* constitue un volet essentiel de la formation: être capable de dessiner une machine, un appareil ou un instrument quelconque *d'après son exécution*. Selon la méthode pédagogique préconisée par Leblanc, apprendre à *faire un levé* comporte trois temps: réaliser d'abord un croquis, *à la main et à vue*, de la machine, porter sur ce croquis les dimensions et enfin effectuer la *mise au net*. Le professeur Leblanc renforce sa procédure en s'appuyant sur un exemple, celui d'un treuil figurant à la planche N°39 de son recueil. Simple coïncidence, la même représentation, au détail près, figure dans l'ouvrage que Charles Boutereau fait éditer en 1842 (*illustration3.6*)?.

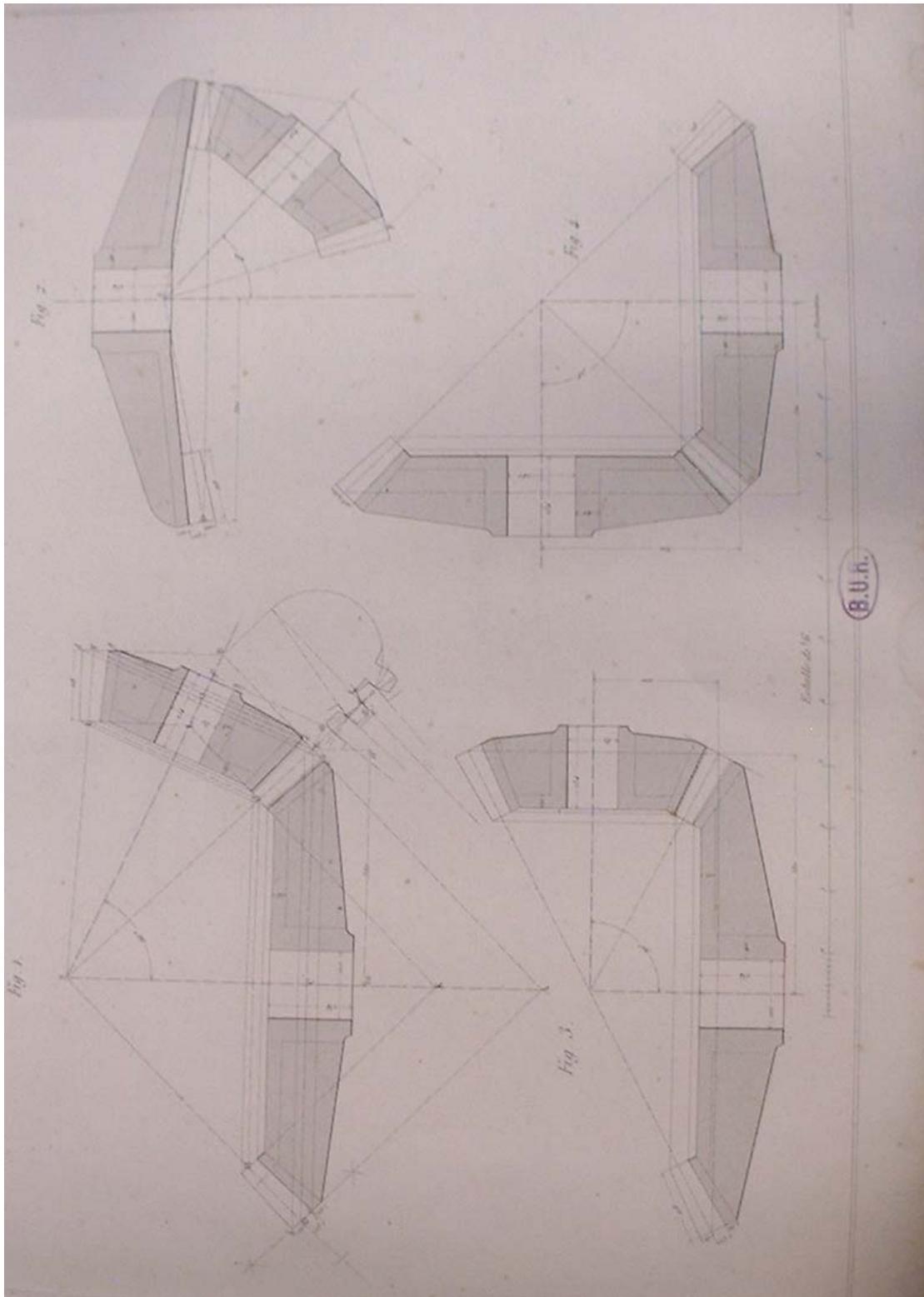


Illustration 7.28, engrenages coniques, Leblanc, 240 x 360 cm.

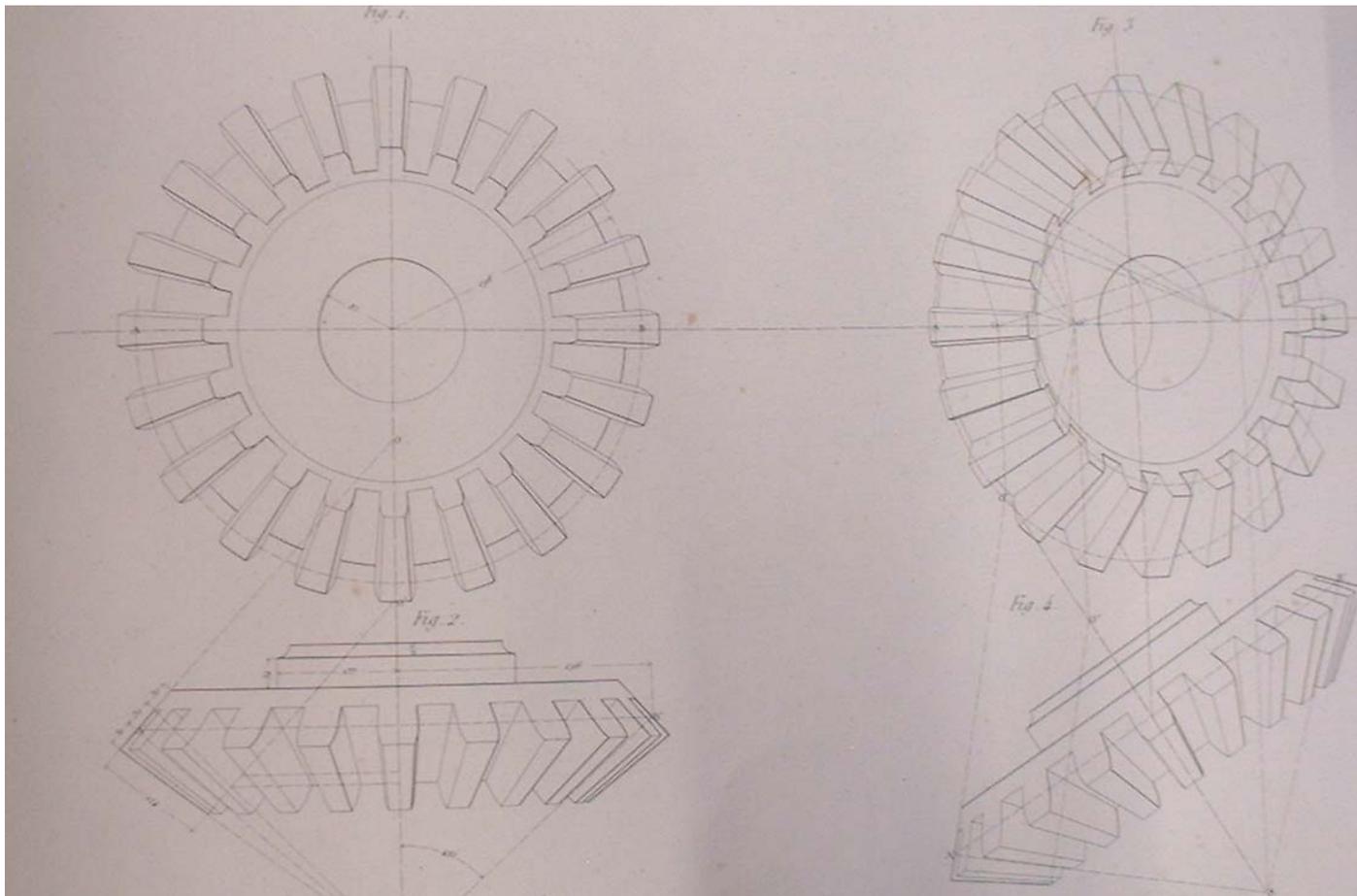


Illustration 7.29, engrenages coniques, Leblanc, 360 x 240 cm.

Le *levé de machines* sera mené avec profit si l'élève s'est approprié les parties constituantes d'une machine *quelque compliquée qu'elle soit*. Les machines sont conçues selon l'association d'éléments communs dont la fonction et la représentation graphique doivent être connues et maîtrisées: paliers, arbres, bielles, manivelles, pignons et roues dentées, poulies, clapets, vannes...enfin, *toutes ces parties d'un ensemble, disposées de manière à concourir au but général et à se prêter un mutuel appui* comme le souligne Leblanc. La composition d'une machine est le fruit de combinaisons d'éléments prenant appui sur des connaissances théoriques, sur des observations, sur l'expérience et sur une *pratique régulière du trait*, ce trait qui sous-tend un ensemble de connaissances et qui n'est mené à bien que si ces dernières sont maîtrisées.

Au nombre de ces savoirs figure incontestablement la mécanique comme le soulignent les propos tenus par M. Taffé dans l'avertissement du *Cours de mécanique*¹⁵⁶ qu'il fait éditer en 1843, à l'intention des élèves de l'école royale des arts et métiers de Châlon sur Marne.

¹⁵⁶ Taffé, Officier d'artillerie, chef de travaux, *Cours de mécanique professé à l'école royale des arts et métiers de Châlon sur Marne*, 1843 2^{ème} édition, Barbat Châlon sur Marne, Bibliothèque universitaire de Rennes 1, cote: 371.

Ancien officier d'artillerie, Taffe exerça les fonctions de chef de travaux dans cette école. Il perçoit dans le dessin linéaire une occasion de fédérer les enseignements scientifiques et insiste sur le fait qu'il ne suffit pas, pour dessiner une machine, d'avoir le trait assuré, il est indispensable de le justifier par des connaissances scientifiques étendues.

Non seulement ils doivent savoir apprécier les nombreux matériaux et tracer les projets, mais il faut qu'ils déterminent les dimensions d'après l'effet à produire, apprécier les résistances nuisibles, les éviter ou les réduire...C'est toute la mécanique qu'il leur faut, c'est la physique, c'est une partie de la chimie. Les cours de mécanique se multiplient et nos élèves qui doivent projeter des applications utiles, ne peuvent ignorer les principes de cette science.

(*Extraits, avertissement, cours de mécanique, Taffe*).

Ces termes sont, en quelque sorte, une reprise de ceux déjà retenus par le baron Charles Dupin lorsqu'il rédige son *cours normal* de géométrie et de mécanique accessible en 1825 et tout particulièrement destiné aux élèves du conservatoire des arts et métiers, école dont la mission est rappelée dans l'avertissement du cours manuscrit diffusé par Taffe.

Les écoles royales des arts et métiers étant destinées à produire des ouvriers et des contre-maîtres éclairés, des chefs d'ateliers habiles qui puissent se diriger dans les constructions diverses que l'industrie demande, doivent offrir une instruction assez étendue en mécanique; construire, améliorer et poser des machines à vapeur et autres, construire des horloges, des ponts suspendus, des roue hydrauliques, chauffer les salles d'ateliers, fabriquer des cloches devant produire un son donné. Si nous voulons des progrès, il faut éclairer le plus que l'on peut celui qui met la main à l'œuvre .

(*Extrait, avertissement, cours de mécanique, Taffe*).

Au discours de mécanique théorique est généralement associé un exemple de réalisation effective choisit par Taffe parmi les nombreuses réalisations que comptent les arts mécaniques. Ainsi son ouvrage comporte de nombreux dessins d'ensembles mécaniques complexes relatifs aux systèmes de transmission de l'énergie. Parmi ces dessins, nous retenons celui qui concerne une machine à vapeur (*illustration 7.30*). La seule vue en coupe longitudinale proposée permet de situer les sous-ensembles qui la composent, et donne une première idée du principe de fonctionnement, principe étayé d'ailleurs par une note d'accompagnement. Une définition plus fine de ce système technique industriel serait obtenue par d'autres projections orthogonales et par la représentation de sous-ensembles isolés, voire par le dessin de définition de certains éléments. Les dessins de machines de même espèce proposés par Leblanc donnent plus d'informations car réalisés selon une plus grande échelle sur format aux dimensions proches du format A0 (*illustrations 7.31 et 7.32*).

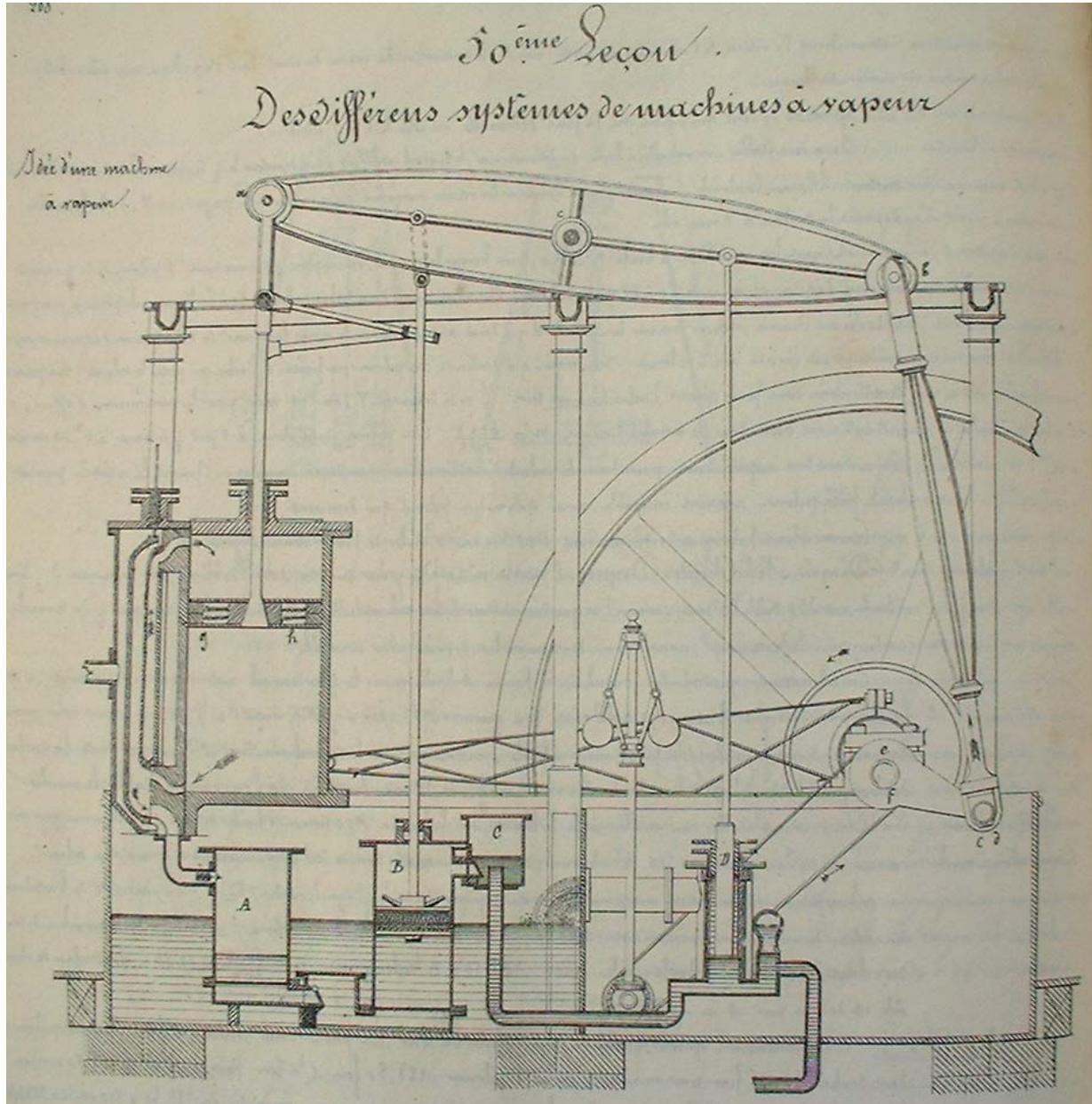


Illustration 7. 30, machine à vapeur, Taffe.

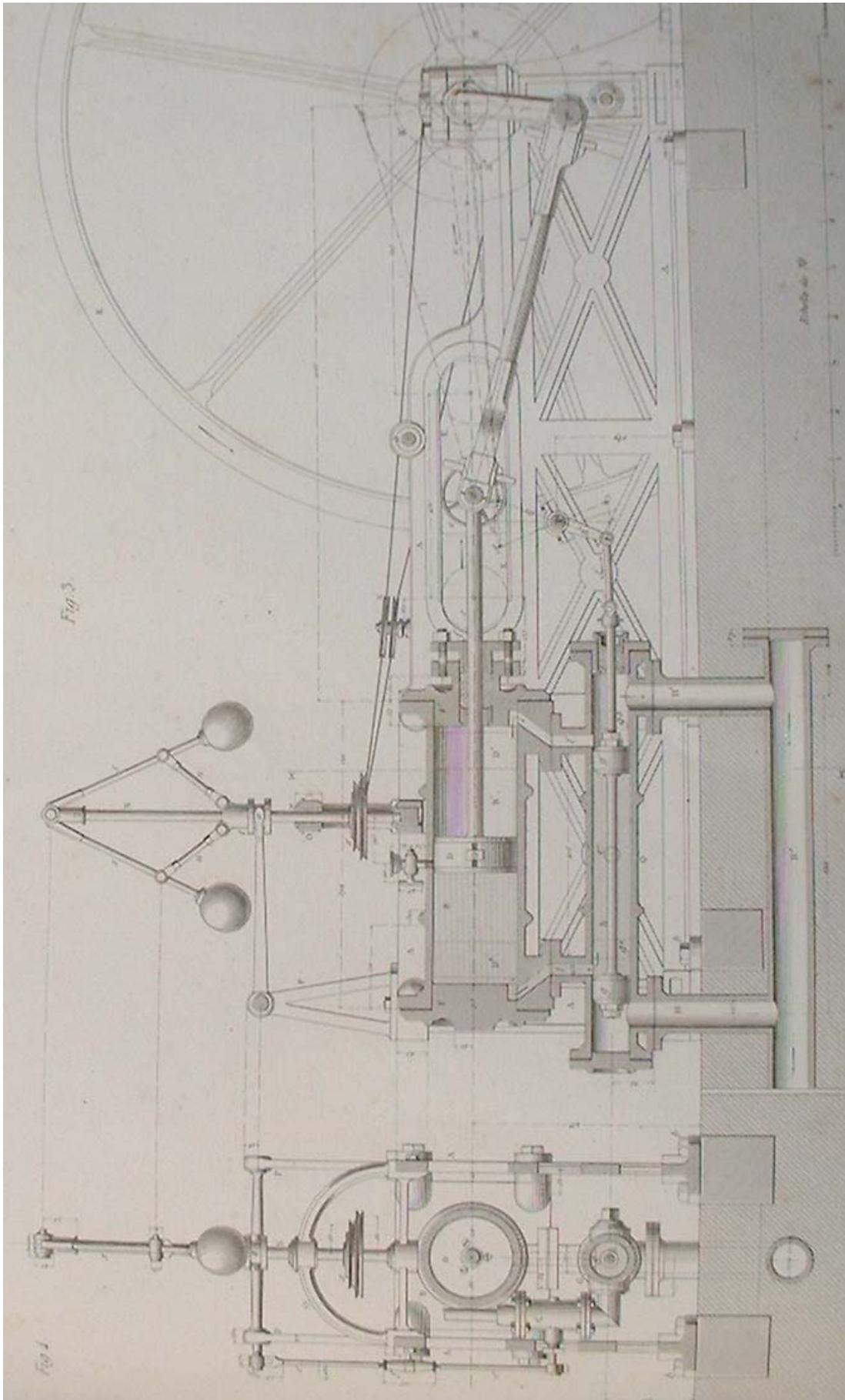


Illustration 7.31, machine à vapeur, Leblanc, 360 x 240 cm.

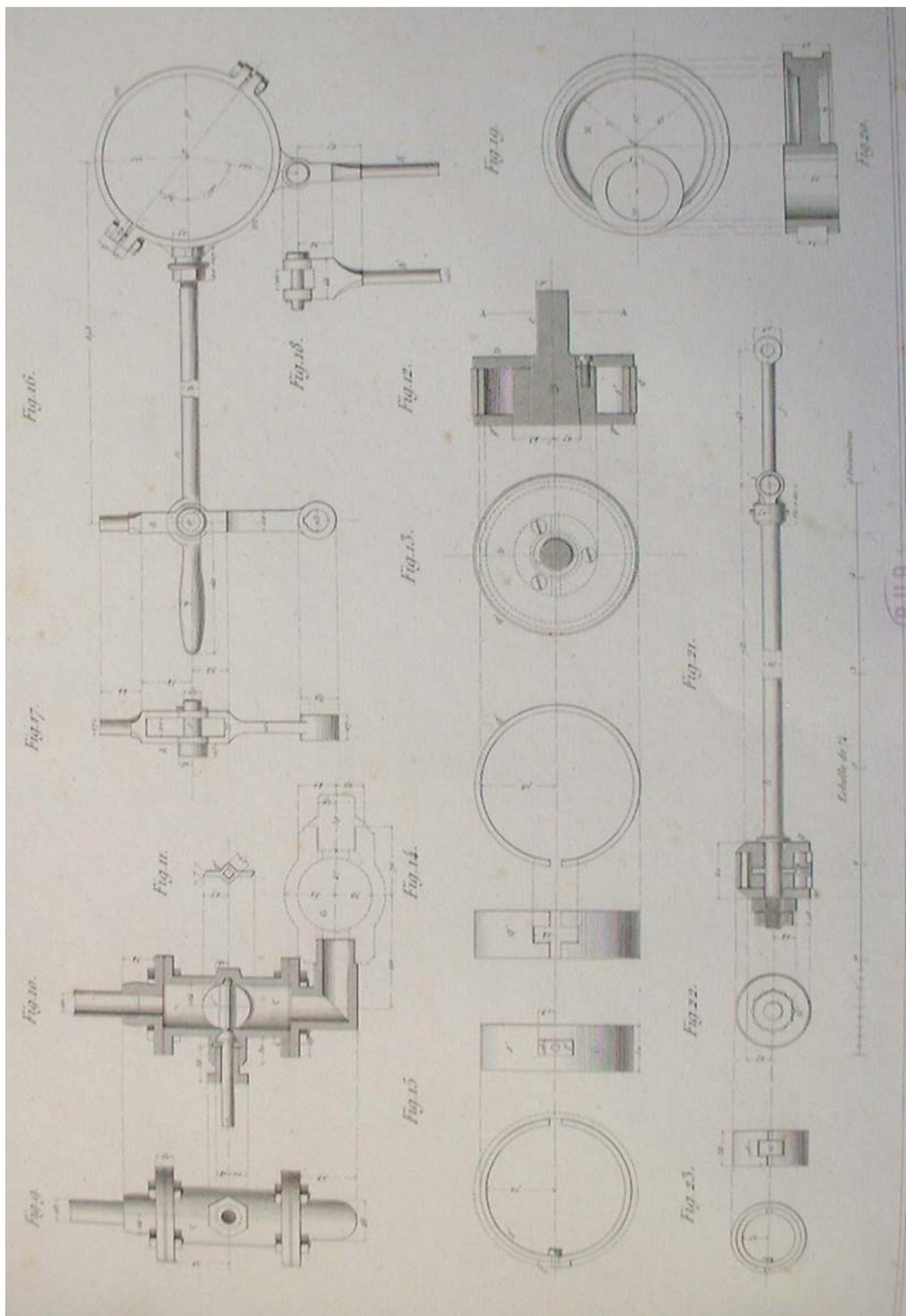


Illustration 7.32, machine à vapeur, Leblanc, 360 x 240 cm.

7.6.2: *L'école centrale des arts et manufactures:*

Une formation d'ingénieurs civils, de directeurs d'usines et de chefs de manufactures, voit le jour en 1829, avec l'ouverture de l'*Ecole centrale des arts et manufactures* de Paris. Le ministre de l'instruction publique, de Vatisménil, initiateur de ce projet de formation, souhaite rattraper le retard que la France a accumulé par rapport aux anglais.

La supériorité de l'industrie, en Angleterre, tient principalement à l'existence dans ce pays d'un grand nombre d'ingénieurs civils. Ces ingénieurs, sans aucune dépendance du gouvernement, et spécialement adonnés à une ou plusieurs branches de l'industrie, sont, par rapport à chacune d'elles, ce qu'en France les architectes sont pour les constructions ; ils donnent des conseils et dirigent l'exécution de leurs plans.

(*Extrait, chapitre1, considérations générales sur le but de l'école, prospectus d'information de 1829*).

Les jeunes gens issus du collège trouvent bien des écoles spéciales pour recevoir une formation en droit, médecine, génie civil, militaire et maritime, beaux arts, mais peu d'établissements d'enseignement industriel existent en France, exception faite: le conservatoire des arts et métiers et les écoles d'ouvriers établies à la demande de Charles Dupin, professeur au conservatoire royal des arts et métiers, membre de l'académie des sciences et officier supérieur au corps du génie maritime.

Le *Prospectus*¹⁵⁷ édité et distribué à Paris par le *Bureau des annales de l'industrie*, et par plusieurs libraires, précise l'organisation de l'école, une organisation sur le modèle de l'ancienne *Ecole polytechnique*, mais en écartant *les théories mathématiques trop élevées, rarement utiles aux applications industrielles, le simple énoncé des résultats obtenus par une analyse transcendante peut suffire*. Un temps significatif est retenu pour les *travaux graphiques*, les expériences et manipulations et les diverses applications des sciences aux arts industriels. Il est question d'attiser la curiosité et de développer chez les élèves-ingénieurs, des aptitudes à l'invention de machines et de systèmes techniques innovants. Cette formation construite sur les principes d'une *pédagogie du projet technique* se veut pluri-technologique et ne retient pas un découpage disciplinaire stricte des enseignements. Nous trouvons bien ici les fondements d'un enseignement technologique novateur. Les séjours dans les *fabriques*, pour les élèves, mais également pour les professeurs sont mentionnés comme étant obligatoires. A l'issue de leurs deux années de formation et selon la carrière à laquelle ils se destinent, certains élèves peuvent compléter leur formation théorique ou bénéficier d'une spécialisation. Il leur est possible d'acquérir tout

¹⁵⁷Prospectus, Ecole centrale des arts et manufactures, 1829, Paris, Béchét, Malheret Mesnier libraires. Bibliothèque municipale de Rennes, cote: 54913.

l'enseignement théorique de l'école polytechnique. Le contrôle continu des connaissances acquises dans les différentes disciplines est instauré.

Ces jeunes gens doivent avoir au moins quinze ans le jour de leur entrée à l'école, mais cette clause n'est pas restrictive et des élèves plus âgés peuvent y être admis.

L'emploi du temps (*illustration 7.33*) des élèves de première et de seconde année leur laisse peu de loisirs et comporte un enseignement quasi-quotidien de *dessin*. L'année suivante la durée des études passera de deux à trois années mais le quotidien des élèves demeure aussi chargé (quarante cinq heures par semaine). Quatre enseignements sont à associer à celui du dessin, à savoir: les manipulations, la géométrie descriptive, la mécanique appliquée et la construction. Le dessin constitue un enseignement de synthèse de ces différentes disciplines.

EMPLOI du temps des Élèves pendant la première année d'études

Jours.	De 8 heures à 8 heures 1/2.	De 8 heures 1/2 à 10 heures 1/2.	De 10 h. 1/2 à 11 heures 1/2.	De 11 heures 1/2 à 3 heures.	De 3 heures à 4 heures 1/2.
Lundi.	Appel et travail libre.	Leçon de chimie.	Déjeuner.	Manipulation.	
Mardi.	<i>Id.</i>	Leçon de géométrie descriptive.	<i>Id.</i>	Dessin.	Leçon de physique.
Mercredi.	<i>Id.</i>	Leçon de chimie.	<i>Id.</i>	Dessin.	Leçon de géométrie descriptive.
Jedi.	<i>Id.</i>	Leçon de mécanique.	<i>Id.</i>	Dessin.	
Vendredi.	<i>Id.</i>	Leçon de mécanique.	<i>Id.</i>	Dessin.	Leçon de géométrie descriptive.
Samedi.	<i>Id.</i>	Leçon de géométrie descriptive.	<i>Id.</i>	Dessin.	Leçon de physique.

Illustration 7.33, extrait du prospectus de 1829.

Le *prospectus* fournit le contenu des différents enseignements. Nous rapportons ce qui y est dit à propos des *travaux graphiques*:

Les travaux graphiques se composent d'épures à la règle, au compas et à l'échelle, et de croquis tracés à main levée et cotés, relatifs à tous les cours. Tous les élèves sont assujettis à exécuter la totalité des dessins.

Les travaux graphiques de chaque cours sont journellement vérifiés par les professeurs ou les répétiteurs. Une importance extrême est attachée à ces travaux, qui sont destinés à reproduire d'une manière sensible les résultats positifs de tous les cours. Aussi les élèves pourrons-ils séjourner à l'école qu'autant qu'ils rempliront sur ce point toutes les obligations qui leur sont imposées.

M. Leblanc, professeur au Conservatoire royal des arts et métiers, exercera les élèves de la seconde année, pendant les trois premiers mois, à dessiner à main levée divers objets avec netteté et précision. Il surveillera ensuite tous leurs travaux graphiques.

(*Extrait, chapitre 3, enseignement, Prospectus*).

L'école centrale, établie rue de Thorigny, hôtel Juigné, est placée sous la surveillance d'un *Conseil de perfectionnement* qui compte dans ses rangs, entre autres savants, Chaptal, Arago, Casimir Périer, Poisson.

EMPLOI du temps des Éléves pendant la deuxième année d'études.

Jours.	De 8 heures à 8 heures 1/2.	De 8 heures 1/2 à 10 heures 1/2.	De 10 h. 1/2 à 11 heures 1/2.	De 11 heures 1/2 à 3 heures	De 3 heures à 4 heures 1/2.
Lundi.	Appel et travail libre.	Leçon de physique.	Déjeuner.	Dessin.	Leçon de constructions industrielles.
Mardi.	<i>Id.</i>	Leçon de machines.	<i>Id.</i>	Dessin.	Leçon d'économie industrielle.
Mercredi.	<i>Id.</i>	Leçon de machines.	<i>Id.</i>	Dessin.	Leçon d'exploitation des mines.
Jeudi.	<i>Id.</i>	Leçon d'arts chimiques.	<i>Id.</i>	Manipulation.	
Vendredi.	<i>Id.</i>	Leçon de physique.	<i>Id.</i>	Dessin.	Leçon d'histoire naturelle industrielle.
Samedi.	<i>Id.</i>	Leçon d'arts chimiques.	<i>Id.</i>	Manipulation.	

Illustration 7.34, extrait du prospectus de 1829.

Nous nous sommes intéressé à l'*Album du cours de construction de machines*¹⁵⁸ que Callon fait éditer en 1882 et à destination des élèves de l'école centrale d'arts et manufactures. Il est constitué de plans d'ensemble de machines mises en œuvre dans différents secteurs d'activités industrielles: l'agroalimentaire, le génie hydraulique,

¹⁵⁸ Callon, Charles, *Album du cours de construction de machines, professé à l'école centrale des arts et manufactures*, seconde édition, Gauthier-Villars Paris, Bibliothèque universitaire de Rennes 1, cote: 13293.

l'industrie textile et les fabrications mécaniques. Parmi les nombreuses planches de ce recueil, notre attention a été tout particulièrement retenue par les plans d'une *machine à colonne d'eau du Huelgoat, établie par Juncker*. Ces documents graphiques définissent une station de pompage installée dans la mine de plomb argentifère de Poullaouen, près de Huelgoat au centre du Finistère. Dès les premières pages de cette contribution, nous faisons déjà référence au mémoire rédigé par l'ingénieur des mines Chrétien Auguste Juncker (1791-1865), *Mémoire sur les machines à colonne d'eau de la mine de Huelgoat*¹⁵⁹ et édité en 1835. Issu de l'école polytechnique en 1811, Juncker poursuit sa formation d'ingénieur en entrant à l'école des mines. A sa sortie de l'école des mines, il occupe le poste de sous-directeur, puis celui de directeur des mines de Poullaouen-Huelgoat, fonction qu'il exercera sur ce site industriel pendant vingt-cinq années. Cette exploitation de plomb argentifère est alors la plus importante du territoire français. La difficulté majeure rencontrée sur ce site était liée à une très grande affluence des eaux, ce qui compliquait, bien entendu, l'extraction du minerai. De plus les installations de pompage étaient jugées rudimentaires et leur rendement estimé au environ de 20%. Juncker, qui pouvait disposer d'une énergie hydraulique suffisante, orienta ses réflexions vers des machines à colonne d'eau à simple effet. Il se rendit à Salzbourg, en Autriche, afin d'observer deux machines à colonne d'eau installées dans une mine d'extraction de sel à l'état liquide. Il prit la décision de retenir ce type de machine pour assécher les mines bretonnes et en dressa les plans. Deux machines, d'une puissance double de celles mises en œuvre en Bavière, furent construites et installées en Bretagne. Les dimensions des pistons donnent une idée de l'imposante installation: un mètre de diamètre pour une course de deux mètres trente.

Cette réalisation en sol breton fût présentée à l'académie des sciences et les commissaires Navier et Poncelet qui étaient chargés d'émettre leur point de vue, dictaient au rapporteur Arago tout le bien qu'ils pensaient de cette nouvelle installation, tout en regrettant qu'un tel joyau industriel fonctionne sur des terres si éloignées...de la capitale!

La machine d'Huelgoat a réalisé toutes les prévisions de la science. Depuis trois années et demie, elle fonctionne nuit et jour, à l'entière satisfaction des propriétaires. La régularité, la douceur, le moelleux de ses mouvements, l'absence complète de bruit, ont été un juste sujet d'admiration pour les ingénieurs de différents pays qui l'ont examinée. Il est vraiment regrettable qu'une telle machine si belle, si puissante, si habilement exécutée, et qui fait tant d'honneur à notre industrie, soit reléguée à l'une des extrémités de la France, dans un canton si peu visité.
(*Extrait, tome 8, annales des mines*).

¹⁵⁹ Juncker, ingénieur des mines, *Mémoire sur les machines à colonne d'eau de la mine de Huelgoat*, Bibliothèque municipale de Rennes, cote: 48349.

Les dessins réalisés par Juncker, à partir des pompes installées en Autriche et avec les dispositifs de régulation imaginés par cet ingénieur, sont directement exploités par le constructeur, un certain Wilson de Charenton. La haute compétence acquise par Juncker est reconnue.

L'ouvrage que nous venons de rendre compte à l'académie est accompagné de planches magnifiques à grand point, où les ingénieurs trouveront tout ce qu'il importe de savoir sur la forme et l'ajustement des diverses parties de la machine de Huelgoat. Nous devons ajouter qu'il est rédigé avec méthode, avec clarté, avec précision et ce qui ne gâte rien, avec une rare élégance...

Puis, quelques lignes plus loin, comme pour atténuer la portée de certains propos tenus dans le rapport de l'académie:

Après l'avoir lu, chacun pourra, par un nouveau nom propre, détromper ceux qui, bien à tort, se persuadent qu'aujourd'hui Paris absorbe tous les hommes d'élite....Le travail de l'ingénieur de Huelgoat prouvera combien les connaissances théoriques puisées dans nos écoles, éclairent utilement le praticien, combien de tâtonnements, mécomptes, de dispendieuses bévues elles lui épargnent.

L'œuvre de Juncker est exemplaire, à un point tel qu'elle figurera, sous forme de planches dans atlas qui servira de support au cours de construction dispensé à l'école centrale des arts et manufactures. Cet atlas, qui comporte un nombre impressionnant de dessins d'ensembles de machines relatives à des secteurs d'activités industrielles les plus divers, renferme des dessins de la pompe à colonne d'eau, dans la version améliorée par l'ingénieur Juncker.

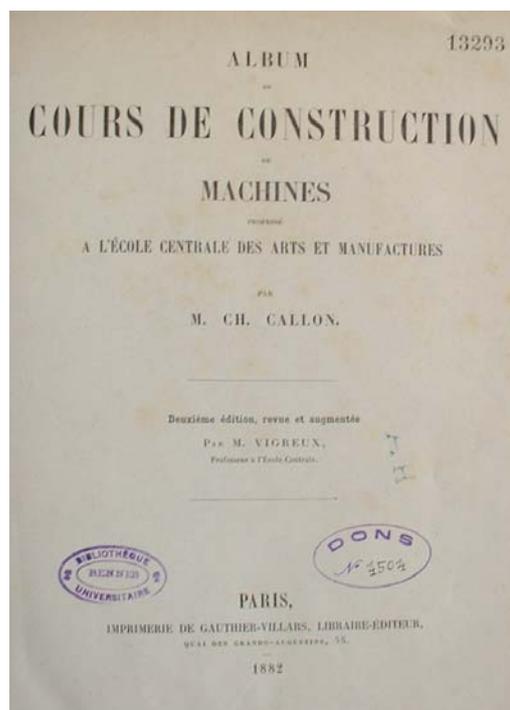


Illustration 7.35.

Soulignons que le cours de construction conçu par C. Callon est édité en 1882, dans une seconde version, soit près d'un demi siècle après que les pompes furent installées en Bretagne. Il est cependant remarquable que ce type de mécanisme, mis en marche à Poullaouen-Huelgoat le 17 juillet 1825 constitue un objet de réflexions et d'études dans le cadre d'une formation d'ingénieur.

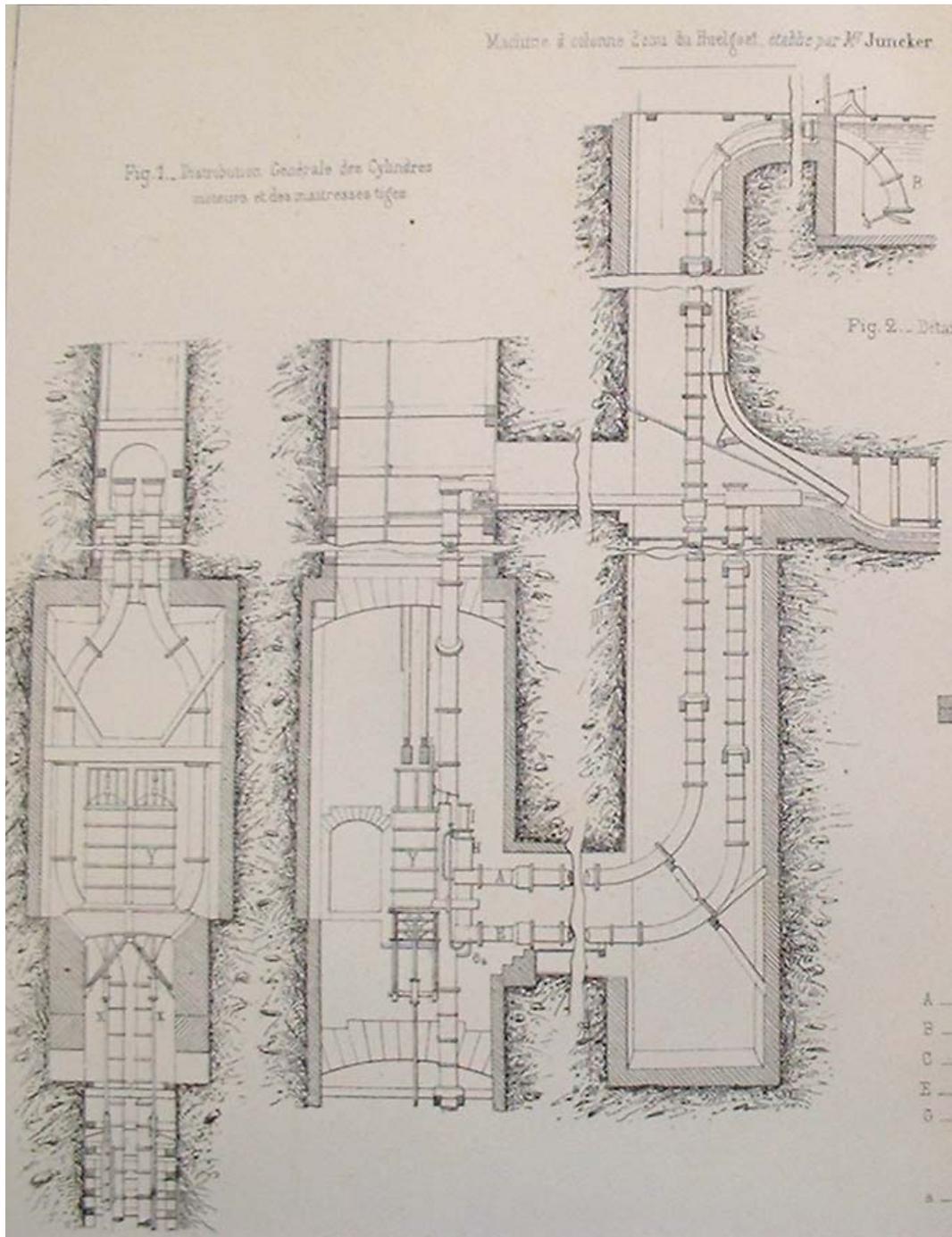


Illustration 7.36, pompe à colonne d'eau, mine de Huelgoat, Juncker, 297 x 240 cm.

Si les projections en notre possession ne fournissent pas tous les détails du système d'assèchement, nous pouvons cependant apprécier le degré

de complexité lié au contexte particulier de la concession: nécessité de prélever trois mètres cubes cinquante huit par minute de ces eaux de ruissellement situées à une profondeur de deux cent trente mètres.

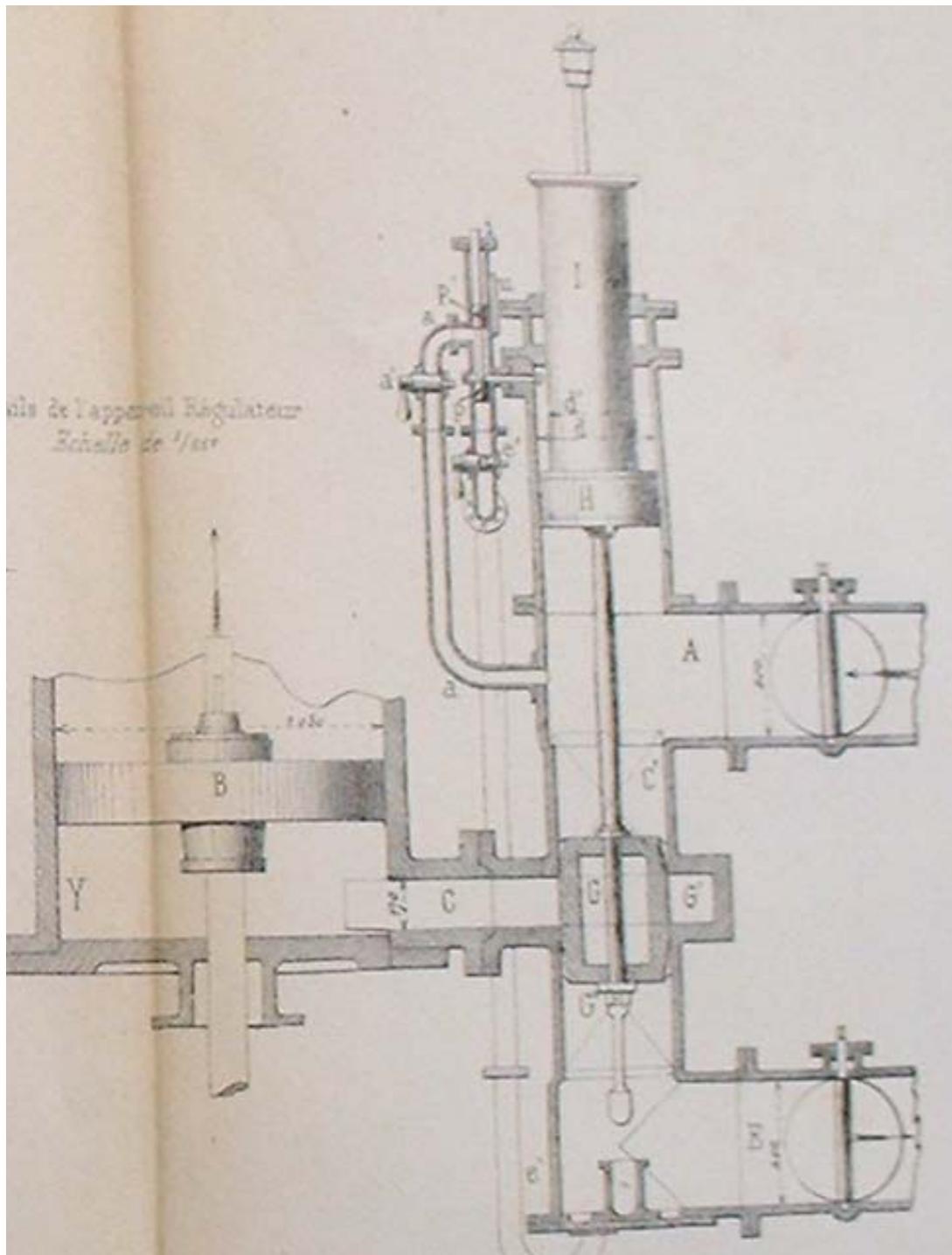


Illustration 7.37, régulateur, pompe à colonne d'eau, mine de Huelgoat, Juncker, 297 x240 cm

Ces dessins d'ensemble des pompes d'assèchement installées dans la mine de plomb argentifère de Huelgoat-Poullaouen par l'ingénieur Juncker se retrouvent dans le recueil conçu par le professeur Callon de l'Ecole centrale des arts et manufactures. Nous ferons observer que ce

cours de dessin linéaire est présenté sous l'intitulé, *cours de construction de machines*. Callon conçoit ses interventions à l'école centrale à partir de dessins de machines authentiques qu'il a répertoriées. Nous observons que vers le milieu du 19^{ème} siècle, les outils graphiques participent plus nettement à la construction de machines, depuis la conception jusqu'à la fabrication. Le dessin du semoir (*illustrations 7.38 et 7.39*), extrait de ce cours de construction, montre la précision attendue par le trait dans l'élaboration du contrat, ou encore du cahier des charges qui va lier le concepteur au fabricant

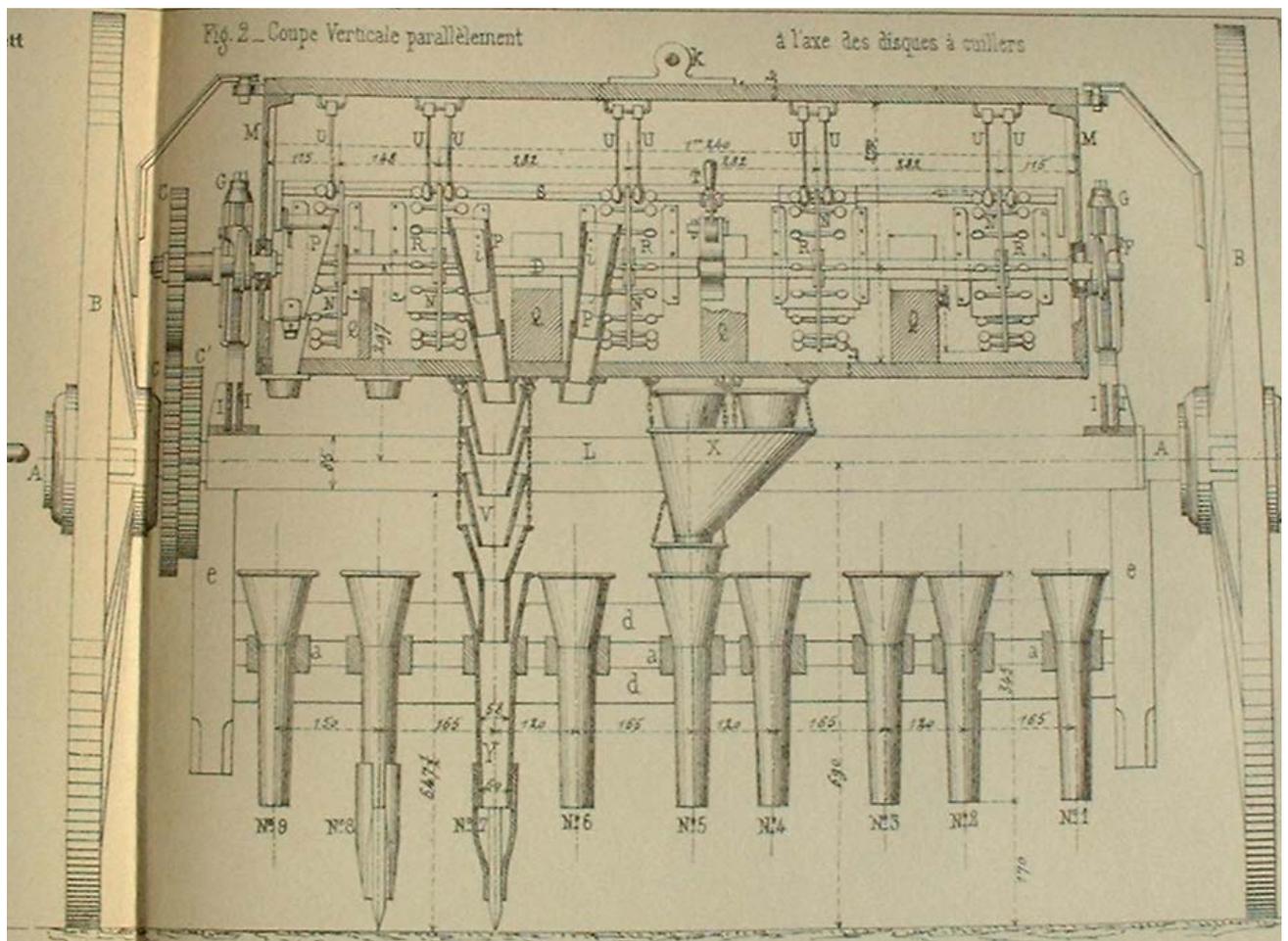


Illustration 7.38, semoir, Cours de construction, Callon, 297 x 240 cm.

Les deux vues du semoir sont à rapprocher. L'illustration 7.38 est une vue de face en coupe longitudinale par un plan vertical contenant l'axe des roues motrices, L'illustration 7.39 est une coupe par un plan perpendiculaire à ce même axe. Les deux vues sont exécutées en correspondance sur un même format. Les cotes, portées sur l'ensemble permettent d'effectuer les dessins de définition de tout élément constitutif de ce semoir mécanique. L'échelle notée 1/10 sur le

Ces dernières représentations graphiques annoncent une stabilisation des conventions, des codes et des règles du dessin technique. Pour notre période d'étude, nous n'avons pas trouvé d'ouvrages ou de références d'ouvrages à la normalisation relative au dessin. Il faudra attendre la parution de la loi du 24 mai 1941 sur la normalisation pour assister à la naissance de recueils documentaires composés d'extraits de *normes* portant sur les différentes facettes du dessin. Yves Deforges développe cette normalisation des conventions et la multiplication des standards dimensionnels au cours de l'un des chapitres de son ouvrage, *Le graphisme technique, son histoire et son enseignement*¹⁶⁰, paru en 1981.

¹⁶⁰ Deforges, Yves, *Le graphisme technique, son histoire et son enseignement*, 1981, Editions de Champ Vallon, 01420 Seyssel. Du même auteur, *Technologie et génétique de l'objet industriel*, 1985, Editions Maloine, Paris. *De l'éducation technologique à la culture technique*, 1993, Editions ESF, Paris.

Conclusion.

Par la présente étude, nous avons mieux pris conscience de la place occupée par les outils graphiques afin que s'établisse durablement une communication scientifique et technique entre les concepteurs et les constructeurs. L'ensemble des domaines de la production industrielle, progressivement établie pour répondre aux besoins de l'homme en société de plus en plus organisée, a mesuré le rôle joué par les outils graphiques, et tout particulièrement sur cette période située entre 1750 et 1850, nettement marquée par l'expansion du machinisme, et la volonté, non seulement de montrer, comme dans une encyclopédie, des machines, mais d'indiquer par le dessin, des fonctionnements de machines, des modes de construction, et des modes d'invention.

Du graphisme pour décrire, montrer et faire connaître au graphisme systématiquement retenu dans les processus de fabrication, nous avons pu cerner un certain nombre d'étapes au cours desquelles, savants et ingénieurs en particulier, par leurs recherches et leurs contributions, ont participé à l'instauration d'une codification de ce langage écrit. L'architecture civile, l'architecture militaire, et tout particulièrement l'architecture navale, se sont positionnées en pionnières pour faire évoluer les contenus et les formes d'un langage graphique structuré dont les arts mécaniques, autrement dit, les fabrications mécaniques, se sont largement inspirés.

Les arts mécaniques ont d'abord appliqué les règles de la perspective des artistes peintres et des architectes, avant d'avoir recours aux projections orthogonales, émanations de la géométrie descriptive dont les fondements sont développés dans un bon nombre de traités, dont ceux de Ozanam et de Monge, un siècle plus tard. Les représentations de machines en perspective retenues par Gallon répondent à cette demande de diffusion de savoirs qui se fait jour, provoquée ou suscitée par certains acteurs illustres de ces arts mécaniques. C'est sans doute ce passage du faire voir, à la nécessité de fabriquer plus et mieux, qui a conduit le concepteur à faire plus nettement usage de représentations composées d'un jeu de projections orthogonales, qui avaient fait leur preuve en architecture. Si l'architecture navale paraît à part dans ce processus, c'est qu'elle est la première à disposer d'un dessin qui permette le calcul, la projection orthogonale est une prévision des performances de la "machine-bateau".

Des représentations graphiques d'après nature aux dessins perspectifs

Pour une période pouvant s'étendre jusqu'au milieu du 18^{ème} siècle, nous n'avons pas réussi à établir une frontière entre le dessin artistique et le dessin linéaire du technicien. Nous avons régulièrement constaté

que la construction de l'image par l'artiste peintre prenait appui sur des procédures graphiques comportant bien des points communs avec le dessin de l'artisan ou du technicien. Ainsi, par exemple, la grue de levage à cage d'écureuil du port de Brest représentée par l'artiste peintre Louis-Nicolas Van Blarenberghe se superposerait à celle dessinée par le contre-maître Bellec. Nous avons découvert combien, chez Vincent de Monpetit, les aptitudes artistiques étaient mêlées à des aptitudes techniques, potentialités qui le conduisaient à exceller tant dans la réalisation de portraits que dans la réalisation d'ouvrages d'art.

Des outils graphiques mis en œuvre pour fixer les idées.

Nous empruntons volontiers à Giuseppe-Antonio Borgnis cet extrait de propos qu'il tient au sujet de l'invention de systèmes automatisés: *un dessin pour fixer les idées*. Le trait de Borgnis procède à la traduction, sous forme de projections et de perspectives, de l'architecture de systèmes techniques et de l'agencement des éléments qui les constituent. Ce graphisme est enrichi si nous y englobons la transmission de connaissances scientifiques et techniques et le savoir faire technique. Les représentations graphiques, réalisées par le concours d'outils graphiques structurés et de mieux en mieux maîtrisés par le dessinateur et par son lecteur, développent un trait riche de sens, tant pour ce qui relève de la création de machines et de systèmes techniques aux fonctions les plus diverses, que pour ce qui est de la transmission des savoirs technique et technologique.

Le trait du dessinateur sous-tend et prend en compte des pans fondamentaux du champ des mathématiques, des sciences, de la mécanique appliquée et de la technologie de construction. Il ne suffit pas, nous semble-t-il, de faire preuve d'une main et d'un œil d'expert vis-à-vis du trait pour garantir la pertinence d'une représentation graphique, il faut y associer en permanence, des connaissances et des savoir faire scientifiques et techniques toujours renouvelés et actualisés. Par voie de conséquence, le trait du dessin linéaire devient porteur de nombreux messages, ainsi, pour illustrer ces propos, la projection d'un congé et d'un arrondi annonce ordinairement une pièce obtenue par moulage et le dessinateur se doit de concevoir et définir des surfaces en dépouille, des surépaisseurs pour d'éventuels usinages. Nous pourrions citer d'autres exemples, un trait d'axe appelle une surface de révolution, un trait interrompu court correspond à des formes cachées dont il faut généralement imaginer le profil, le trait d'une liaison rigide n'a pas le même sens que celui d'une articulation cylindrique ou d'un guidage rectiligne...

Des outils graphiques et leur dimension universelle.

Nos réflexions et nos recherches se sont naturellement orientées vers les domaines d'activités en Bretagne entre ces années 1750 et 1850, ainsi que l'indiquait le titre même de notre objet d'étude. Pour ce qui est de l'histoire des sciences et des techniques en Bretagne durant cette période, nous savons utiliser l'ouvrage de référence constitué par *La Bretagne des savants et des ingénieurs*, ouvrage composé de quatre tomes construits sous la direction de Jean Dhombres et publiés entre 1991 et 1999. Le premier tome traite tout particulièrement de la période qui nous concerne.

La Bretagne, terre à vocation surtout agricole et maritime demeure peu marquée des empreintes de l'expansion industrielle du 18^{ème} siècle, exception faite des quelques sites d'extraction minière comme Pont Réan et Rougé en Ille et vilaine ou encore, Huelgoat-Poullaouen dans le Finistère. Les activités linières, très répandues en Bretagne, ont conservé leurs dimensions artisanales. Dans un tel contexte, la communication scientifique et technique n'a pas bénéficié d'un terrain favorable à son développement. A contrario, les acteurs de l'économie bretonne ont pourtant su s'informer puis s'approprier de résultats de travaux menés dans des sites plus industrialisés du territoire français. Les Bretons, et l'ouvrage de Jean Dhombres l'atteste, ont cependant réuni les conditions pour un accès à la connaissance scientifique et technique. Par voie de conséquence, la Bretagne compte un bon nombre de savants et d'ingénieurs dont la formation est assurée par des structures extérieures. Le graphisme technique est devenu, ainsi que nous l'avons constamment souligné, véhicule de savoirs et de connaissances, au travers de traités comme ceux de Gallon, Borgnis, Christian, Hachette, Monge, Lanz, C'est bien le caractère universel pris par le graphisme qui a pu contribuer à cette transmission du savoir. L'édition de traités spécialisés en hydrographie, en construction navale, en architecture, en construction mécanique se développe. Les règles, méthodes, codes et symboles, progressivement adoptés par d'illustres auteurs qui construisent, grâce à cette panoplie progressivement enrichie, un langage graphique accessible. La Bretagne excellera en matière d'architecture navale, et les messages portés par les dessins et les tracés de Bouguer se diffuseront et seront exploités tant à Paris, et Toulon qu'à Brest. Les contributions de Vial du Clairbois, cet ingénieur-constructeur brestois, viendront illustrer l'*Encyclopédie méthodique, Marine* dont la portée universelle est vite reconnue. Terminologie scientifique et technique et signes graphiques standardisés confèrent au dessin technique ce caractère universel.

Des outils graphiques qui génèrent des creusets pour un développement de la recherche en sciences et techniques industrielles.

Si, comme nous venons de le dire, les outils graphiques aident à fixer les idées, ils constituent aussi de précieux auxiliaires pour inventer des systèmes techniques ou pour adapter ou modifier des systèmes qui existent. Les travaux sur les méthodes de décomposition et de classification de machines développés par les savants ingénieurs comme Lanz et Bétancourt, Hachette, Christian, Borgnis, au début du 19^{ème} siècle, ont jeté les bases de cette recherche. Nous avons souligné le travail de définition et de recensement de machines effectué par leurs prédécesseurs au cours de la seconde moitié du 18^{ème} siècle, et le rôle des planches de l'Encyclopédie. Les ingénieurs précités poursuivront les pas, déjà accomplis, entre autres, par Gallon dans son inventaire des machines et inventions. C'est la décomposition de systèmes complexes en mécanismes élémentaires qui va aider, par une définition graphique, au déclenchement d'un processus de recherche visant l'invention de nouvelles machines alors issues d'une recombinaison de systèmes élémentaires connus. L'*Essai sur la composition des machines*, de Lanz et Bétancourt, comme le *Cours de géométrie descriptive, tableau des machines élémentaires*, de Hachette, annoncent les fondements de l'étude systémique moderne. Il est intéressant de noter qu'un souci analytique sans volonté constructive - l'Encyclopédie - ait engagé ce processus inventif. Il est alors possible de lier cette transformation à celle, politique, du corps social, avec la Révolution et l'Empire, ayant institué des normes s'imposant aux corporations.

Une formation à l'usage des outils graphiques qui prend appui sur une réalité artisanale et industrielle.

Nous observons combien, en architecture navale, les ingénieurs constructeurs accordaient de prix à l'acquisition de connaissances et de savoir faire par le biais de l'observation du déroulement des activités de chantier, dans un souci d'allier en permanence, les études théoriques aux pratiques du chantier. Duhamel du Monceau mettait tout particulièrement l'accent sur cette nécessaire confrontation au réel, tout en encourageant l'accès aux études théoriques qu'il estime être incontournables dans la formation d'un ingénieur-constructeur; réduire l'écart susceptible d'exister entre la définition du vaisseau par le plan, sur papier et la réalisation effective. Dans un ordre d'idée similaire, nous avons observé que les supports des travaux graphiques des futurs ingénieurs formés à l'Ecole centrale des arts et manufactures de Paris étaient composés de représentations graphiques de réalisations authentiques. Le cours de construction élaboré par le professeur Callon a la forme d'un recueil de machines présenté sous forme de dessins

d'ensembles plus ou moins complexes. Ainsi les dessins des pompes à colonne d'eau de Juncker, en fonction à Poullaouen, deviennent un support d'études pour Callon qui demande à ses élèves de procéder à l'analyse de fonctionnement de systèmes, d'établir le dessin de définition de certains éléments, d'effectuer des vues d'ensemble complémentaires à celles proposées, etc. Sont ainsi visés des processus d'acquisitions de compétences en graphisme et savoirs scientifiques et techniques qui relèvent de la physique, de la mécanique appliquée et de la conception de machines.

Des outils graphiques qui dessinent notre patrimoine architectural et industriel.

La seule analyse des documents qui composent le *Portefeuille Vaucanson* conservé au musée du Conservatoire national des arts et métiers de Paris vient corroborer cet intitulé. Constitué de plus de 20000 plans, cet inventaire a forme d'un mémoire de l'invention et de la production humaine tout au long des 18 et 19^{ème} siècles. Les plans y sont inventoriés par domaine d'activité et concernent l'hydraulique, l'outillage et les machines agricoles, les voitures, chariots, traîneaux, cabestans et treuils, le génie civil, les arts et industries textiles, les machines-outils, etc.

De telles ressources graphiques, répertoriées et classées sont susceptibles d'enrichir les réflexions de chercheurs en histoire des sciences et des techniques, études et recherches traitant de points liés à la connaissance de notre patrimoine industriel. A ce sujet se pose l'avenir et l'intérêt de telles *traces écrites* dès lors que l'outil informatique se généralise. Ce point est dès à présent, et à lui seul, un objet d'étude.

Des outils graphiques traditionnels et l'avènement de l'outil informatique. Quels effets sur la perception tridimensionnelle des objets ?

La méthode de représentation adoptée pour enseigner le dessin technique en France a été, pendant un siècle et demi environ, celle des projections orthogonales effectuées dans le premier dièdre constitué des plans horizontal, frontal et de profil. La norme NFE 04-101 de 1949 donnera comme méthode de représentation graphique des objets, la méthode des projections orthogonales dans un cube de projection, selon la version anglaise rivale, cube dont le développement permet la représentation d'un objet selon les vues de face, dessus, dessous, gauche, droite et d'arrière, dites vues en correspondance. Quant à la norme NFE 04-108 parue en 1953, elle traite des représentations en

perspective. Nous avons observé combien la représentation en perspective occupait une place de tout premier ordre en architecture civile et militaire certes, mais aussi en construction navale et dans les arts mécaniques, en ce sens qu'elle est à l'origine même du processus de standardisation du graphisme. Gallon, au 18^{ème} siècle, a régulièrement fait usage de cet outil de représentation et n'avait recours aux projections orthogonales que pour parfaire l'explication de telle disposition constructive ou de tel principe de fonctionnement non lisible sur une perspective.

Les auteurs dont nous venons de parcourir les ouvrages, font coexister les deux modes de représentations, et invitent le lecteur à "passer d'une vision en perspective à une vision en projection et inversement". La perception tridimensionnelle des objets demeure pour le dessinateur et pour son lecteur un passage obligé essentiel, un incontournable. Elle implique une "gymnastique intellectuelle" pour réussir à percevoir, au travers du trait, les formes volumiques, les positions relatives et les mouvements à partir de représentations planes. La construction navale nous a montré combien les illustres constructeurs et éminents hydrographes, tels Dassié, Bouguer, Vial du Clairbois ou Duhamel du Monceau, avaient de dispositions *pour voir dans l'espace*. Les mécaniciens comme Gallon, Borgnis, Christian, Dupin, Leroy, Leblanc ou Francoeur, en exemples, ont fait preuve d'aptitudes et de compétences semblables. La double vision, projection/perspective, n'est donc pas une concurrence, mais, métier par métier, une didactique de la précision, de la normalisation, et du progrès. C'est ce que nous avons essayé de montrer par les nombreux dessins exhibés dans ce travail.

Quant au domaine de la formation à l'utilisation des outils graphiques, il est souvent dit que les professeurs de dessin industriel sont confrontés à des élèves qui ne parviennent pas à identifier l'aspect tridimensionnel des objets, ce fameux: "être capable de voir dans l'espace". Cet aspect de l'apprentissage constitue, à lui seul, un sujet d'étude aux nombreuses facettes : l'œil et le système visuel de l'être humain, la parallaxe du mouvement, l'apport binoculaire, la mobilité des objets ou de certains éléments qui les composent, les couleurs, les ombres, l'entraînement à la perception géométrique visuelle, "l'image mentale", etc. Certains enseignants seraient tentés de regretter ou de dénoncer un manque d'entraînement des apprenants à la perception en trois dimensions, une méconnaissance des principes mécaniques de base, un manque de références visuelles, une maîtrise limitée des règles de tracé, une méconnaissance des procédés de réalisation, et peut-être, un possible désintérêt pour les sciences industrielles. La géométrie descriptive se crut obligée, malgré sa précision, de faire intervenir les ombres, les lavis, etc, pour mieux se rendre utile. La question se pose alors de

l'esthétique, c'est-à-dire de la valeur ajoutée technique par une représentation se parant des qualités du tridimensionnel. Les dessins ici présentés, ont montré le souci constant d'adapter esthétique et technique graphique.

Il semble que l'outil informatique vienne modifier les stratégies d'enseignement de la construction par ses performances en matière de réalisation de vues en perspective avec différentes couleurs par pièce, d'images de synthèse, de changement d'observation quasi instantané par rotation de l'objet ou par modification de la position de l'observateur, de mouvement des objets, de simulation de fonctionnement, de décomposition d'objets en volumes géométriques élémentaires, etc. Voilà un sujet de réflexion d'ordre didactique et pédagogique. Il y a cependant lieu de mesurer les limites de l'aide apportée par un tel outil moderne, et de cerner le minimum requis pour sa mise en œuvre et son usage. Outre la maîtrise de l'outil informatique et la prise de conscience de ses performances, la connaissance des règles et des principes de base du dessin de construction peuvent sembler utiles. D'autant que l'ordinateur "calcule", pour ces représentations, selon les méthodes de la géométrie descriptive. Ceci donne beaucoup à réfléchir.

Les ingénieurs et les techniciens contemporains ont hérité d'un patrimoine inestimable en matière de communication par les outils graphiques

Aujourd'hui, chacun peut observer que les technologies informatiques sont présentes dans les différentes composantes de l'entreprise industrielle, et en particulier dans les bureaux d'études et les bureaux des méthodes. L'assistance des acteurs de l'économie industrielle par l'outil informatique est quasiment généralisée dans les domaines de la production industrielle et devient un incontournable en conception, en dessin, en fabrication et en contrôle de produits manufacturés. L'usage permanent des XAO, (domaines assistés par ordinateur), remet régulièrement en cause l'organisation et le fondement des entreprises constamment soumises aux effets de la concurrence et de la compétitivité internationale. Par voie de conséquence, la communication, de toute nature et dans tous les domaines de l'activité humaine, est sujette à de profondes mutations. La communication scientifique et technique est porteuse d'enjeux au sein des systèmes de production. Au-delà des échanges entre les hommes, la communication entre les acteurs (concepteurs et constructeurs) et les systèmes-machines, la communication entre les systèmes techniques eux-mêmes

s'est développée. Par voie de conséquence, les contenus et les techniques des échanges ont été sujets à de profonds changements.

Des bases de données, constamment enrichies et accessibles à l'entreprise industrielle, viennent modifier les transmissions des connaissances et des savoir-faire scientifiques et techniques. Elles occupent ou complètent la place occupée par l'ouvrage de technologie dont nous avons tant souligné l'intérêt. Aujourd'hui, les outils informatiques supplantent durablement la règle, l'équerre et le compas du dessinateur. Les procédures de représentation graphique des objets techniques bénéficient de mutations sans précédent, et les performances du trait sur écran dérouteraient un bon nombre des illustres ingénieurs dont nous avons pourtant, ô combien, apprécié le résultat de leurs travaux graphiques réalisés dans le prolongement de réflexions, d'études et d'apports scientifiques et techniques. Les techniques de réalisation du dessin à l'écran et l'accès aux ressources, ont nécessairement exigé de nouvelles compétences du projeteur, et donc un apprentissage, pour ce qui relève de la maîtrise de cet outil de communication pour lequel, la souris et les icônes se substituent au crayon.

La composition d'un graphe à l'écran d'ordinateur implique de nouvelles compétences et une adaptation de certaines règles élémentaires du dessin technique, dont les fondements de la projection orthogonale demeurent cependant préservés. L'outil informatique, par ses connexions périphériques, autorise un rendu sur support papier qui demeure superposable à celui obtenu sur la planche ou sur la table du dessinateur. Les aptitudes requises en matière de vision dans l'espace sont d'une autre nature, puisque la puissance des calculateurs électroniques rend possible la présentation de l'objet, ainsi dessiné, dans ses trois dimensions, sous forme d'images fixes ou animées. Ainsi, l'ordinateur réalise le fichier des projections.

Une nouvelle terminologie, de nouveaux codes et signes naissent et viennent enrichir un lexique, un dictionnaire du technicien déjà bien développé. L'adoption de définitions communes est toujours d'évidence pour une communication efficace et efficiente entre concepteurs et constructeurs. Par ailleurs, dans le processus de réalisation d'objets techniques, la connexion informatisée est recherchée et est rendue possible aux différents stades de la fabrication d'un produit, depuis l'étude d'avant projet jusque sa réalisation et sa mise en œuvre .

Si au 18^{ème} siècle, l'ingénieur constructeur fait fabriquer la machine qu'il invente, pour n'en proposer une représentation graphique qu'ultérieurement, aujourd'hui les performances des outils informatiques sont telles qu'elles autorisent la simulation graphique sur écran de l'objet ou du système technique dans son contexte de

fonctionnement. Il est permis de voir l'objet avant même qu'il ne soit matériellement réalisé et de mesurer sa pertinence et ses performances. C'est ce que les architectes de la marine réalisent avec les plans de forme, mais au prix de l'acquisition d'un savoir mathématique difficile. L'état de la communication scientifique et technique moderne, à l'aide d'outils graphiques novateurs, n'est pas le fait d'une quelconque espèce de génération spontanée. Il est l'aboutissement de contributions successives de scientifiques, d'ingénieurs, de concepteurs et de constructeurs d'objets techniques, et, de ce point de vue, l'histoire des sciences et des techniques nous a éclairé. Entre cette représentation en perspective, d'après nature, développée par Jean Gaffin Gallon dans les années 1750, pour *montrer à voir* et le dessin linéaire en projection retenu par César Nicolas Louis Leblanc pour comprendre et réaliser, nous repérons déjà des étapes au cours desquelles, et de manière progressive, de nouveaux codes de représentation graphique allaient participer à l'organisation de ce langage graphique dont les performances se sont avérées efficaces pour les échanges entre concepteurs et constructeurs.

La conception assistée par l'ordinateur et le dessin assisté par ordinateur, ont su prendre appui sur les principes fondamentaux et les règles progressivement établies pour l'ensemble des domaines de production de biens et de services. Nous faisons observer que l'architecture militaire, l'architecture civile et l'architecture navale s'étaient positionnées très tôt en matière d'utilisation des outils graphiques pour établir et faire connaître leurs projets de réalisation, les uns de forteresses, les autres de châteaux et de ponts, et enfin, les derniers, de vaisseaux.

Du jour où les fonctions des concepteurs et celles des constructeurs se sont singularisées et sont devenues plus distinctes, les outils graphiques se sont développés avec une préoccupation plus forte quant à la rigueur du trait et à sa lisibilité. Le trait devient porteur de messages et de prescriptions, certes pour décrire, mais aussi et surtout pour informer et guider le constructeur. Le cas de la construction navale, au même titre que l'architecture civile, est de ce point de vue exemplaire; les ingénieurs-constructeurs ont certes utilisé le trait pour définir le vaisseau à construire mais également pour établir, par une définition de procédures de constructions géométriques, les tracés à réaliser sur les pièces brutes. L'Encyclopédie méthodique, par ses trois tomes dédiés à la marine et sous la rubrique: *construction de vaisseaux*, propose un état des modes opératoires établis à partir des propositions validées de nombreux ingénieurs-constructeurs comme Dassié, Bouguer, Duhamel du Monceau ou Vial du Clairbois.

La présente étude, si elle peut être encore enrichie, dicte qu'une telle recherche doit se prolonger depuis 1850 jusqu'à nos jours. Elle apporterait des données susceptibles de nous aider à mieux comprendre les mutations provoquées par les outils informatiques dans le domaine de la communication scientifique et technique. Puisse cette modeste contribution, avec son prolongement ici suscité, nous permettre d'appréhender l'actuelle communication par les outils graphiques, entre concepteurs et constructeurs.

BIBLIOGRAPHIE

SOURCES PRIMAIRES.

Armonville (J.R.), *Guide des artistes, ou répertoire des arts et manufactures*, de Chaigneau aîné, Paris, 1818.

La clef de l'industrie et des sciences qui se rattachent aux arts industriels, Huzard, Paris, 1825.

Table analytique des ouvrages qui ont servi à la composition de la clef de l'industrie et des sciences qui se rattachent aux arts industriels, Huzard, Paris, 1825.

Bélidor de (B.F.), *Dictionnaire portatif de l'ingénieur*, Jombert, Paris, 1760.

Bellec, *Recueil général des outils dont on se sert dans les ateliers d'un port de marine*, Service historique de la marine Brest, 1738.

Bergery (C.L.), *Géométrie appliquée à l'industrie*, Bachelier, Chamerot, Paris, 1835.

Géométrie des écoles primaires, Mme Thiel, Metz, Bachelier, Paris, 1833.

Berthelot (C.F.), *La mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture et à la guerre*, Demonville, Paris, 1782.

Borgnis (G.A.), *Traité complet de mécanique appliquée aux arts*, Bachelier, Paris, 1818.

Théorie de la mécanique usuelle ou introduction à l'étude de la mécanique appliquée aux arts, Bachelier, Paris, 1821.

Dictionnaire de mécanique appliquée aux arts, Bachelier, Paris, 1823.

Bouguer (P.), *Traité du navire, de sa construction, et de ses mouvements*, Jombert, Paris, 1746.

Traité de la mâture des vaisseaux, Jombert, Paris, 1727.

De la manœuvre des vaisseaux, ou traité de mécanique et de dynamique, Guérin et Delatour, Paris, 1757.

Boutereau (C.), *Dessin technique*, Roret, Paris, 1842.

Callon (Ch), *Album du cours de construction de machines, professé à l'école centrale des arts et manufactures*, Gauthier-Villars Paris, 1882.

Christian (G.), *Vues sur le système général des opérations industrielles, ou technonomie*, Huzard et Courcier, Paris, 1819.

Traité de mécanique industrielle, ou exposé de la science de la mécanique déduite de l'expérience et de l'observation, Bachelier, Paris, 1822.

Coulomb (C.A.), *Théorie des machines simples, en ayant égard au frottement de leurs parties et à la roideur des cordages*, Bachelier Paris, 1821.

Dassié (F.), *L'architecture navale contenant la manière de construire des navires, galères et chaloupes, et la définition de plusieurs autres espèces de vaisseaux*, de la Caille, Paris, 1677.

Deslongchamps, l'aîné, *Recueil de machines, d'outils et d'ustensiles, en usage pour la construction et carène des vaisseaux, et de tout ce qui se rapporte à leurs armements*, Bibliothèque municipale de Brest, 1763.

Diderot (D.), **Alembert d' (J.)**, *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Pellet, Genève, 1777.
Encyclopédie méthodique. Marine, Panckoucke, Paris, 1783.

Duhamel du Monceau (H.L.), *Eléments de l'architecture navale, ou traité pratique de la construction des vaisseaux*, Jombert, Paris, 1752.

Dupin (C.) *Géométrie et mécanique des arts et métiers et des beaux arts*, Bachelier, Paris, 1825.

Applications de géométrie et de mécanique à la marine et aux ponts et chaussées, Bachelier, Paris, 1822.

Mémoire sur la marine et les ponts et chaussées, Bachelier, Paris, 1818.

Duranti de Lironcourt de (F.C.), *Instruction élémentaire et raisonnée sur la construction pratique des vaisseaux*, Muselier, Paris, 1771.

Gallon (J.G.), *Machines et inventions approuvées par l'académie royale des sciences*, Martin, Paris, 1735.

Gaudry (J.), *Mémoire sur la construction des bateaux à vapeur et sur les machines appliquées à la navigation*, Guiraudet, Jouaust, Paris, 1853.

Gournerie de la (J.A.R.M.), *Discours sur le trait et la géométrie*, Mallet, Bachelier, Paris, 1854.

Hachette (J.N.P.), *Traité élémentaire des machines*, seconde édition, Courcier, Paris, 1819.

Junker, *Mémoire sur les machines à colonne d'eau de la mine du Huelgoat*, 1835.

Laboulaye (C.P.), *Encyclopédie technologique, dictionnaire des arts et manufactures, de l'agriculture, des mines, etc...*L. Comon, Paris, 1854.

Lanz et Bétancourt, *Essai sur la composition des machines*, Bachelier, Paris, 1819.

Leblanc (C.N.L.), *Recueil des machines, instruments et appareils*, 1826.

Choix de modèles appliqués à l'enseignement du dessin de machines, Malmer, Paris, 1830.

Leroy (C.F.A.), *Traité de géométrie descriptive*, Carillan-Goeury, Anselin, Paris, 1834.

Traité de stéréotomie, Carilian-Goeury, Anselin, Paris, 1844.

Leroy, *Mémoire sur les travaux qui ont rapport à l'exploitation de la mâturation*, Couturier, Paris, 1776.

Lunier, *Dictionnaire des sciences et des arts*, Gide et Nicolle, Paris, 1805.

Mariette (P.J.), *Cours d'architecture*, Jombert, Paris, 1760.

Marolois (S.), *Perspective contenant la théorie, pratique et instruction fondamentale d'icelle*, Jean Janson, Amsterdam, 1628.

Minard, *Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer*, Carillan-Goeury, Paris, 1846.

Monge (G.), *Géométrie descriptive, leçons données aux écoles normales*, Baudouin, Paris, 1799.

Description de l'art de fabriquer des canons, comité de salut public, Paris, 1794.

Ozanam (J.), *Dictionnaire mathématique, ou idée générale des mathématiques*, Michalet, Paris, 1691.

Cours de mathématique, Jombert, Paris, 1693.

Ozanne (N.M.), *Marine militaire ou recueil des différents vaisseaux qui servent à la guerre*, Chereau, Paris, 1762.

Peronnet (J.R.), *Description des projets et de la construction des ponts de Neuilli, de Mantes, d'Orléans, de LouisXVI...*, Didot, Paris, 1788.

Philibert de l'Orme, *Architecture*, Morel, Paris, 1567.

Poncelet (J.V.), *Traité des propriétés projectives des figures*, Bachelier, Paris, 1822.

Mémoire sur les roues à aubes courbes, mues par le dessous, Thiel, Metz, 1827.

Taffe, *Cours de mécanique*, Barbat, Châlon sur Marne, 1843.

Tronquoy, *Instruction sur l'exécution des levés et dessins au net*, Ecole Impériale des Ponts et Chaussées, Paris, 1857

Vial du Clairbois (H.S.), *Traité élémentaire de construction des vaisseaux à l'usage des élèves de la marine*, Clousier, Paris, 1787.

Encyclopédie méthodique. Marine, Panckoucke, Paris, 1783-1787.

Viollet le Duc (E.E.), *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du 11^{ème} au 16^{ème} siècle*, Morel, Paris, 1854.

Histoire d'un dessinateur, comment on apprend à dessiner, Hetzel et Cie, Paris, sd.

Vredeman de Vries (H.), *Perspectiva*, Beuckel Nieulandt, La Haye, 1604.

BIBLIOGRAPHIE

SOURCES SECONDAIRES

Borissavlievitch (M.), *Perspective sans point de fuite*, Oberthür, Paris, 1956.

Bretagne (M.), *Précis de perspective d'aspect*, Eyrolles, Paris, 1966.

Brian (E), Demeulenaere-Douyère,(Ch), *Histoire et mémoire de l'Académie des sciences*, Technique et Documentation, Paris, 1996.

Casalonga (A), *Traité technique et pratique des brevets d'invention*, Pichon et Durand Paris, 1949.

Cloître (M.T.), *Histoire de Brest*, centre de recherche bretonne et celtique, UBO, Brest, 2000.

Couëdic (D.), *Les architectes et l'idée bretonne*, thèse, Service historique et archéologique de Bretagne, 1995.

Delouche (D), *Les professeurs de dessin à l'école navale de Brest au 19^{ème} siècle*, Les cahiers de l'Iroise, N°2, 1980.

D'Enfert (R.), *De la figure au dessin géométrique, enseignement du dessin et formation ouvrière en France,1750-1850*, thèse, Université de Paris 1 Sorbonne, 2001.

Desforges (Y.), *Le graphisme technique, son histoire et son enseignement*, Presses Universitaires de France, 1981.

Desforges (Y.), *Technologie et génétique de l'objet industriel*, Maloine, Paris, 1985.

Desforges (Y.), *De l'éducation technologique à la culture technique*,E.S.F, Paris, 1993.

Dhombres (J.), *La Bretagne des savants et des ingénieurs*, Ouest-France Rennes, 1991-1999.

Le langage de l'œil. Le dessin technique dans la diffusion du savoir scientifique et technique en Bretagne, p 177 à 189, Sciences et Techniques en perspective, 1992.

Figures de Marine dans l'Encyclopédie méthodique. L'aventure épistémologique de la mathématisation des Lumières éclairée par les images de marine dans l'Encyclopédie méthodique, 2003.

Une histoire de bateaux et de mathématiques: la postérité d'Archimède au 18^{ème} siècle, 2005.

Autour du trois des Trois Grâces, et le Trois pour faire égalité, Paris, 2005.

Duval, (M.), *Bois de marine et constructions navales en Bretagne au 18^{ème} siècle,* 1925.

Aménagement forestier et progrès techniques dans l'ouest au 18^{ème} siècle, la forêt de Huelgoat et les mines de Poullaouen, 1925.

Favier (J), *Dictionnaire de technologie industrielle,* Foucher, Paris, 1996.

Fièvre (L), *Les manufactures de tabacs et d'allumettes de Morlaix, Nantes, Le Mans et Trélazé,* Presses universitaire de Rennes, 2004.

Flocon (A.), *La perspective,* PUF, Paris, 1963.

Gasnier (M), *Le paysage de l'industrie en Ille et Vilaine aux 19^{ème} et 20^{ème} siècles,* Presses universitaires de Rennes, 2003.

Greffe (F), *Traité des dessins et des modèles,* LITEC, Paris, 1994,

IREM de Basse Normandie, *Les cahiers de la perspective,* N°1 à 4, 1981-1987.

Pelpel (P.), *Histoire de l'enseignement technique,* Hachette Paris, 1993.

Picon (A.), *L'ingénieur artiste,* Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, 1989.

Ricordel (P.), *Le collège de Rennes après le départ des Jésuites et l'école centrale d'Ille et Vilaine (1752-1803),* imprimerie Oberthür, Rennes, 1937.

Vérin (H.), *La gloire des ingénieurs : l'intelligence technique du 16^{ème} au 18^{ème} siècle,* Albin Michel, Paris, 1993.

Wagret (F et J.M), *Brevets d'invention, marques et propriété industrielle,* P.U.F, 1964.

ILLUSTRATIONS

PRELIMINAIRE.

- 0.1,** *Tableau des proportions d'un navire, Architecture navale, Dassié, Bibliothèque municipale de Rennes.*
- 0.2,** *Deux vues d'une galère, Architecture navale, Dassié, Bibliothèque municipale de Rennes.*
- 0.3,** *Couples d'un navire, Architecture navale, Dassié, Bibliothèque municipale de Rennes.*
- 0.4,** *Grue de dragage au port de Brest, Recueil des outils dont on se sert dans les ateliers d'un port, Bellec, Service historique de la marine à Brest.*
- 0.5,** *Grue de levage au port de Brest, Recueil des outils dont on se sert dans les ateliers d'un port, Bellec, Service historique de la marine à Brest.*
- 0.6,** *Détail d'une peinture représentant le port de Brest, Van Blarenberghe, Musée de Brest.*
- 0.7,** *Grue, cours de mécanique, Dupin, Bibliothèque municipale de Rennes.*
- 0.8,** *Grues de levage au port de Brest, Recueil de toutes sortes de machines, Deslongchamps, Bibliothèque municipale de Brest.*
- 0.9,** *Atelier d'artillerie, Bellec, Service historique de la marine à Brest.*
- 0.10,** *Alésoir portatif, Bellec, Service historique de la marine à Brest.*
- 0.11,** *La mécanique appliquée, Berthelot, Service historique de la marine à Brest.*
- 0.12,** *Machine à frapper les pieux, La mécanique appliquée, Berthelot, Service historique de la marine, Brest.*
- 0.13,** *Dispositif de manutention, Berthelot, Service historique de la marine à Brest.*
- 0.14,** *Installation industrielle, Traité de mécanique industrielle, Christian, Bibliothèque municipale de Rennes.*
- 0.15,** *Pompes hydrauliques, Traité de mécanique industrielle, Christian, Bibliothèque municipale de Rennes.*
- 0.16,** *Mémoire, Juncker, Bibliothèque municipale de Rennes.*

CHAPITRE 1.

1.1, *Architecture navale*, Dassié, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.2, *Projections d'un vaisseau, Architecture navale*, Dassié, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.3, *Grand cabestan, et éléments divers, Architecture navale*, Dassié, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.4, *Cabestan à écrevisses, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.5, *Cabestan*, Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.6, *Cabestan*, Christian, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.7, *La mâture des vaisseaux, recueil des prix de l'Académie*, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.8, *Quatre méthodes de tracés de couples de vaisseau, Traité du navire*, Bouguer, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.9, *Tracé des gabarits, Traité du navire*, Bouguer, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.10, *Coupe longitudinale d'un vaisseau, Eléments de l'architecture navale*, Duhamel du Monceau, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.11, *Vue de dessus d'un vaisseau, Eléments de l'architecture navale*, Duhamel du Monceau, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.12, *Détail des éléments constitutifs d'un vaisseau, Eléments de l'architecture navale*, Duhamel du Monceau, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.13, *Détail des éléments constitutifs d'un vaisseau, Eléments de l'architecture navale*, Duhamel du Monceau, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.14, *Perspective d'un bâtiment, Traité élémentaire de construction des vaisseaux*, Vial du Clairbois, Service recherche, musée de la marine, palais de Chaillot, Paris.

1.15, *Vue de chantier, Traité élémentaire de construction des vaisseaux*, Vial du Clairbois, Service recherche, musée de la marine, palais de Chaillot, Paris.

1.16, *Vue de chantier, Traité élémentaire de construction des vaisseaux*, Vial du Clairbois, Service de recherche, musée de la marine, palais de Chaillot, Paris.

1.17, *Dessins de couples de vaisseaux*, Encyclopédie méthodique, Marine, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.18, *Dessins de couples de vaisseaux*, Encyclopédie méthodique, Marine, Bibliothèque municipale de Rennes.

1.19, *Extrait d'un devis de construction d'un vaisseau*, Encyclopédie méthodique, Marine, Bibliothèque municipale de Rennes.

CHAPITRE 2.

2.0, *Pompes de cale d'un vaisseau*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.1, *Machine à lever les fardeaux, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.2, *Pont-levis, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.3, *Cric, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.4, *Cric, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.5, *Machine à tirer les vaisseaux à terre, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.6, *Chariot à voiles, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.7, *Machine à percer, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.8, *Système à vis différentielles, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.9, *Machine hydraulique, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.10, *Machine hydraulique, Machines et inventions*, Gallon, bibliothèque municipale de Rennes.

2.11, *Machine Hydraulique, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.12, *Tour à fileter, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.13, *Tour pour observations astronomiques, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.14, *Tour pour observations astronomiques, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.15, *Grue, Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.16, *Machines et inventions*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.17, *Pompe pour les incendies, Recueil des pièces qui ont remporté les prix de l'académie royale des sciences*, Jombert libraire, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.18, *Recueil des pièces qui ont remporté un prix de l'académie royale des sciences,* Bibliothèque municipale de Rennes.

2.19, *Etude de la mature des vaisseaux,* Bouguer, recueil des pièces..., Bibliothèque municipale de Rennes.

2.20, *Cabestan à écrevisses,* Recueil des pièces..., Bibliothèque municipale de Rennes.

2.21, *Cabestan à écrevisses,* Recueil des pièces..., Bibliothèque municipale de Rennes.

2.22, *Traité complet de mécanique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.23, *Système de renflouage des navire, Traité complet de mécanique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.24, *Machine à teiller le chanvre, Traité complet de mécanique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.25, *Installation hydraulique, Traité complet de mécanique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.26, *Diverses charrues, Traité complet de mécanique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.27, *Broyeur,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.28, *Broyeur,* Leblanc, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.29, *Machine à tailler les dentures de roues, Traité complet de mécanique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.30, *Machine à fendre les roues, Traité complet de mécanique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.31, *Machine à fendre les roues, une autre disposition des vues.*

2.32, *Roues à aubes,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.33, *Moulin hydraulique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.34, *Moulin hydraulique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.35, *Trirote, chaise roulante, Traité complet de mécanique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.36, *Cygne artificiel, Traité complet de mécanique,* Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.37, *Gondole automatisée, Traité complet de mécanique*, Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

2.38, *Brevet d'invention*, Archives départementales d'Ille et Vilaine.

2.39, *Machine soufflante, brevet d'invention*, Archives départementales d'Ille et Vilaine.

2.40, *Système de carbonisation, brevet d'invention*, Archives départementales d'Ille et Vilaine.

CHAPITRE 3.

3.1, *Illustration, L'architecture navale*, Duhamel du Monceau, Bibliothèque municipale de Rennes.

3.2, *Fût de canon*, Monge, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.

3.3, *Fût de canon*, Monge, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.

3.4, *Table des dimensions*, Monge, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.

3.5, *Moulage en terre*, Monge, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.

3.6, *Moulage au sable*, Monge, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.

3.7, *Grue*, Monge, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.

3.8, *Forerie verticale*, Monge, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.

3.9, *Tour*, Monge, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.

3.10, *Limon d'escalier, épure*, C.F.A. Leroy, Bibliothèque municipale de Rennes.

3.11, *Engrenages, Traité de mécanique industrielle*, Christian, Bibliothèque municipale de Rennes.

3.12, *Moulin à transmission de mouvement par engrenage, Traité complet de mécanique*, Christian, Bibliothèque de Rennes.

3.13, *Machine à vapeur*, Dupin, Bibliothèque municipale de Rennes.

3.14, *Machine à vapeur*, Dupin, Bibliothèque municipale de Rennes.

CHAPITRE 4.

4.1, *Accastillage et diverses pièces de vaisseaux*, Dassié, Bibliothèque municipale de Rennes.

4.2, *Couples d'un vaisseau, Traité du navire*, Bouguer, Bibliothèque municipale de Rennes.

4.3, *Instruction élémentaire et raisonnée sur la construction-pratique des vaisseaux*, Duranti de Lironcourt, Service historique de la marine à Brest.

4.4, *Dictionnaire portatif de l'ingénieur*, Bélidor, Bibliothèque municipale de Rennes.

4.5, *Dictionnaire des sciences et des arts*, Lunier, CNAM de Paris.

4.6, *Extrait, Guide des artistes*, Armonville, CNAM de Paris.

4.7, *Le guide des artistes*, Armonville, CNAM de Paris.

4.8, *Dictionnaire*, Laboulaye, Bibliothèque municipale de Rennes.

CHAPITRE 5.

5.1, *Cric d'équilibre pour élever des fardeaux*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.2, *Machine pour scier le marbre*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.3, *Machine pour traîner des fardeaux*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.4, *Machine pour laminer le plomb*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.5, *Machine pour laminer le plomb*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.6, *Machine pour laminer le plomb*, Gallon, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.7, *Vaisseau échoué*, Encyclopédie. Marine, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.8, *Carène d'un vaisseau*, Encyclopédie. Marine, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.9, *Etrave d'un vaisseau*, Encyclopédie. Marine, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.10, *Habitations en perspective*, Viollet le Duc, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.11, *Machine à refendre les roues*, Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.12, *Alésoir*, Francoeur, Bibliothèque universitaire, Rennes1.

5.13, *Moulin à vent*, Francoeur, Bibliothèque universitaire, Rennes1.

5.14, *Frontispice*, Vredeman, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.15, *Arcades*, Vredeman, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.16, *Mobilier*, Vredeman, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.17, *Frontispice*, Marolois, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.18, *Mobilier, perspectives et ombres*, Marolois, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.19, *Thermes à Rome*, Vredeman, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.20, *Trame*, Vredeman, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.21, *Lieu de vie*, Vredeman, Bibliothèque municipale de Rennes.

5.22, *Montée en forme ronde*, Marolois, Bibliothèque municipale de Rennes.

- 5.23, *Frontispice*, Ozanam, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 5.24, *Plans de projection*, Ozanam, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 5.25, *Frontispice*, Ozanam, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 5.26, *Prisme hexagonal en perspective*, Ozanam, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 5.27, *Prisme hexagonal percé, en perspective*, Ozanam, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 5.28, *Ombres*, Ozanam, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 5.29, *Théorie des ombres*, Monge, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 5.30, *Théorie des ombres*, Monge, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 5.31, *Ombres portées*, Leblanc, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 5.32, *Vis à filet carré*, Leblanc, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 5.33, *Roue*, Leblanc, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 5.34, *Solides ombrés*, Leblanc, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 5.35, *Machine soufflante*, Leblanc, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 5.36, *Machine soufflante*, Leblanc, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 5.37, *Modèles de dessins lavés*, Leblanc, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 5.38, *Ombre d'une sphère*, Leroy, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.
- 5.39, *Ombres de cheminées sur un toit*, Leroy, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.
- 5.40, *Empanon de charpente*, Leroy, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.
- 5.41, *Couples d'un vaisseau*, Bouguer, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 5.42, *Différents crics, Traité complet de mécanique*, Christian, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 5.43, *Robinet à boisseau, Traité complet de mécanique*, Christian, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 5.44, *Treuil, Dessin technique*, Boutereau, CNAM de Paris.

CHAPITRE 6.

- 6.1,** *Théorie des machines simples*, Coulomb, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 6.2,** *Frottement plan*, Coulomb, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 6.3,** *Traité élémentaire des machines*, Hachette, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.
- 6.4,** *Classification des machines*, Hachette, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.
- 6.5,** *Machine à feu*, Hachette, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.
- 6.6,** *Essai sur la composition des machines*, Lanz et Bétancourt, Bibliothèque universitaire, Rennes1.
- 6.7,** *Tableau général de classification des machines*, Lanz et Bétancourt, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 6.8,** *Mécanisme*, Lanz et Bétancourt, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 6.9** *Mécanisme*, Lanz et Bétancourt, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 6.10,** *Engrenages coniques*, Lanz et Bétancourt, Bibliothèque universitaire, Rennes1.
- 6.11,** *Mouvement hélicoïdal*, Lanz et Bétancourt, Bibliothèque universitaire, Rennes1.
- 6.12,** *Tour à fileter*, Gallon, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 6.13,** *Tour à fileter*, Lanz et Bétancourt, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 6.14,** *Renvoi d'angle*, Lanz et Bétancourt, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 6.15,** *Pince*, Lanz et Bétancourt, Bibliothèque universitaire, Rennes 1.
- 6.16,** *Classification des machines*, Borgnis, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 6.17,** *Technonomie*, Christian, Bibliothèque du CNAM de Paris.
- 6.18,** *Traité de mécanique industrielle*, Christian, Bibliothèque municipale de Rennes.

CHAPITRE 7.

- 7.1,** *Cours d'architecture*, Mariette, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 7.2,** *Cours d'architecture de Vignole*, Mariette, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 7.3,** *Cours d'architecture de Vignole*, Mariette, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 7.4,** *Elévation et coupe scénographiques du château de Caprarole de Rome*, d'Aviler, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 7.5,** *Elévation générale, château de Caprarole*, d'Aviler, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 7.6,** *Plan, coupe, élévation, château de Caprarole*, d'Aviler, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 7.7,** *Histoire d'un dessinateur*, Viollet le Duc, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 7.8,** *Levage d'une charpente*, Viollet le Duc, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 7.9,** *Cours de construction*, Minard, Service historique de la marine à Brest.
- 7.10,** *Porte de forme de radoub*, Minard, Service historique de la marine à Brest.
- 7.11,** *Mémoire, mâture*, Leroy, Service historique de la marine à Brest.
- 7.12,** *Construction d'un pont*, Leroy, Service historique de la marine à Brest.
- 7.13,** *Trains pour transporter les mâts*, Leroy, Service historique de la marine.
- 7.14,** *Pont*, Tronquoy, Bibliothèque du CNAM de Paris.
- 7.15,** *Machine à vapeur*, Tronquoy, Bibliothèque du CNAM de Paris.
- 7.16,** *Machine à vapeur*, Tronquoy, Bibliothèque du CNAM de Paris.
- 7.17,** *Machine à vapeur*, Tronquoy, Bibliothèque du CNAM de Paris.
- 7.18,** *Coupes, couleurs conventionnelles*, Tronquoy, Bibliothèque du CNAM de Paris.
- 7.19,** *Mémoire sur l'instruction au collège*, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 7.20,** *Distribution des médailles*, Archives départementales d'Ille et Vilaine.
- 7.21,** *Frontispice*, Francoeur, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.
- 7.22,** *Eléments de technologie*, Francoeur, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.

- 7.23, *Construction de vaisseaux*, Dupin, Bibliothèque municipale de Rennes.
- 7.24, *Marine militaire*, Ozanne, Service historique de la marine à Brest.
- 7.25, *Frontispice*, Ozanne, Service historique de la marine à Brest.
- 7.26, *Brigantin*, Ozanne, Service historique de la marine à Brest.
- 7.27, *Frontispice*, Leblanc, Bibliothèque universitaire Rennes 1.
- 7.28, *Engrenages coniques en coupe*, Leblanc, Bibliothèque universitaire Rennes 1.
- 7.29, *Engrenages coniques*, Leblanc, Bibliothèque universitaire Rennes 1.
- 7.30, *Machine à vapeur*, Taffe, Bibliothèque universitaire Rennes 1.
- 7.31, *Machine à vapeur*, Leblanc, Bibliothèque universitaire Rennes 1.
- 7.32, *Machine à vapeur*, Leblanc, Bibliothèque universitaire Rennes 1.
- 7.33, *Emploi du temps aux arts et métiers*, Archives départementales d'Ille et Vilaine.
- 7.34, *Emploi du temps aux arts et métiers*, Archives départementales d'Ille et Vilaine.
- 7.35, *Cours de construction, école centrale*, Bibliothèque universitaire Rennes 1.
- 7.36 *Pompe à colonne d'eau de Huelgoat*, Bibliothèque universitaire Rennes 1.
- 7.37, *Régulateur de débit, mine de Huelgoat*, Bibliothèque universitaire Rennes 1.
- 7.38, *Semoir, cours de construction*, Callon, Bibliothèque universitaire Rennes 1.
- 7.39, *Semoir, cours de construction*, Callon, Bibliothèque universitaire de Rennes 1.