



HAL
open science

Le géomètre et le constructeur. Architecture et pensée technique au XVIIIe siècle

Daniel Rémy

► **To cite this version:**

Daniel Rémy. Le géomètre et le constructeur. Architecture et pensée technique au XVIIIe siècle. [Rapport de recherche] 299/85, Ecole nationale supérieure d'architecture de Nancy. 1985. hal-01894302

HAL Id: hal-01894302

<https://hal.science/hal-01894302>

Submitted on 12 Oct 2018

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.

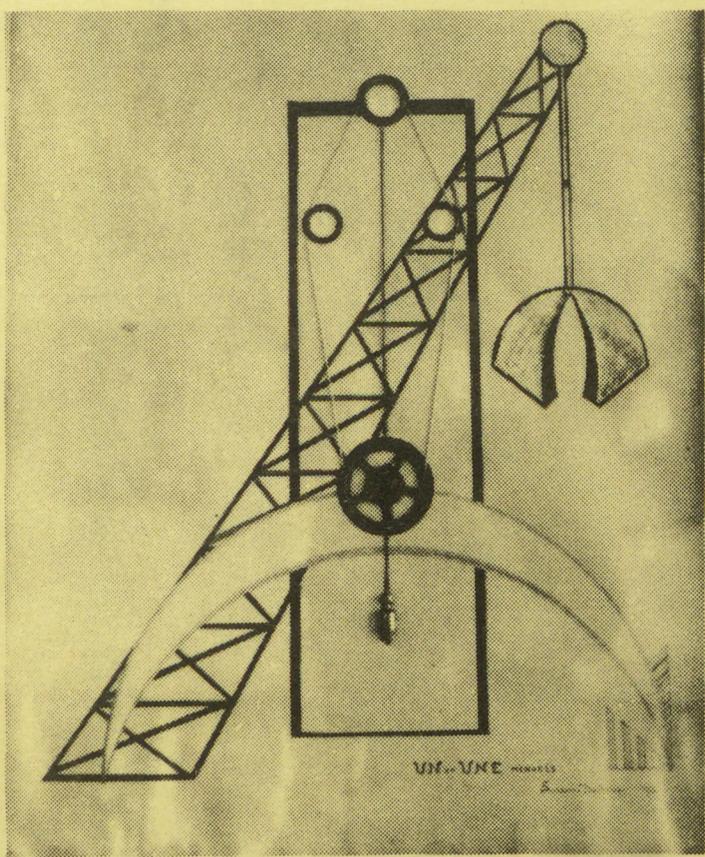
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

299

LE GEOMETRE ET LE CONSTRUCTEUR

ARCHITECTURE ET PENSEE TECHNIQUE
AU XVIIIÈME SIÈCLE

DANIEL REMY



ECOLE D'ARCHITECTURE DE NANCY - 1985

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION
DANS LA SECONDE MOITIE DU XVIIIème SIECLE

Contrat n° 77 73 042 00 202 75 01
Politique de la technique

LA MATIERE MACHINALE

A qui voudrait en faire l'inventaire thématique, l'idée d'une rationalité des formes construites apparaîtrait sans nul doute traversée de catégories ou de valeurs assez imprécises voire floues. On y retrouverait le débat incessant entre la forme et la matière, une approche mathématique hésitante et incertaine de ses bases, la structure généralement reconnue empirique, cumulative et irrémédiablement ouverte du savoir technique; y apparaîtrait aussi la perception aiguë, voire inquiète des structures du visible et des modalités de son appréhension, l'apparence ou l'assurance d'un dévoilement des mystères qui recouvrent l'épaisseur du monde de la matière et de sa forme. En somme toute une batterie de notions et d'approches possibles qui pourraient, déjà car rien ne permet d'en douter, les origines d'un savoir constructif et le bagage d'une architecture grecque ou romaine, ou celles qui leur furent antérieures. Mais rien non plus qui nous permettrait d'appréhender ce que le savoir constructif moderne a produit comme rationalité. Rarement, mais quand cette discipline se penche sur son histoire, c'est dans le courant du XVIIIème siècle qu'elle trouve sa source et sa naissance ainsi que toutes les traces de son développement

futur, et de son organisation. Notons que tout aussi rarement, la construction ne tourne son regard au-delà de cette limite; elle se veut résolument "moderne". Modernité qu'elle acquiert dans ce siècle des lumières reconnu comme celui de l'apogée de la révolution scientifique (mais bientôt technique) par le mouvement qui entraîne sciences mathématiques et mécaniques dans le même élan vers ce qui marquera un seuil de leur positivité.

Il ne s'agit pas pour nous de travailler à quelques pages de l'histoire des mathématiques auxquelles se trouveraient confrontée la discipline de la construction, mais beaucoup plus humblement d'essayer de décrire cette sensibilité particulière et cette expérience pour le moins nouvelles que des mathématiciens formèrent autour des formes construites. Expérience qui nous intéresse au premier chef, puisqu'elle implique la nôtre; c'est-à-dire qu'elle forme la possibilité même d'un discours sur la construction. Nous essaierons de la retracer à partir de l'orée du XVIIIème siècle là où quelques mathématiciens, loin des ingénieurs et encore plus des techniciens (qui sommeillent encore), se fixeront comme objet d'étude un crucial et nodal problème autour de la question du franchissement d'un espace. Nous pourrions dire en effet par un curieux hasard, qu'en ces années la "voûte" est entrée à l'Académie Royale des Sciences. C'est autour de cet objet que s'instaure un débat dans ce lieu qui, pour sa part, implique la réorganisation de la rationalité construite, et la disposition de la forme et de la matière, ainsi que les figures de leur réciprocité.

Ce qui comptera, afin de relater ce débat, sera moins les figures de la rationalité construite

en tant qu'elles sont traversées de contenus scientifiques et de découpages théoriques, quoiqu'ils ne soient pas indifférents, mais bien plus l'émergence et les fluctuations du sens de l'objet pris en compte dans ce débat. Sens, qui une fois isolé et constitué permet sa reprise dans d'autres discours. A parcourir brièvement l'archive de cette discipline, on s'apercevra bien vite, que le thème de la voûte et ceux qui en découlent par parenté dans les classements qui seront produits au cours de ce siècle, apparaît comme dominant et omniprésent dans tous les discours qui approcheront de près ou de loin le domaine construit.

Il s'agira donc de reprendre ici les linéaments du chemin de l'analyse d'un des emblèmes qui traverse le discours constructif. Si la voûte apparaît comme objet capital dans les démonstrations de ce discours, c'est qu'il orientera toute la recherche et l'étude; et c'est cette voûte que de manière obsédante on cherchera à connaître dès le début du XVIIIème siècle et sous un point de vue qui différera totalement du mode de connaissance qui lui était jusqu'alors attaché. En ce temps de nombreux chercheurs s'essayeront à une "domestication" des puissances naturelles de la matière, de son organisation, de ses formes par l'application raisonnée des habilités géométriques nouvellement acquises dans le domaine des mathématiques. Mathématiser la pratique des arts, tel sera le rêve un moment caressé, et le projet encore bien voilé de substituer à la routine traditionnelle des métiers l'ordre rationnel que l'on se plaisait à découvrir dans la figure du monde. Peut-être entrevoyaient-ils la possibilité de jeter un pont, de trouver un lien, pour unir le vieux découpage humaniste des arts en "arts mécaniques" et "arts

libéraux" qui délimitait les diverses pratiques.

Malgré tout, les savants du XVIIIème siècle ne furent pas transportés exclusivement par l'idéalité d'un savoir théorique représenté par la géométrie. Bien vite le discours technique a repéré l'écart toujours tendu entre les fécondités de ce savoir théorique dans sa spéculation et les exigences pratiques. Et si cette géométrie est une condition théorique indispensable et nécessaire de la construction pratique, le géomètre pour devenir constructeur, dira Fontenelle, doit posséder "la connaissance des différentes parties des arts, et cela est presque immense, (qui) lui fournisse dans les occasions des idées et des expédients; il faut qu'il soit instruit des qualités des métaux, des bois, des cordes, des ressorts, enfin de toute la matière machinale ... Pour n'être pas trompé par des accidents physiques imprévus qui déconcerteraient les entreprises" (1).

Cette matière machinale va représenter, bientôt pour l'ingénieur civil qui se définit au XVIIIème siècle, tout le poids stratégique de son savoir, la définition et la connaissance théorique des objets se trouvant par là reléguée; mais peut-être est-ce là trop anticipé.

1 - Les figures de la matière

Supplanter l'agilité et la dextérité artisanale par la rigueur scientifique fut peut-être un leitmotiv qui permit à l'ingénieur d'extraire sa

(1) Fontenelle - Oeuvres ..., éd. 1792, t. VIII, p. 312.

condition spécifique de la masse des autres artisans; de même qu'il put singulariser cette place spécifique dans, et par delà la division classique des "arts mécaniques" et des "arts libéraux". Historiquement les origines et "l'originalité" de l'ingénieur sont sans nul doute à rechercher dans ce qu'il est convenu d'appeler la Renaissance, nous ne le contestons pas (1). Néanmoins on peut affirmer que du maître d'engins merveilleux de la Renaissance composant l'art mécanique et l'invention dans les théâtres de machines, à l'art de la guerre sous les traits de l'ingénieur militaire à l'époque classique, la condition de l'ingénieur civil en France devra attendre afin de s'imposer.

Dans ce XVIIème siècle, où brille l'ingénieur militaire dans la fortification des villes et la castramétation aussi bien que dans l'art de régler les batailles et les tirs, se fait jour un intérêt et une volonté farouche de percer les secrets, ou ce qui est reconnu comme tel, jusque là détenus par les artisans qui mettaient en oeuvre l'architecture. A ce moment toute une littérature prolifère sur le problème de "l'art du trait" (2), ou l'art

(1) Voir : Histoire des techniques, NRF Pleiade et aussi S. Moscovici, Essai sur l'histoire humaine de la nature, Flammarion, coll. Champs.

(2) On notera principalement les traités de Desargues, la pratique du trait à preuves, 1643; Deschâles, 1672; La Rue, 1728 ?; Jousse, l'état de charpentier; le plus célèbre fut sans conteste celui du Père François Derand, L'architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes, 1643, réédité plusieurs fois au cours du XVIIIème siècle.

et la manière de tracer l'architecture et ses figures, qui certes n'était pas inconnu mais qui sort pour la première fois, semble-t-il, des chantiers sur lesquels il était pratiqué.

Dans son "Architecture", Philibert de l'Orme en 1567 avait déjà essayé de rapporter cet art, mais comme ceux qui l'ont précédé, il s'était trouvé confronté à l'impossibilité de la description : "Je n'ai pu, dit-il, montrer par écriture comme les pierres se doivent tracer par leur lits et parements, et autour, pour les couper selon l'oeuvre qu'on avait à faire. Véritablement cela ne se peut décrire mais bien montrer visiblement et manuellement, en exécutant l'oeuvre de fait" (1). Si près d'un siècle plus tard cette difficulté semble surmontée, néanmoins le problème demeure, mais cette fois inversé car comme le souligne Derand, "il est plus facile d'expliquer les traits des voûtes, que la façon de les appliquer sur la pierre" (2). Expliquer, ne sera pas se rendre aux "spéculations de l'Ecole", les traits "ne se lient pas toujours en leurs pratiques aux lois d'une Géométrie rigoureuse". Dans le domaine des tracés prescrits pour l'architecture, la configuration qui répond à chaque problème ne correspond pas forcément aux réquisits spatiaux de la géométrie classique. En rappelant ainsi que les matières dont il traite paraîtront parfois hardues aux non praticiens et erronées pour les "Géomètres délicats", l'auteur signifie la non-coïncidence du corps construit et du corps géométrique; et cependant "on ne laisse de conduire à chef les ouvrages des voûtes, comme la pratique journalière le fait voir. Et partant on prend

(1) Livre 6, chap. 8.

(2) Durand op. cit., Préface au lecteur.

quelquefois ce qui approche du vrai pour le précis comme la corde d'un arc pour l'arc même, ou au contraire ...", et d'ajouter que "les ouvrages qui sont fondés sur cette maxime, se trouvant avoir autant de justesse, qu'il en est besoin, on se contente de ce rapport, sans se mettre en peine de rencontrer une proposition plus exacte" ...

Dès lors ne s'agissant pas de la quête d'une "géométrie" des formes construites au sens où l'entendent nouvellement les mathématiques, l'"art du trait" est tout entier tourné vers la description des figures que prend la matière de leur mise en oeuvre. Descartes en changeant la face de l'antique science des grandeurs, et en en extrayant une nouvelle qui devait aboutir à la "Géométrie analytique" établit, semble-t-il, pour ces constructeurs que sont Durand et ses confrères une impossibilité d'approcher les figures. N'avait-il pas établi une corrélation générale entre la géométrie des anciens, qui considérait les figures, et l'algèbre qui traitait des signes de telle sorte qu'à considérer ces figures, en tous les cas on pouvait substituer des systèmes de signes qui les représentent?

On comprend la suspicion de ces géomètres-constructeurs envers la toute nouvelle "mathésis", n'avaient ils pas affaire, avant toutes équations à de la matière qu'elle soit "dure ou tendre", que ce soit de la pierre ou du bois, et qui surtout formait des figures pour faire oeuvre. Cette matière, dont ils disposaient et qu'ils devaient travailler, possédait une épaisseur et une consistance propres, des différences reconnues dans la peine ressentie à la couper, tailler, frapper, etc ...; nous sommes loin là de l'axiome cartésien qui ne reconnaît "qu'une seule et même matière en tout l'univers".

Plus encore, le tracé (la coupe) ou la figure que prend la matière ne concourt qu'à la stabilité de l'oeuvre, la figure représente l'élément stable par excellence sur lequel s'établit cette géométrie de la construction. Tracé et figure sont des éléments bien distincts du système de l'"art du trait". Le tracé est à proprement parler le trait de coupe défini dans sa dimension, sa direction; c'est l'étendue même de la coupe. La figure s'attache elle, plus spécialement à la forme de la matière mise en oeuvre; matière qui est prédéfinie par les tracés mais ne peut faire oeuvre que dans la figure finale qu'elle prend. La figure sera donc l'élément qui permettra de classer, de produire un ordre dans cet art; ordre qui ne se produit pas entre les différentes figures de voûtes par exemple mais dans l'ordre du tracé de la figure elle même : "Tracer une voûte, est trouver sur une superficie plane donnée, toutes les mesures que chaque voussoir doit avoir conformément à la place où il doit être posé" (1). Le tracé correspond à la définition dans le plan des dimensions d'une pièce par rapport aux autres qui lui sont proches. Ce tracé étant lui-même le résultat de l'application des instruments du traceur. La figure ainsi obtenue est le produit complexe du niveau et du fil à plomb, du compas et de l'équerre, ou de la sauterelle (équerre à branches mobiles) ou du biveau (compas à branches courbes), seuls instruments nécessaires au traceur. Tous représentent les moyens qui

(1) Derand, p. 15.

définissent les dimensions de la figure (1). Cette dimension ne concède en rien à l'unité et à la mesure telle que la géométrie à former notre expérience actuelle de la dimension aidée en cela du rationalisme cartésien. Ce qui rendra raison de la figure en dimension dans sa grandeur, c'est l'instrument. Le compas peut rendre la dimension d'une droite sans avoir recours à l'unité de la mesure, la sauterelle celle d'un angle, le niveau

(1) Par ses "Règles", Descartes proposait dans sa fameuse "mathésis" une définition universelle de la mesure qui échappent aux géomètres-construc-teurs de son temps. "J'ai découvert que toutes les sciences qui ont pour but la recherche de l'ordre et de la mesure se rapportent aux mathématiques; qu'il importe peu que ce soit dans les nombres, les figures, les astres, le son ou tout autre objet qu'on cherche cette mesure; qu'ainsi il doit y avoir une science générale qui explique tout ce qu'on peut trouver sur l'ordre et la mesure, prise indépendamment de toute application à une matière spéciale". C'est ainsi qu'il en vient à définir la dimension : "Par dimension nous n'entendons rien autre chose que le mode et le rapport sous lequel un sujet quelconque est jugé mesurable"... Cette géométrie sans instrument devra avoir recours pour parfaire son jugement de mesure à un autre outil qui va être l'unité de mesure des qualités de la dimension. "Au moyen d'une unité d'emprunt les grandeurs continues peuvent être ramenées à la pluralité ..." (Règ. XIV)
Cette question est abordée par S. Moscovici, op. Cit., p. 298-308.

ou le fil à plomb la direction de cette droite. La figure se trouve en pure analogie avec l'instrument qui forme ses propres règles grammaticales.

Cette logique de l'instrument ne saurait être comprise sans noter que l'art du trait est un travail en vraie grandeur, un tracé en vraie grandeur. D'où certainement les difficultés d'un Philibert de l'Orme à rationaliser une telle pratique qui présente son véritable domaine et son champ d'exercice, comme il le note, dans un travail in situ. Ces successeurs en cumulant et réduisant une série de tracés dans la notion de figure, concèdent certes à la géométrie classique et doivent introduire un rapport de réduction, une échelle mais cette échelle reste attachée exclusivement à la figure comme assemblage des pièces du tracé. Le tracé est et reste vraie grandeur, une mesure de l'oeuvre.

Paradoxalement, alors que la géométrie est en train de considérer et réduire la pesanteur à une des dimensions des corps, l'art du trait" s'en remettant à l'expérience des constructions et des pratiques la tient pour nul dans ses considérations et ses déductions sur les figures. Certes, cette expérience confrontait quotidiennement sur le chantier les artisans aux fardeaux et poids que sont les matériaux et leur mise en oeuvre, de plus on n'ignorait pas que cette pesanteur pouvaient déformer sous son effet les constructions jusqu'à leur ruine. Néanmoins elle n'entre pas comme facteur dans la spéculation sur cet art. A la question des efforts que subissent les constructions et qu'elles produisent sur leurs parties répond la bonne répartition des figures de la matière qui les constituent. Le problème de la poussée d'une voûte se déduira sans plus de démonstration de

la figure de celle-ci. C'est encore cette figure qui donnera l'épaisseur des murs qui la portent. A l'universalité de la poussée, répond la trace d'une figure elle aussi universelle.

Durant le XVII^{ème} siècle et les premières années du XVIII^{ème} siècle les ingénieurs civils et militaires seront également transportés par ce mouvement de recherche des figures de la matière. Longtemps aussi la poussée d'une voûte dans leurs écrits se réduira à cette reproduction des figures de la matière dans une exécution. Elle se doublera, il est vrai, d'une curiosité toute particulière pour les engins mécaniques de levage des corps solides et des fluides dans la pure tradition des maîtres d'engins où l'ingénieur avait acquis son prestige. La mécanique dont il s'occupe est une mécanique de la mise en mouvement de la matière, et non comme l'orientation s'en dessine au XVIII^{ème} siècle une mécanique des mouvements de la matière, une mécanique repliée sur les formes matérielles, sur cette inertie que représente un corps. Différence infime mais qui peut avoir remodelé définitivement le champ du savoir constructif.

Mais il faut surtout insister sur le fait que cette transformation du savoir constructif n'aurait pu s'établir sans modification profonde du champ de la représentation graphique des figures de l'architecture. Une longue histoire, à la suite des Raphaël, Alberti et de la redécouverte de Vitruve qui se disputent les modes de représentation attachées à l'architecture, et qui ne trouvera de conclusion que dans l'académisme classicisant du début du XVIII^{ème} siècle. Un personnage vient clore le débat et proposer enfin, dans un moment où déjà pointent d'autres possibilités, un système du trait

et de la figure : il s'agit d'Amédée François Frézier qui en 1738 propose un "Traité de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voûtes et autres parties des bâtiments civils et militaires à l'usage de l'architecture" dans lequel il se propose une réarticulation complète de cet art. Il se fixe au départ ... "pour point de vue la figure qu'on se propose de faire, telle qu'elle doit être lorsque la voûte est achevée, ce qu'il fallait en quelque façon deviner dans le livre de P. Derand, à quoi M. de la Rue, qui a senti ce défaut a tâché de remédier par quelques dessins en perspective, qui aident beaucoup l'imagination, mais parce qu'on ne peut exprimer qu'à plusieurs reprises toutes les faces d'un solide sur un plan, il reste encore beaucoup à suppléer à ces sortes de représentation"(1). Le tracé va perdre sa particularité par rapport à la figure. Si la figure était le mode d'appréhension de la totalité de l'oeuvre construite elle ne va pas reléguer cette prérogative mais la renforcer en s'étendant par les parties qui la composent à la particularité du tracé qui ne pouvait s'acclimater à la réduction de la représentation de la figure. La nouvelle stéréotomie essaie de réduire l'écart entre le corps construit et le corps figuré par l'intermédiaire d'un troisième, le corps géométrique.

Il fallait lever l'ambiguïté du tracé et de la figure, mais aussi l'autorité de l'instrument dans le discours. Ce à quoi va s'attacher Frézier, en dégageant un domaine à sa stéréotomie.

(1) Frézier, Livre I, p. 2.-

En publiant son traité d'architecture, qui contient le premier exposé de stéréotomie connu, Philibert De l'Orme met en garde le lecteur des pièges de la représentation ... "tous les jours se voient plusieurs donneurs de portraits et faiseurs de dessins dont la plupart n'en saurait bien tracer ou décrire aucun, si ce n'est par l'aide et moyen des peintres qui les savent plutôt bien farder, laver, ombrager et colorer que bien faire et ordonner avec toutes leurs mesures" (1).

Du marbre, de l'aire de traçage à la démonstration sur papier, de l'Orme recherchera et s'astiera à donner le tracé directement exploitable sur le chantier. La démonstration peut paraître sans portée générale mais satisfaisait sans aucun doute aux besoins du traceur, de l'appareilleur qui se doit de connaître "en vraie grandeur" la forme des faces en contact et leurs angles. Tout cela se joue dans le plan, sur le marbre. Un indescriptible fouillis de traits, dû à la méthode des reports au compas et à la règle sur ce même plan. A cet égard il est bon de se rapporter au tracé de la célèbre "trompe d'Anet" pour s'en rendre compte.

Ses successeurs semblent conscients de cette complexité et ressentent le besoin d'introduire plus qu'une "géométrie théorique", une méthode à caractère d'universalité qui doit se rendre dans la clarté du concept et la vérification du tracé (sa justesse). C'est pourquoi, Abraham Bosse rapportant

(1) Philibert de l'Orme: De l'architecture, Tome I, chap. X.

Desargues, ... "au lieu de dire plan d'une ville, d'une maison, d'une porte dit l'assiette d'une ville, d'une maison, d'une porte, ... c'est qu'il y aurait confusion avec le plan de la géométrie théorique" (1). Ce besoin d'universalité conduit à l'introduction de tracés superflus dans la démonstration pour une vérification de l'exactitude dans une géométrie plane.

La nouveauté du traité de Frézier tient à la méthode ou pour le moins à une approche différente. C'est l'abandon de la géométrie plane et de ses reports en projection horizontale au profit de l'emploi des projections horizontales et verticales. Il donnait d'un coup, une simplification à la méthode des "cherches rallongées", projections elliptiques sur le plan (tracé des voûtes, croupes, escaliers..)

L'idée d'une correspondance, absente chez Philibert de l'Orme entre projections horizontale et verticale trouve ici sa véritable expression dans l'attente d'une géométrie à trois dimensions (2).

(1) Bosse A. - La pratique du trait à preuves par Monsieur Desargues Lyonnais pour la coupe des pierres en l'architecture, Paris 1643, p. 7

(2) Il faudra attendre la fin du XVIIIème siècle pour voir se développer cette géométrie à trois dimensions avec Monge, bien sûr, la publication de sa géométrie-descriptive en 1795. N'oublions pas, l'Essai sur la géométrie à 3 dimensions de Lacroix publiée la même année.

Plus encore peut-être que l'institution de ce nouveau domaine, se créait là pour la première fois dans l'histoire une dichotomie entre deux types de travaux : le "travail in situ", sur le chantier proprement dit, et le "travail de cabinet", qui de travail intellectuel va constituer bon an, mal an en travail théorique autonome, le discours constructif.

2 - La mécanique des formes

En se démarquant de l'"art du trait", le discours constructif va signifier une nouvelle étape de sa réorganisation.

Et plus particulièrement l'Académie Royale des sciences va trouver en son sein le lieu d'élaboration d'un point de vue nouveau quant à la constitution d'une théorie à partir de l'objet-voûte. Sous l'impulsion du mathématicien La Hire qui vient de faire paraître en 1695, un "Traité de mécanique" où il propose une interprétation "dynamique" de la voûte, les savants de cette assemblée vont renouveler l'interrogation sur la théorie des voûtes d'un tout autre domaine. Des années 1704, où dans les Mémoires de l'Académie sont relatés les travaux de La Hire, aux années 1774 où l'Abbé Bossut soutient dans une intervention à cette même Académie l'hypothèse développée par Soufflot pour la construction de l'Eglise Ste-Geneviève (Le Panthéon), la figure de la voûte semble offrir une nature nouvelle aux spéculations.

Pour nous en convaincre, nous donnerons les titres de ces deux mémoires qui signifie, le déplacement opéré, le premier : "Sur la poussée des voûtes"; le second (lu à une séance de l'Académie en 1770):

"Recherches sur l'équilibre des voûtes". Ce mouvement qui déplace l'analyse des figures, de la "poussée" à "l'équilibre" peut sembler mineur quant à ses implications dans la théorie constructive en général, mais en fait il s'agit d'un processus de requalification de celle-ci qu'il nous faut ressaisir dans sa genèse.

- le phénomène de la poussée :

Si l'on n'ignorait pas avant cette époque que l'exécution des formes impliquait la mise en oeuvre de corps pesants et que les corps qui composaient la voûte tendaient à renverser les supports (ou culées) ce phénomène était observé comme un cas de figure de la construction, et en représentait le plus défavorable.

La recherche visait avant tout la reproduction des formes dans une exécution par la mise en oeuvre de matière telle qu'elle pouvait encore être entendue dans "l'art du trait". Cet art consistait à décrire les formes, les reproduire géométriquement afin de découper la matière en éléments en vue d'une exécution. Ces mêmes formes n'étaient pas le fruit du hasard, mais relevaient de modèles qu'il convenait de reproduire. Imitation qu'il fallait rechercher tant dans les différents types de voûtes que dans leur mise en oeuvre. Certaines voûtes (et notamment les cintres) ayant servi à leur construction portaient les noms des plus célèbres architectes (Michel-Ange, Palladio, et bien d'autres).

En 1695, le "Traité de Mécanique" de La Hire (1) vient rompre avec cet état de fait et renouvelle l'interrogation sur l'architecture des voûtes. En observant la voûte La Hire va concentrer l'objet de l'étude sur l'action des corps pesants entrant dans sa composition. Ces corps en forme de coin ou voussoirs, "s'appuient et se soutiennent les uns les autres et résistent à l'effort de leur pesanteur qui les porteraient à tomber ..." (2). "... il n'y a qu'à faire réflexion que tous les voussoirs hormis le dernier ne pourraient laisser tomber un autre voussoir quelconque sans s'élever, qu'ils résistent à cette élévation jusqu'à un certain point déterminé par la grandeur de leur poids, et par la partie qu'ils en exercent ..." (3).

En négligeant l'engrènement que produit le liant entre les voussoirs, il pouvait ainsi considérer que tous les voussoirs tendent à écarter le piédroit qui soutient la voûte, car tous ces voussoirs agissent comme des coins contre le piédroit. La force ainsi isolée sera la poussée d'une voûte. Il faut noter que le seul outil théorique dont on disposait à l'époque pour traiter ce problème était le levier, mais il permit toutefois de déduire la mesure de cette poussée, et non de proposer un autre système de dimensionnement.

(1) Remarquons ici que ce mathématicien fut chargé par Louis XIV, avec Vauban, de la construction de l'aqueduc de Maintenon, aqueduc qui devait transporter les eaux de l'Eure à Versailles.

(2) Histoire de l'Académie Royale des Sciences, année 1704, p. 93

(3) Ibid, p. 94

Cette reformulation de la voûte par la poussée ne remet donc pas encore en cause les principes sur lesquels reposaient le construit de manière générale, mais néanmoins un déplacement est opéré qui décèle une consistance nouvelle à la matière.

"Il faut développer des efforts cachés, reconnaître les lignes selon lesquelles se font, non des actions mais de simples tendances à agir, et découvrir par raisonnement des leviers qui sont nullement sensibles aux yeux" (1).

La matière ne se réduit plus seulement à des formes ou à des éléments décrits dans deux ou trois dimensions, ce qui la détermine fait partie maintenant d'un monde caché qu'il convient de mettre à jour. En développant cette suspicion sur tous les éléments entrant dans la construction d'une voûte, les mémoires et études vont se succéder au sein de l'Académie des Sciences; seule ne sera pas remise en cause dans un premier temps la forme qui est donnée à une voûte. On essayera, par exemple, de déduire la figure de l'extrados d'une voûte, son intrados étant donné (Parent - 1704); de déterminer l'épaisseur des piédroits (La Hire - 1712), de déterminer la force des cintres pour l'exécution des grandes voûtes (Pitot - 1726) ...

Dans l'année 1729, Couplet reprendra complètement la démonstration de La Hire sur la poussée d'une voûte dans l'hypothèse avancée par celui-ci (les voussoirs étant polis et glissant les uns sur les

(1) Histoire de l'Académie des Sciences, année 1712, La Hire, sur la construction des voûtes dans les édifices, p. 74.

autres), puis dans un second mémoire, publié l'année suivante, dans lequel les voussoirs sont considérés comme "grenus et assez liés ensemble, ou assez adhérents, pour ne point glisser les uns contre les autres", en ne prétendant pas par là qu'ils formaient tous ensemble une seule pièce. Cette reformulation de l'hypothèse va dissoudre complètement l'état "naturel" de la matière. Si l'écart était difficile à établir entre matière et forme, la transparence, qui se fait jour dans la matière (dans ce que la Hire appelle des "tendances à agir") va tendre de plus en plus à une définition des formes à partir des propriétés de la matière. La matière comme cause de la forme, et non plus la forme s'engendrant à partir d'autres formes comme dans l'art du trait. Les travaux de Couplet feront basculer la recherche sur l'équilibre des voûtes dans un nouveau phénomène qui semble faire son entrée dans le savoir constructif, l'instabilité; non seulement comme accident trop souvent répété sur la question d'un franchissement d'un espace, mais comme objet d'observation puisqu'il indique les limites de l'équilibre et en négatif permet d'en dresser les propres règles; l'instabilité peut être objet de connaissance.

- Le principe d'équilibre

Le renouvellement de l'interrogation sur l'équilibre des voûtes par Couplet, annihile définitivement l'hypothèse précédente qui n'arrivait au contrôle de la poussée que par une augmentation progressive des charges des voussoirs depuis la clef jusqu'à la naissance de la voûte en exigeant une pesanteur infinie, en théorie, du dernier voussoir, s'opposant ainsi au glissement.

Contrairement à ses prescriptions, Couplet en arrive à une réduction considérable de l'épaisseur des voûtes et de leurs piédroits

"Une voûte peu épaisse en paraîtra plus hardie, et pourra faire plus d'honneur à l'Architecte; cependant M. Couplet avertit que ce n'est pas là une gloire dont il faille trop se piquer. Quand une voûte est mince, les efforts des voussoirs agissent trop près de sa surface extérieure, où ils ont nécessairement leur point d'appui, ils tendent à écraser les arêtes des voussoirs, et les écrasent à la fin, d'où s'ensuit la ruine de la voûte, du moins en partie. Ainsi par rapport à cet inconvénient, et pour éloigner de la surface extérieure les appuis des efforts, et les mettre en lieu de sûreté, il faut une plus grande épaisseur de la voûte que celle que demandait précisément l'équilibre, et M. Couplet va jusqu'à la tripler"(1)

Les applications de la théorie développée si elles promettent en résultats fructueux, laissent entrevoir une tâche d'ombre considérable. La réduction de la naturalité de la matière à un champ de forces, dont on peut contrôler les effets, en dresser des schémas, décomposer des objectifs différenciés, établir dans le dessin des forces, des coordinations optimales (2), laisse béant l'écart entre la matière et la forme, qui comme nous le verrons, sera affaire "d'expérience".

(1) Histoire de l'Académie Royale des Sciences, année 1730, p. 110.

(2) Couplet se proposait de savoir "... comment on peut diriger vers un point donné de la base du piédroit l'effort total résultant des efforts particuliers ..." Ibid. p. 110.

Auparavant la nature de la matière correspondait à la faculté que celle-ci possédait de se réduire à la forme constructive : un "agrégat savant" (puisqu'il possédait un art propre, art entendu ici dans son sens traditionnel) qui concourait à la mise en forme. Peut-être pourrait-on spécifier la transformation que subit l'élaboration de la forme construite, sur l'exemple de la voûte, en opposant à cette naturalité matérielle de la forme quelque chose comme la matérialité des formes pour exprimer le mouvement qui tend à décomposer la réalité de la forme construite en éléments (abstrait) qui jouent les uns envers les autres. Ce processus et l'irréductibilité de la matière et de la forme conduiront à privilégier et à déterminer un système autour du problème de l'équilibre d'une voûte, comme raison et finalité de sa construction.

L'examen du phénomène de la poussée d'une voûte a donc amené à considérer l'ensemble forme et matière comme un processus complexe où l'une et l'autre, non réductibles pouvaient néanmoins être appréhendables sous l'effet d'un système où la matière ne se ramène plus uniquement à sa forme. Or, ce système s'il permet d'isoler des facteurs comme la poussée ou les forces qui agissent entre les éléments composant une voûte (voussoirs et piédroits), devra attendre la seconde moitié du XVIIIème siècle pour trouver sa définition autour de la notion d'équilibre.

"Une voûte est en équilibre lorsque sa forme et les forces qui agissent sur chacun de ses points sont tellement combinées que la voûte ne changerait pas de forme même en la supposant composée de

voussoirs infiniment petits et infiniment polis" (1).

Il semble ici que le phénomène de la poussée devienne un élément du problème que soulève la voûte, on n'oppose plus des masses à cette poussée; mais on cherche à établir une loi générale de l'équilibre par les forces qui limitent son existence et par la forme qui la définit. C'est ainsi que Bossut se propose deux problèmes :

"... la loi des forces étant donnée, trouver la forme qu'il faut donner à la courbe qui termine la voûte ? ou bien cette courbe étant donnée, trouver la loi que doivent suivre les forces appliquées à chaque point pour qu'il y ait équilibre" (2).

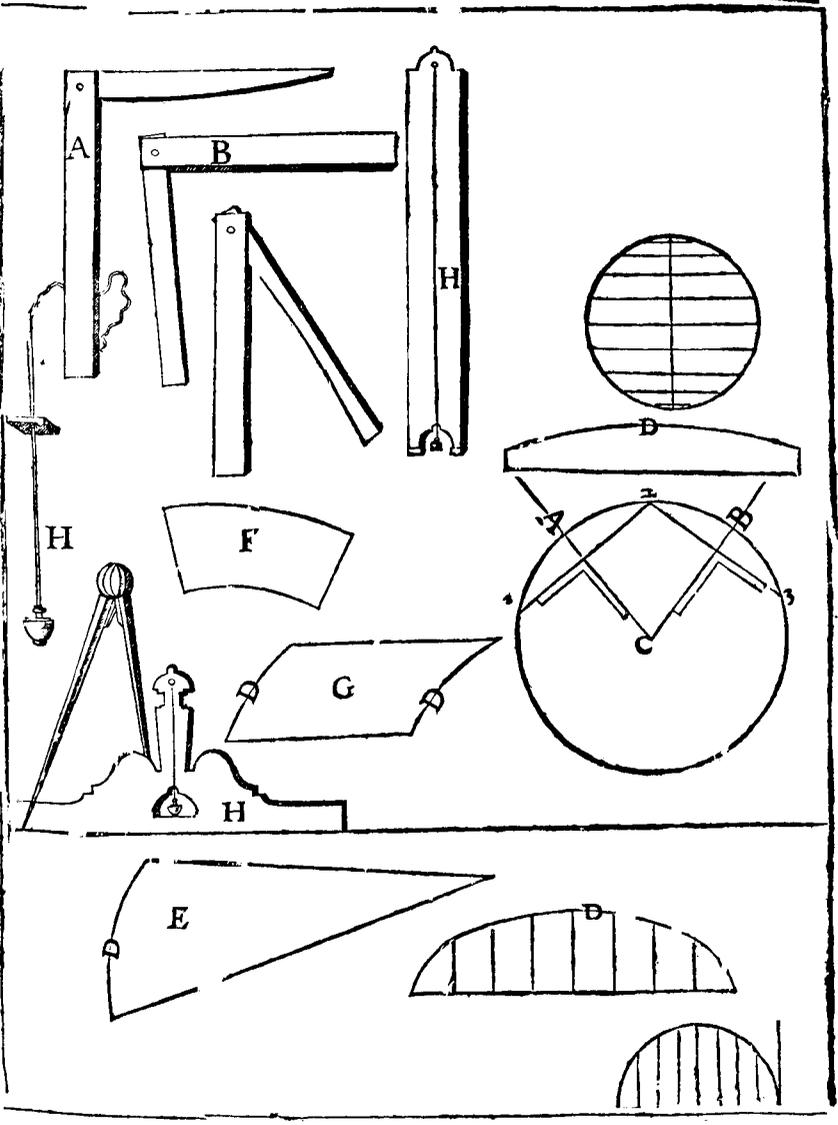
Cette loi s'établit entre l'édification et la destruction de l'objet. On notera également qu'une telle démarche permet non seulement de déterminer la loi des forces de l'équilibre mais aussi pour une part de définir une forme optimale et performante que la voûte doit décrire. Le fait primordial de cette interprétation, qui baigne encore le discours constructif aujourd'hui, consiste essentiellement dans le fait que les résolutions des problèmes seront recherchées à la limite de l'instabilité. Cette instabilité suspectée du construit va offrir à la spéculation théorique et expérimentale un lieu privilégié d'orientation de ses recherches et de ses débats.

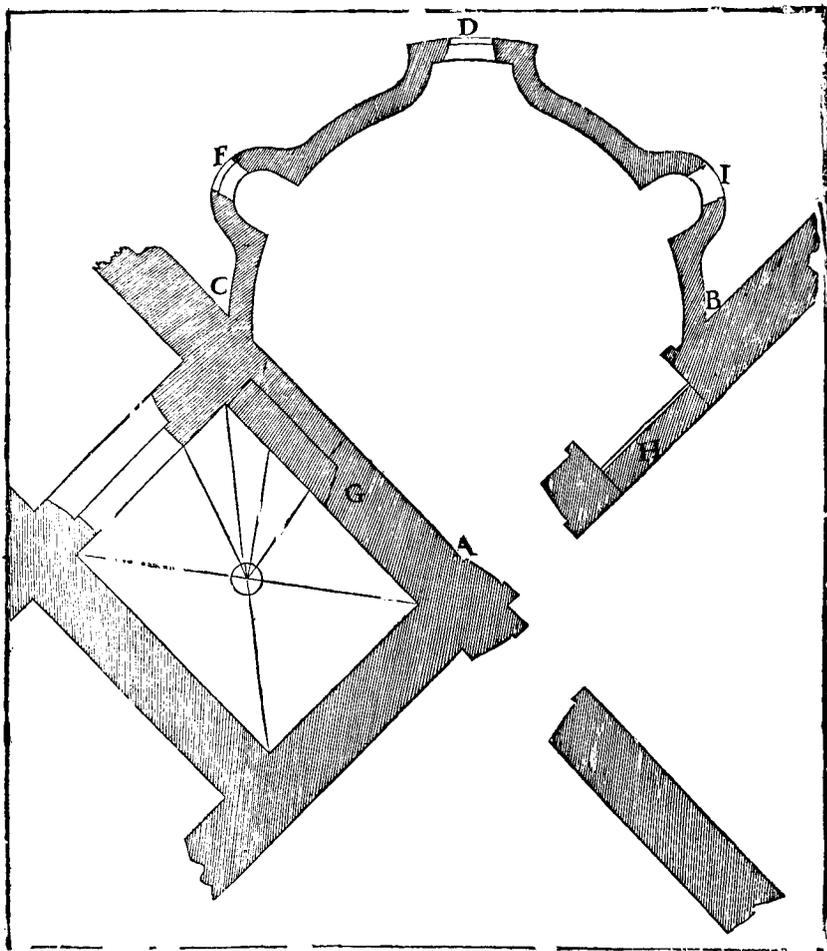
(1) Histoire de l'Académie Royale des Sciences, année 1774 p. 59, Abbé Bossut, Recherches sur l'équilibre des voûtes.

(2) Ibid, p. 60.

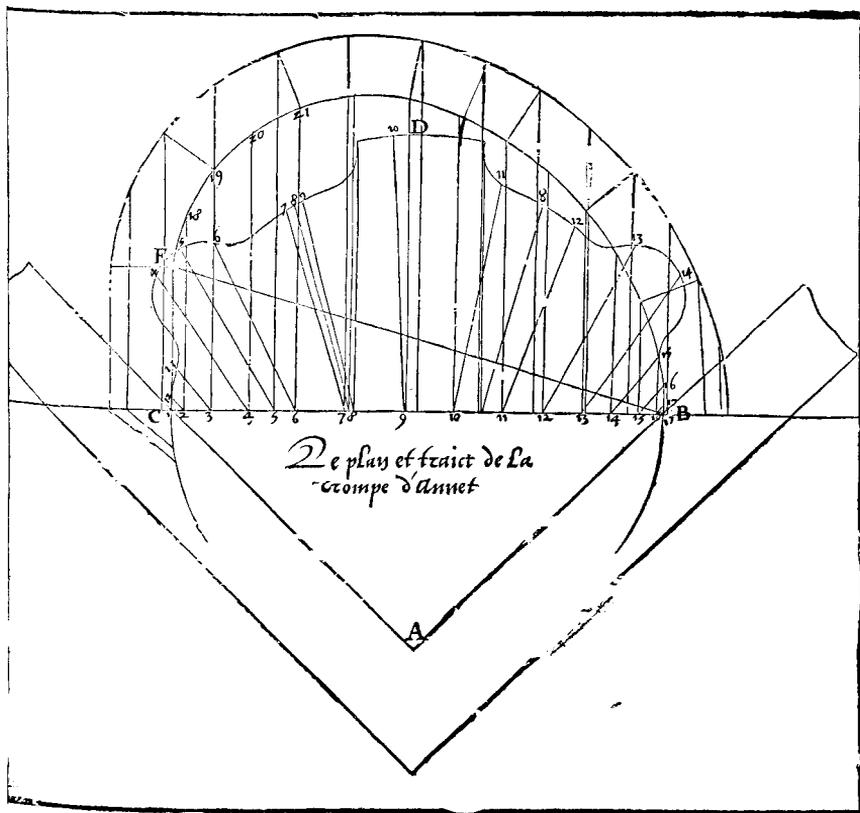
Ici s'ouvre un champ de pratiques et de "savoirs" nouveaux qui vont se trouver confrontés à l'architecture par des modalités qu'il nous restera encore à examiner.

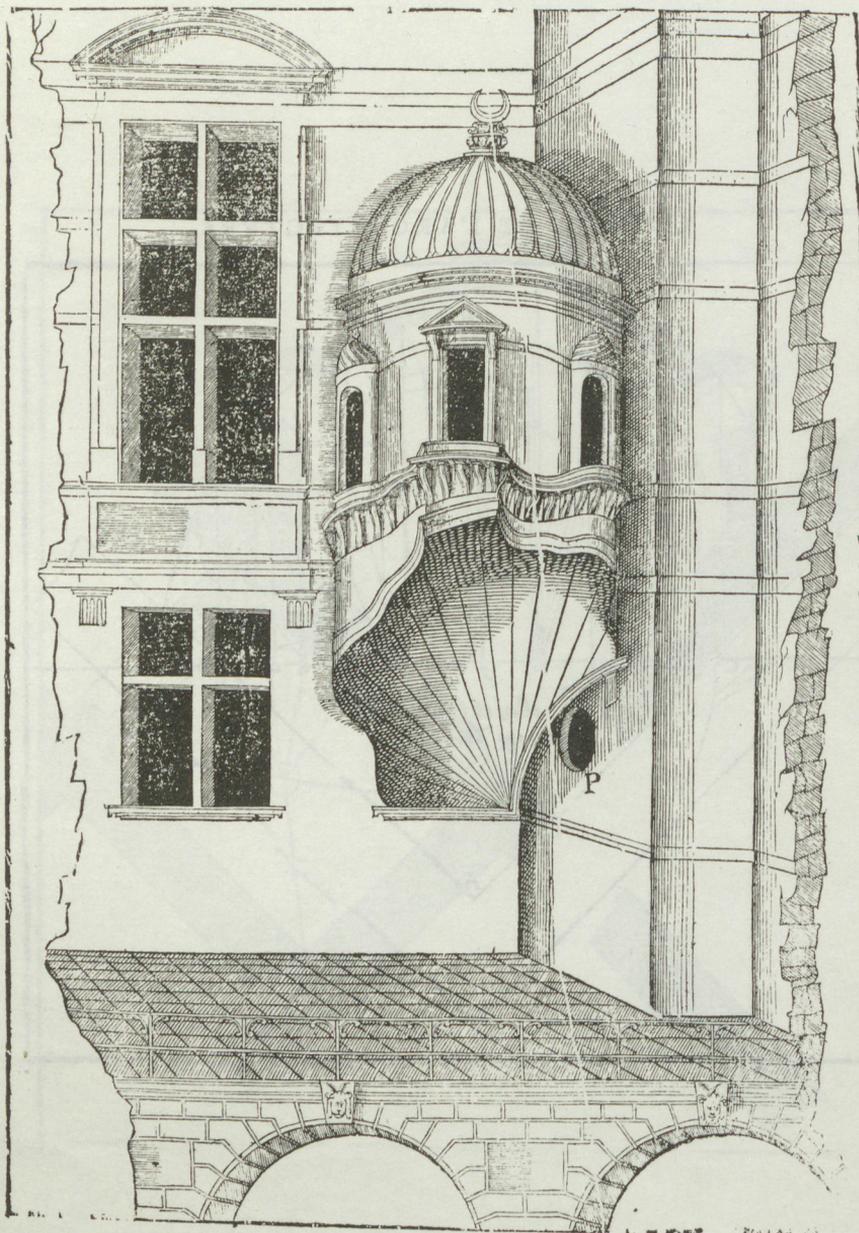
Planches 1 à 4 : Philibert de l'Orme, des instruments du traceur et de leur application, à la figure et au trait de la voûte de la trompe du château d'Anet.



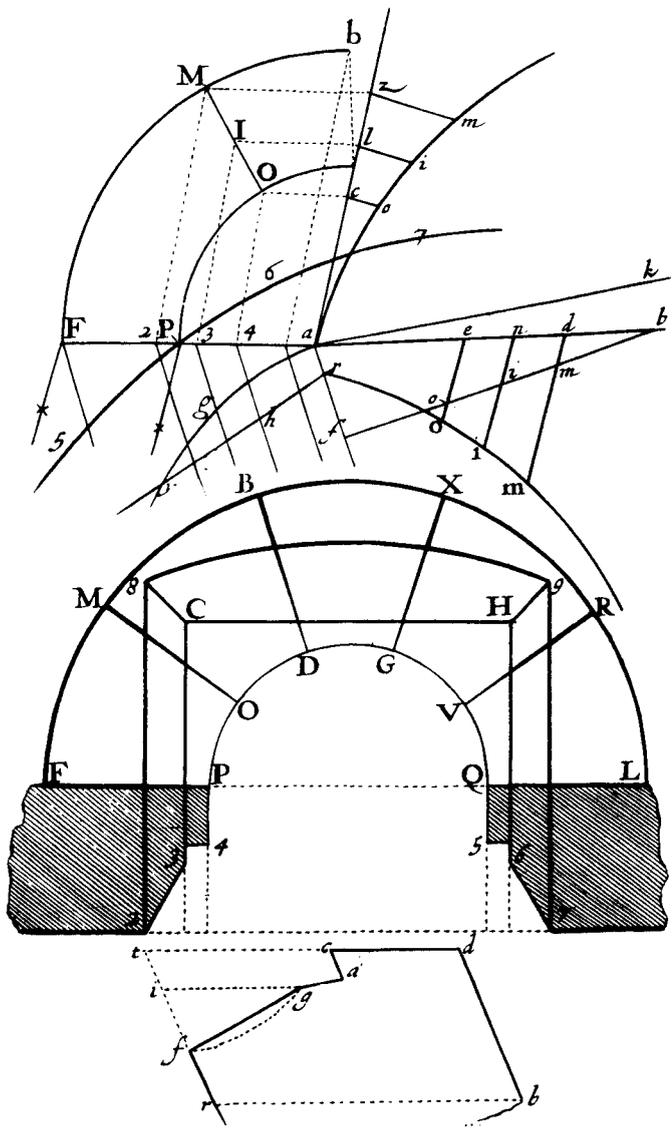


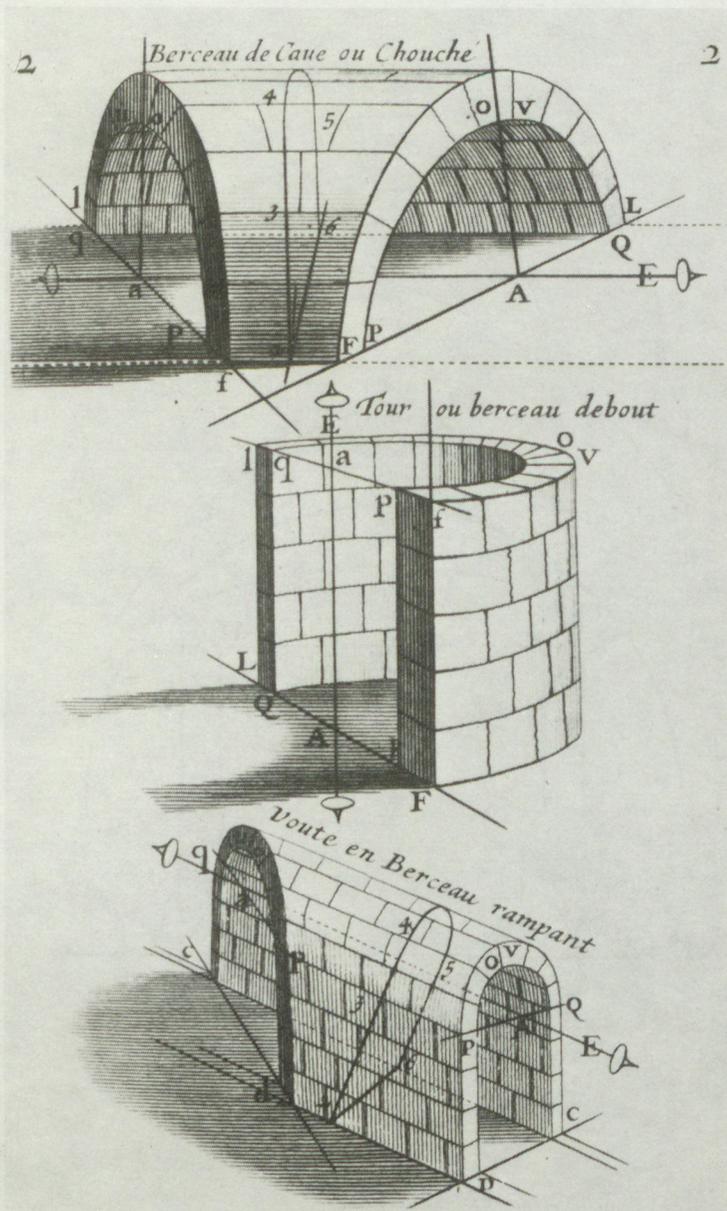
LIVRE IV. DE L'ARCHITECTURE





Planches 5 à 8 : Derand, le tracé et la typologie
des figures des voûtes.

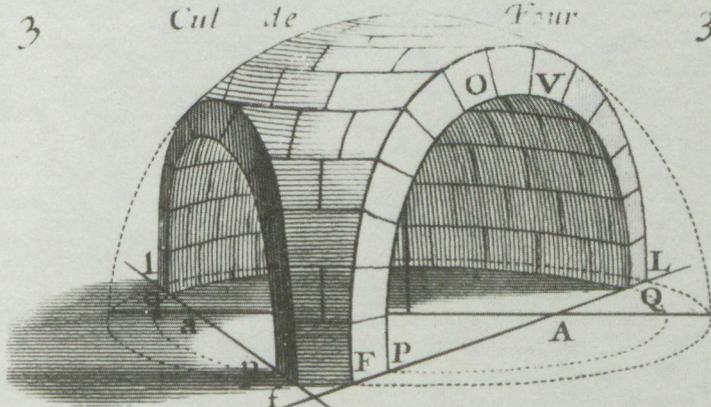




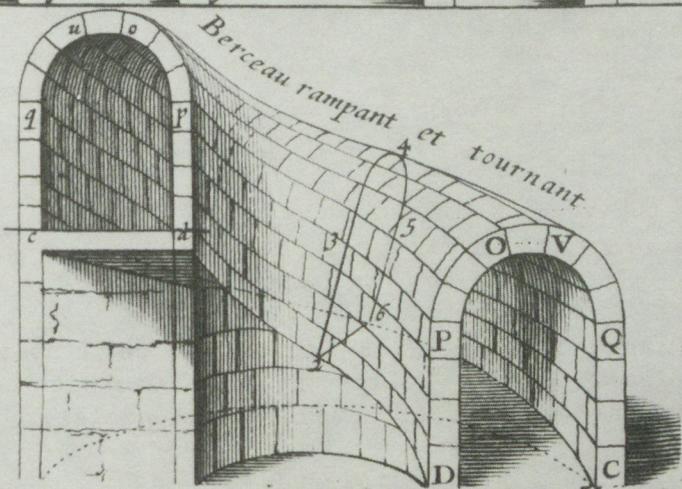
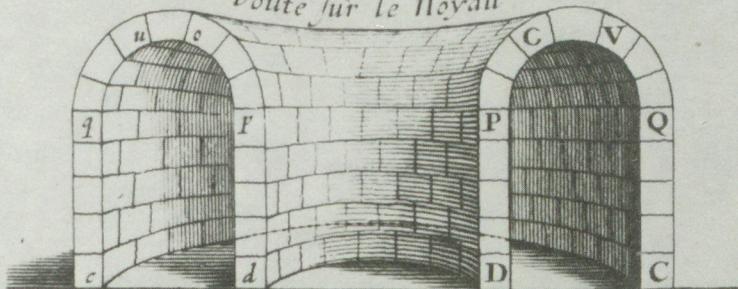
3

Cul de Four

3

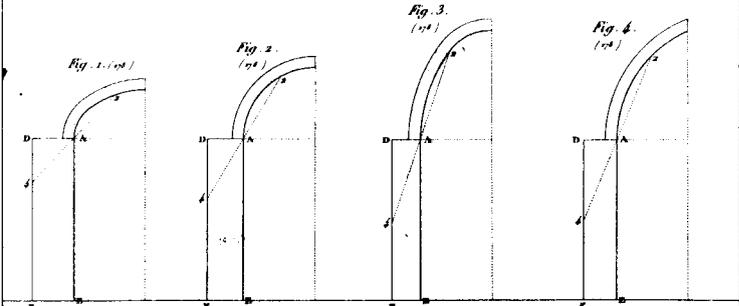


voute sur le Noyau

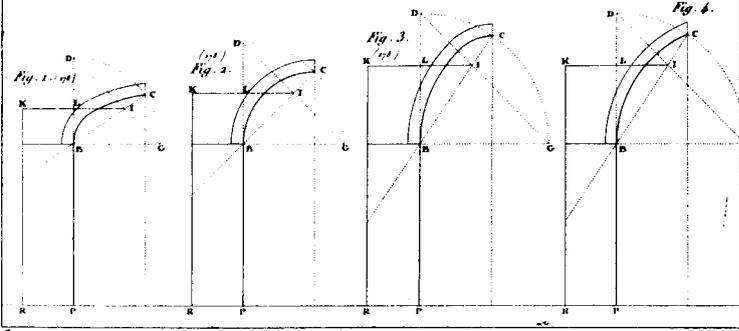


Planches 9 et 10 : Discussion de l'épaisseur des
piedroits des voûtes d'après Gauthier et Derand
(débat rapporté et comparé par Rondelet).

Figures pour la Méthode du Père Déran.



Figures pour la méthode de M^r Gauthier.

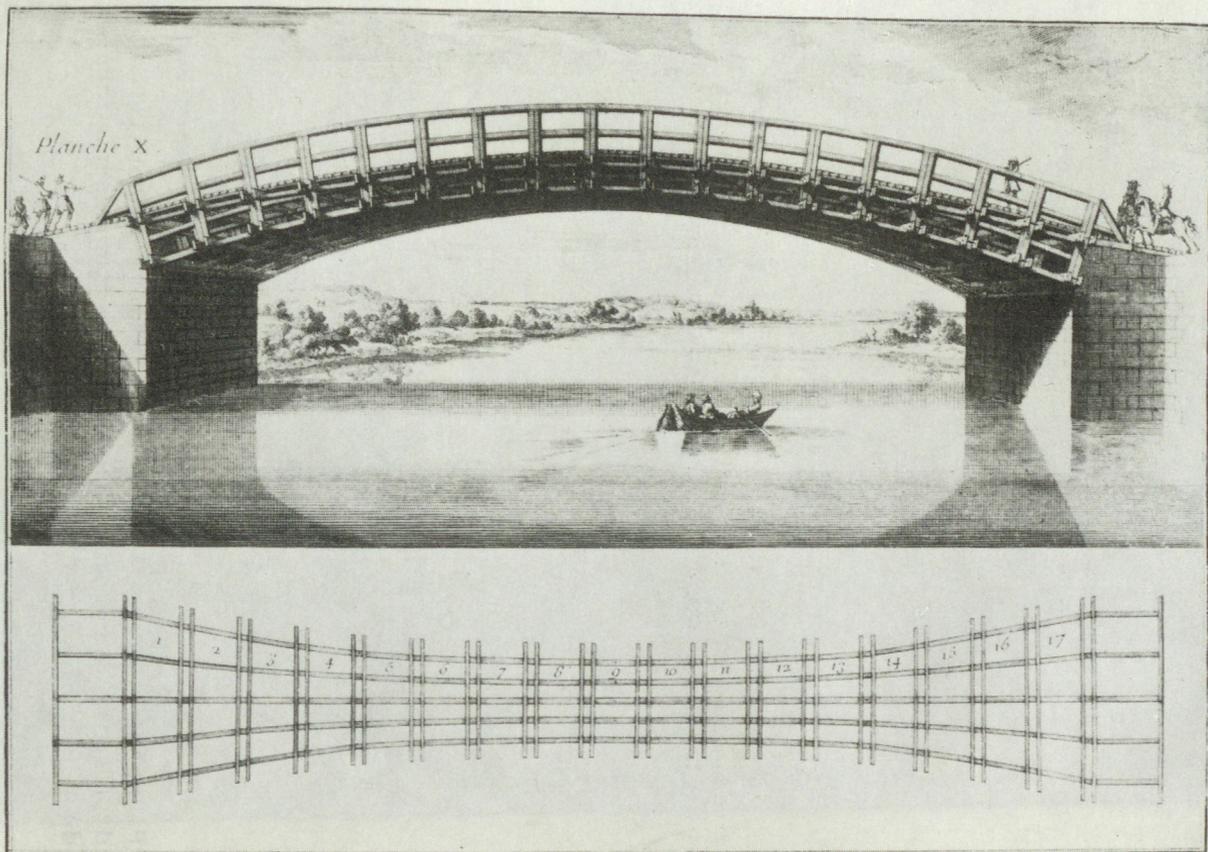


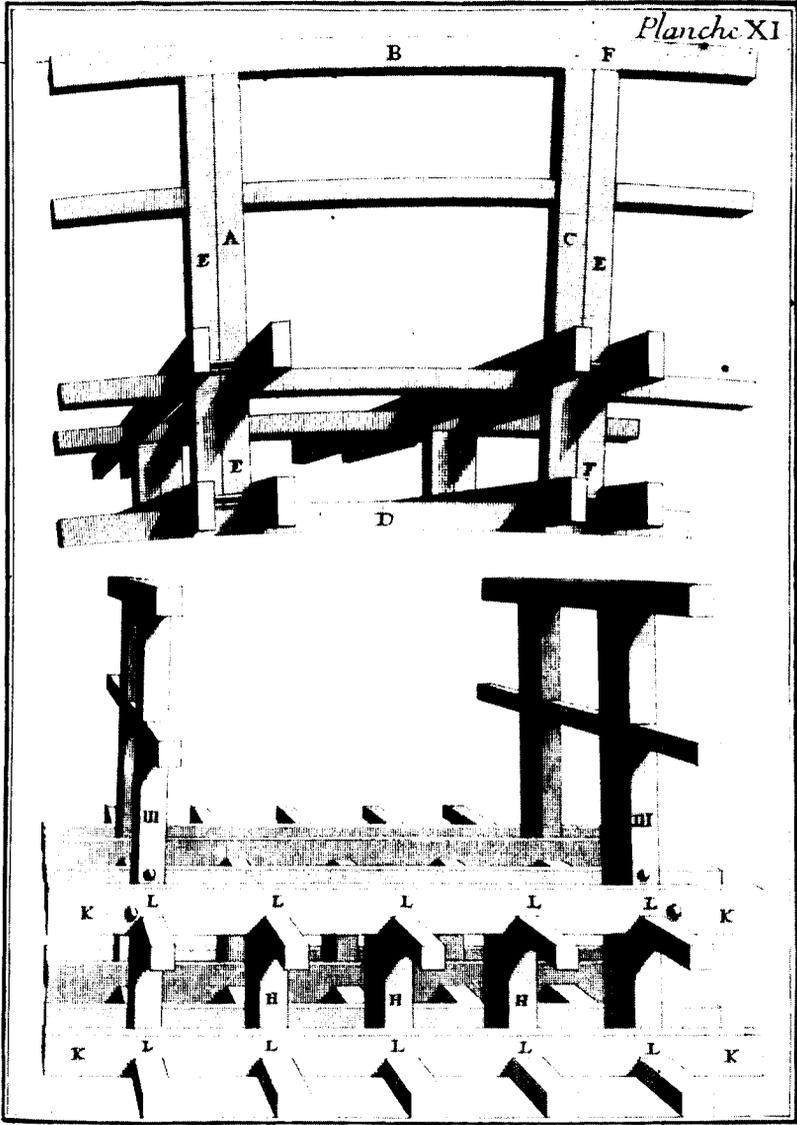
A. Handlet invent.

THÉORIE DES CONSTRUCTIONS.

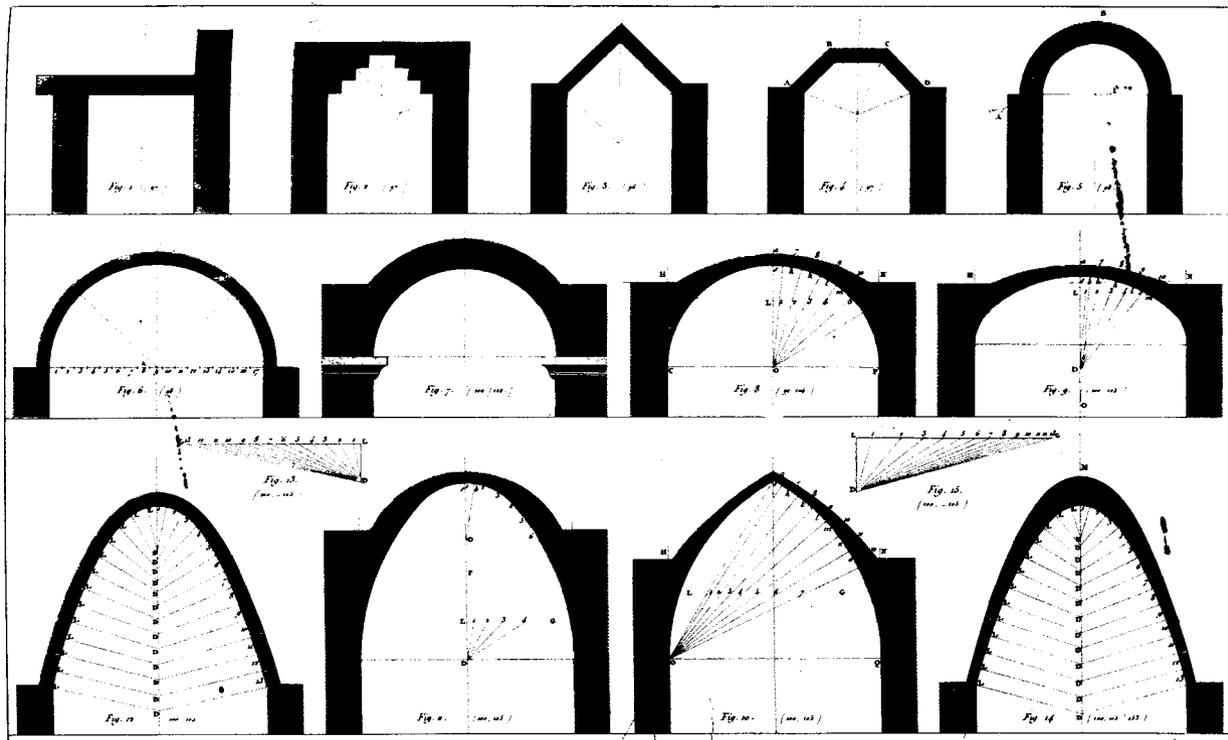
POUSSÉE DES VOUTES SIMPLES.

Planches 11 et 12 : Claude Penault - construction
d'un pont en bois (Recueil de plusieurs machines
de nouvelles inventions).





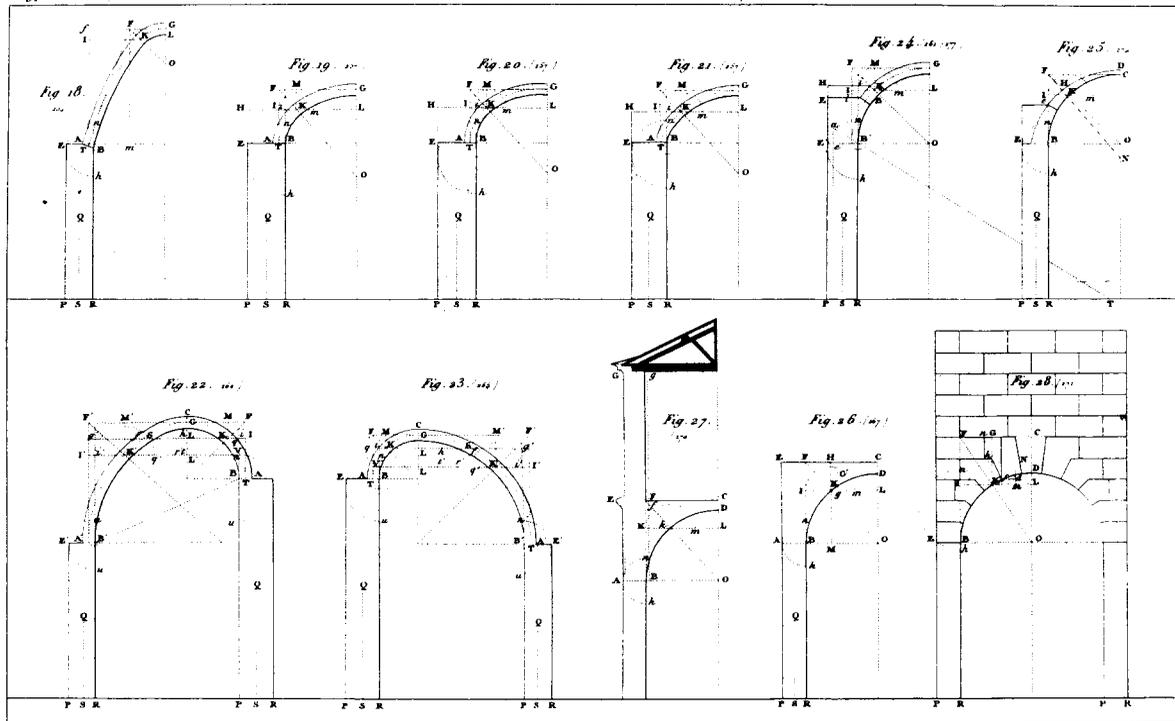
Planches 13 à 15 : La poussée des voûtes simples
selon Rondelet.

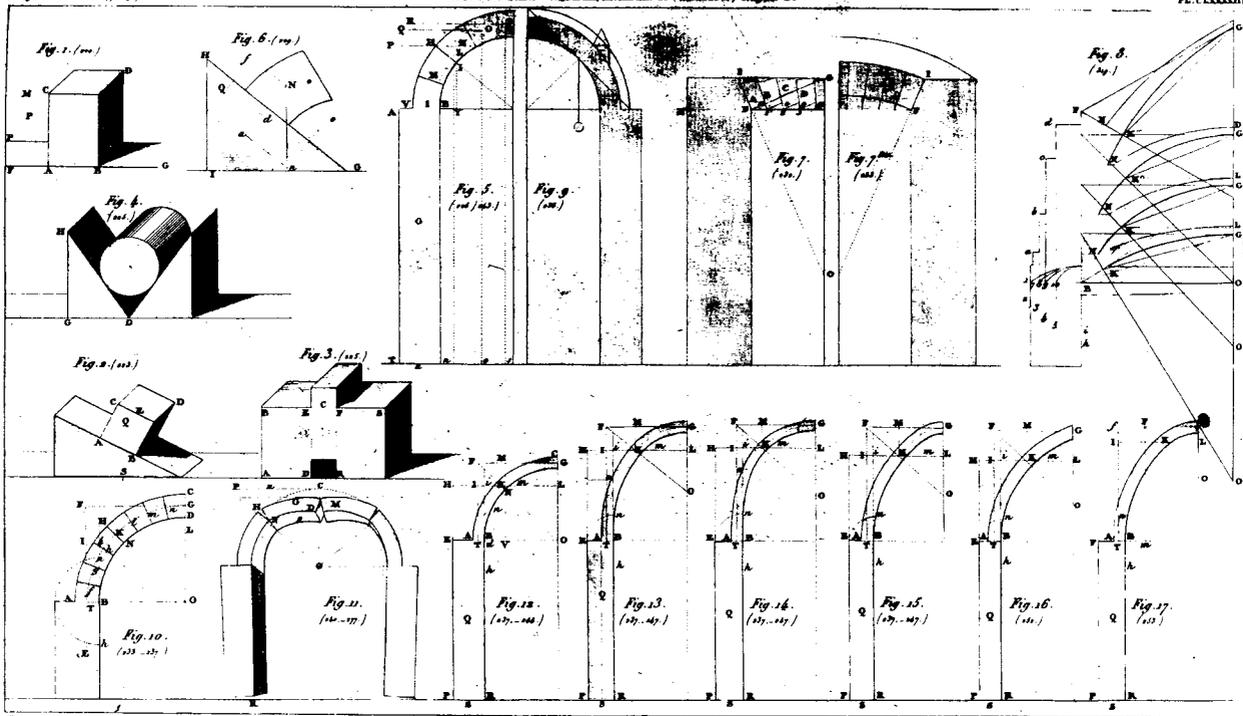


Designé par Bandelin

A. Bandelin
STÉREOTOMIE.
 Construction des Vûtes.

Designé par Bouché 1855.





A. Rendite dessin.
THÉORIE DES CONSTRUCTIONS.
Passée des Voutes simples.

Planches 16 à 17 : Fascination du modèle gothique
toujours chez Rondelet.



Fig. 2. (n)

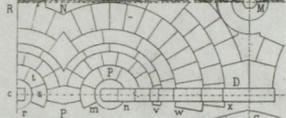


Fig. 3. (n)

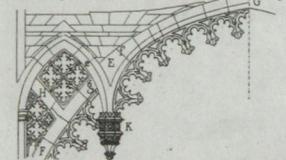


Fig. 4. (n)

Fig. 1. (n)

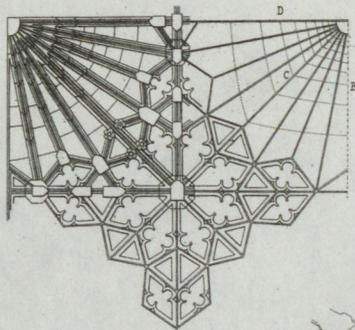


Fig. 5. (n)

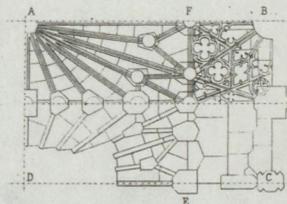


Fig. 6. (n)

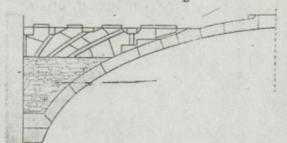
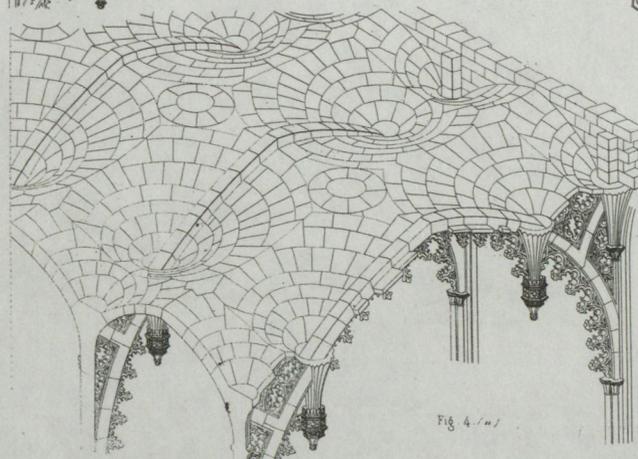
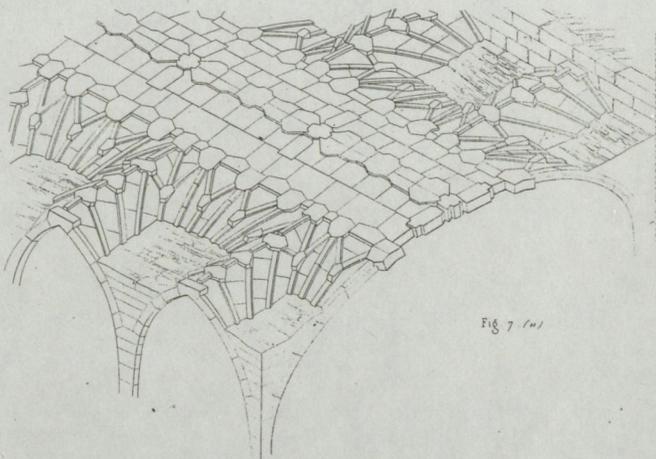


Fig. 7. (n)



STÉRÉOTOMIE.
Voûtes du Moyen-âge.

Pl. 9 (r. p. 2)

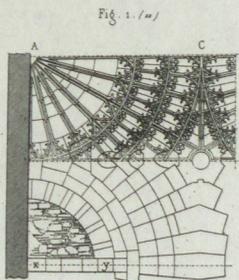


Fig. 1 (a)

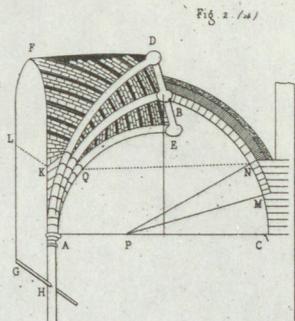


Fig. 2 (a)



Fig. 5 (a)

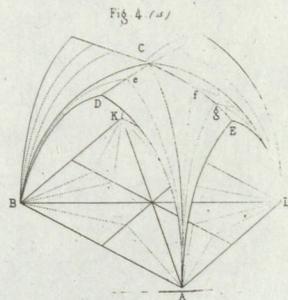


Fig. 4 (a)

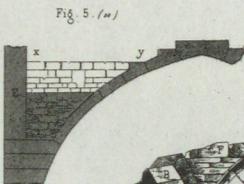


Fig. 5 (a)

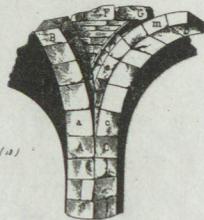


Fig. 6 (a)

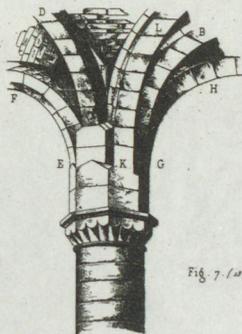


Fig. 7 (a)

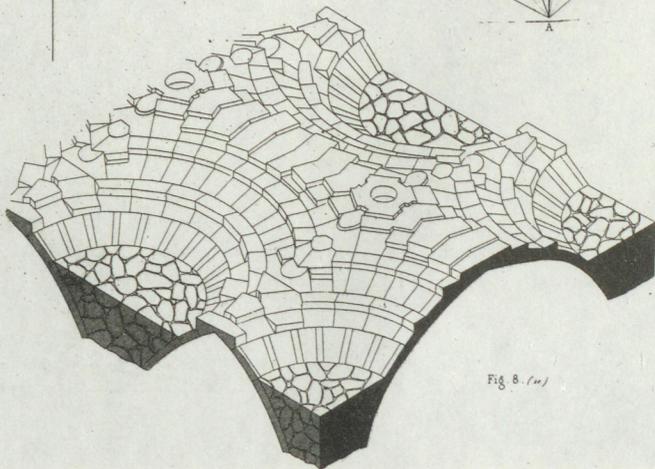


Fig. 8 (a)

LE GEOMETRE ET LE CONSTRUCTEUR

Pour que se réalise cette nouvelle expérience de la matière dans le champ d'exercice de l'architecture, il fallait en effet que se dénouent dans l'économie du projet certaines exigences de cet exercice; il fallait que se constitue un champ de l'exercice architectural entièrement ouvert afin que cette expérience et cette perception formées autour de la matière puissent se réaliser dans le projet; il fallait également que sa présence et son contenu soient assez permanents, on peut aussi bien dire universels pour pénétrer de sa géométrie implacable et conditionnelle cette économie en attente d'ouverture. IL y a eu, à n'en pas douter, convergence entre les exigences architecturales et celles d'une connaissance de la matière. C'est par le même mouvement et dans le même temps, qu'architectes, mathématiciens et ingénieurs travaillent à la constitution d'un nouvel espace de déploiement des formes et des forces de la matière à mettre en oeuvre dans le projet.

En s'insurgeant contre le formalisme de l'Académie Royale d'Architecture, ils viendront tous bientôt à partager cette maxime : la matière a ses raisons que les formes ignorent, où si elles ne l'ignorent

STÉROTYPE
ÉDITÉ PAR M. MATHIAS

pas, le savoir architectural est bien obscur à son égard. Pour porter au jour cette vérité, l'architecture ne manque pas d'arguments. Il en est un qui la traverse depuis la Renaissance, il s'agit des différences de deux "modèles" architecturaux qui sous la figure de la théorie de l'imitation font périodiquement l'objet d'un débat : l'"ordre gothique" et la "façon moderne" (entendez l'architecture sur le mode antique).

La référence au gothique n'a jamais été totalement absente des préoccupations de l'Académie Royale d'Architecture et de ses théoriciens depuis sa création. Le secrétaire de cette Académie, Félibien, dès 1699, dans une "Dissertation touchant l'architecture gothique et l'architecture antique", Corde-moy en 1702 dans son "Nouveau traité de toute l'architecture", Frémin, ingénieur à la même époque, en feront sinon l'apologie, du moins l'analyse critique pour en relever certains aspects. Il faudrait citer encore Frézier ou Montfaucon ("Monuments de la Monarchie française", 1733) l'abbé Leboeuf et d'autres membres de l'Académie, qui s'entreten-dront sur ce thème.

Cette architecture représentait certes un mystère, ses formes étaient reconnues généralement comme disgracieuses; elle servait le plus souvent de faire valoir de la "façon moderne". En tant que modèle formel elle excitait la curiosité, sa légèreté forçait l'admiration. La Renaissance ne marqua pas, comme on peut le penser, une rupture définitive par rapport à l'ancienne manière de bâtir que représente le gothique. Nous ne retenons généralement de la période qui suivit que les aménagements anti-ques que subirent églises et monastères médiévaux. Mais il ne faut certainement pas négliger la

persistance des formes médiévales dans les nouvelles constructions, aussi bien que l'utilisation de ces mêmes formes dans la réparation, l'agrandissement ou l'achèvement de certaines constructions et notamment de certaines églises gothiques qui rendaient architectes et entrepreneurs familiers de la "manière gothique", bien souvent avec peu d'altération. Ce fut le cas notamment pour le chantier d'achèvement de la cathédrale d'Orléans durant le XVIIème et le XVIIIème siècle (1).

Un chantier où se remarqua Hénault, architecte orléanais qui fournit les dessins des tours, portail et clocher, à partir desquels Robert de Cotte alors premier Architecte du Roi élaborait le projet définitif. Si la cathédrale Ste-Croix d'Orléans nous signifie le théâtre d'une réaction de la construction gothique contre l'imitation de l'antique, elle nous intéressera moins ici en tant que telle, que par l'architecte qui présida à sa destinée(2). En effet, Guillaume Hénault présentera à la suite de ses succès, un projet d'église où il se proposera, comme Soufflot quelques années plus tard, de "réunir le gothique à l'antique".

(1) G. Chenesseau - Ste-Croix d'Orléans. Cet ouvrage retrace l'histoire mouvementée de cette oeuvre.

(2) Projet et documents extraits de G. Chenesseau, un essai d'alliance du "gothique" et de l'"antique" par un architecte orléanais au XVIIIème siècle, Bulletin de la Société archéologique et historique de l'Orléanais, Tome XXIII, p. 132, n° 235, année 1936.

En 1718, Hénault soumettra donc ce projet d'église du prieuré de Notre-Dame de Bonne Nouvelle au Surintendant des Bâtiments et à Robert de Cotte avec lequel il avait collaboré. Certes ce projet porte l'influence de la toute récente chapelle de Versailles construite par Mansart, aussi est-ce moins pour sa qualité architecturale que pour son objet même qu'il nous intéresse.

A observer ce qui est nommé par son auteur "réunion de l'antique et du gothique" nous sommes frappés tout d'abord au regard de ce projet de l'attachement apporté à la reproduction des formes médiévales, s'il n'y était joint un autre dessin représentant la façade du même bâtiment dans la tradition antique comportant la légende suivante : "ce dessin n'a été fait que pour faire connaître la différence entre le gothique et l'antique". Depuis quelques années déjà l'architecture médiévale hantait l'architecture officielle et son histoire; l'historiographe de l'Académie, Félibien, l'avait déjà souligné; on l'avait mesurée, comparée, mais toujours l'analyse portait sur les formes et leurs proportions. Il ne faut voir dans les dessins de G. Hénault qu'un essai de comparaison de ces deux modes architecturaux, une véritable analyse comparée qui met d'autant mieux en évidence le formalisme académique et classique. Là l'architecture est monde de formes. Il y est d'autant plus difficile d'intégrer un monde nouveau qu'on ne reconnaît pas en lui, le lieu où s'origine la véritable architecture avec son ordre et ses régularités qui formaient le propre du modèle antique. Autant dire que G.Hénault voulut concilier deux extrêmes, mais dans la recherche de leur ordre formel; un ordre qui seul peut convaincre de sa démonstration..le tout s'y fait sentir sans confusion ni interruption

de partie, qui fera un ouvrage singulier ..." (1). Singularité dont il craint qu'elle ne touche à la monstruosité quand il soumet son oeuvre au premier architecte du Roi afin qu'il ne "... puisse imputer de tels ouvrages à extravagance et folie" ... (2).

Si ce projet nous importait ici, sa présence ne se justifie qu'au regard de la problématique qui va se développer autour d'un autre projet qui marque à lui tout seul le XVIIIème siècle dans son ensemble tant du point de vue de la théorie architecturale que de la polémique sur la construction qui va se développer autour de lui, s'offrant comme un argument. Si avec Hénault et les premiers académiciens le gothique n'apparaît que comme forme pure à intégrer dans une histoire de l'architecture encore à faire, avec Soufflot il se trouve d'emblée déplacé et c'est par un autre détour que la logique gothique se veut de pénétrer le projet tout en s'y articulant.

1 - Un "chantier expérimental" : L'église Sainte-Geneviève par Germain Soufflot

Ce projet peut se résumer dans la formule : "... réunir sous une des plus belles formes la légèreté de la construction des édifices gothiques avec la pureté et la magnificence de l'architecture grecque ...", telle qu'aurait pu la répéter Soufflot

(1) G. Hénault - Lettre adressée au Duc D'Antin

(2) G. Hénault - Lettre à Robert de Cotte.

Artisan du retour à l'Antique dans sa plus pure expression, et partisan de l'étude du gothique, Soufflot se trouve, en 1755, nommé de préférence à Gabriel (alors premier architecte du roi) pour la construction d'une nouvelle église. S'il doit sa désignation à la protection de Marigny, Directeur des Bâtiments du Roi, il se trouve choisi plus fondamentalement peut-être pour les idées qu'il avance à un moment où manifestement le discours de l'Académie s'épuise. C'est une architecture régénérée qu'on lui demande, qui fasse date et marque le règne de Louis XV; c'est une réalisation quasiment définitive de l'architecture que se proposera Soufflot en conciliant les deux contraires, qui apparaissent maintenant comme les deux modèles les plus élaborés de l'architecture, et de son histoire.

Certes, cette réhabilitation de l'architecture gothique n'entraîne pas tous les suffrages, mais le mémoire lu à l'Académie des Beaux-Arts de Lyon, le 12 avril 1741, par Soufflot ("Mémoire sur l'architecture gothique", présenté à nouveau à Paris une vingtaine d'années après), saura résumer et délimiter avec précision ce qu'il faut retenir d'une telle architecture.

Le gothique peut apparaître d'abord chez Soufflot comme un modèle de construction, modèle qui poursuit une histoire relativement indépendante, dans un premier temps, des recherches de l'Académie des Sciences sur la construction, mais qui viendra en rejoindre les résultats avec des personnages comme Bossut, Perronet, Gauthey, etc ... Le projet peut même être comparé, comme nous le verrons, à un gigantesque creuset où ces personnages vont exercer leurs talents. Mais revenons au projet

de Soufflot.

Mis en parallèle avec les églises construites sous l'inspiration de l'architecture antique, les édifices médiévaux font apparaître leur "hardiesse" et "l'intelligence (de leurs architectes) dans l'art de bâtir légèrement et solidement". Par là ils peuvent devenir objet de raisonnement et de réflexion, leur analyse permettant d'en percevoir les avantages et les défauts. Si modèle de construction, il y a en effet, l'édifice gothique n'est pas pour autant ce qu'il deviendra plus tard, un archétype de l'architecture, l'une de ses figures privilégiées, et encore moins d'ailleurs un modèle formel dont on pourrait emprunter le vocabulaire. Sa valeur didactique le modèle ne la tient pas de l'exemplarité des édifices eux-mêmes, mais de certaines qualités au préalable isolées. Ces qualités sont avant tout constructives. Un raisonnement sur cet objet ne sera possible que si l'on sait s'abstraire de la forme pour n'y voir que la construction. Ceci suppose que l'architecture trouve sa définition en dehors de la seule construction. Mais aussi que la construction devienne une dimension spécifique (voir autonome) des formes et en l'occurrence centrée sur les différents genres de stabilité.

Car, à stabilité égale, comme le remarque Soufflot, le genre gothique a cet avantage sur l'architecture grecque, d'opposer sa "légèreté" à la "lourdeur" des exemples que lui fournissent Saint-Sulpice ou Saint-Roch malgré leur référence à l'antique.

Cette actualisation des procédés de construction gothique on va la trouver fondée théoriquement, quelques années avant le premier projet de Soufflot, par l'abbé Laugier :

"Je suis convaincu que jusqu'à présent, nous n'avons point eu le vrai goût des églises. Nos églises gothiques sont encore ce que nous avons fait de plus passable ... Nous avons renoncé avec raison aux bizarreries de l'architecture moderne, nous sommes revenus à l'Antique, mais il semble que nous ayons perdu à ce retour de bon goût ... Mais c'est que nous avons fait la moitié du chemin; nous sommes restés dans l'entre-deux, et il en est résulté une nouvelle sorte d'architecture qui n'est antique qu'à demi ..." (1).

La solution que proposera le père Laugier ne sera pas la reproduction des formes gothiques à travers leurs procédés, mais un croisement transversal de deux architectures, le modèle de construction gothique et ses procédés avec celui de l'architecture d'inspiration grecque, ses proportions et son vocabulaire.

"En nous servant des colonnes isolées, nous aurons la légèreté et en mettant deux ordres l'un sur l'autre nous atteindrons à l'élévation requise. On objectera peut être l'impossibilité prétendue de faire des architraves en plate-bande; mais on n'a qu'à étudier le trait des travées de la chapelle de Versailles ou de l'entablement du portique du Louvres pour se convaincre que ce n'est pas impossible. On dira aussi peut être que de simples colonnes ne sauraient porter une aussi grande voûte

(1) Laugier - Essai sur l'architecture, 1753, chap. IV, Sur la manière de bâtir les églises p. 199 à 203.

que celle d'une église ... Il y a déjà plus d'une église où la grande voûte n'est soutenue que par des colonnes; à Notre-Dame en particulier, tout est porté par de simples colonnes qui forment le péristyle des bas-côtés; ces colonnes sont à la vérité très mal proportionnées mais ce défaut de proportions qui blessent les yeux n'augmente pas leur solidité. D'ailleurs combien d'autres exemples dans les édifices gothiques où l'on ne voit pour appui que des colonnes d'une hauteur excessive relativement à leur diamètre ...".

Cochin dira encore, "... on pourrait peut être trouver, un genre d'architecture, de bon goût, qui tint un milieu entre le grec et le gothique"(1).

C'est précisément là l'objet du premier projet de Soufflot, publié en 1757, tenter cette expérience qui intègre en un même projet les deux modèles. C'est dans cette expérience aussi que s'introduit la dualité de l'objet architectural toujours tendu entre deux rapports qui le décomposent et qui en même temps permettent de le mesurer dans deux espaces aux coordonnées différentes. Toute l'histoire du projet de Soufflot est marquée par cette conciliation, cette réunion de deux modèles qui en fait manquera son but pour, semble-t-il, être l'histoire de la constitution d'une dichotomie dans le projet architectural de deux entités que l'on peut dire formées par l'architecture proprement dite (car elle se donnera ainsi) et la construction. Entités

(1) Cochin : Mémoires inédits, p. 32-33 - cité par J. Monval, Soufflot, sa vie, son oeuvre, son esthétique, 1919, p. 424.

bien évidemment conflictuelles dont les déterminations sur le projet sont à construire, entités qui se donnent aussi comme deux procédures d'évaluation de ce projet.

2 - La figure, le tout et les parties

Dès la publication des premiers plans de l'église en 1757, Soufflot ne manquera pas de critiques, mais la controverse entamée par Patte entraînera rapidement les autres et deviendra le centre des débats. Après avoir consulté Perronet, puis Soufflot lui-même, Patte se décide contre leurs conseils de publier en 1770 son mémoire qu'il intitule ainsi: "Mémoire sur la construction de la coupole projetée pour couronner la nouvelle église Sainte-Geneviève à Paris, où il est question de prouver que les piliers déjà exécutés et destinés à porter cette coupole, n'ont point les dimensions nécessaires pour espérer d'y élever un semblable ouvrage avec solidité. Problème adressé à toutes les sociétés savantes, aux ingénieurs, aux architectes et à ceux qui se connaissent en construction".

Le débat est engagé, les protagonistes distribués, suivront alors la même année un texte de Rondelet, l'année suivante deux réponses, celle de Cochin, puis celle de Gauthey qui reprend le débat ("Mémoire sur l'application des principes de la mécanique à la construction des dômes dans lequel on examine le problème proposé par M. Patte relativement à la construction de la coupole Sainte-Geneviève de Paris"). Mais entre temps Soufflot et Perronet échangeaient une correspondance importante sur les difficultés que le premier rencontrait.

En 1770, Soufflot en est à son troisième projet

de dôme et le chantier est déjà avancé malgré les difficultés financières. Mises à part les questions personnelles qui opposent Patte à Soufflot, il faut voir dans le Mémoire de Patte davantage un moteur au débat et à ses conséquences, que l'énoncé d'un problème qui sera véritablement pris en compte.

Pourtant le mémoire de Patte n'est pas à négliger comme l'a fait jusqu'aujourd'hui l'histoire de l'architecture. Il s'agit bien de la confrontation de deux approches de l'architecture au regard de la totalité qui se veut représenter le système théorique de l'architecture classique. La polémique qu'intente Patte à l'égard de Soufflot n'a pour seule visée que de rendre compte du système de proportions qui règle l'édification d'un dôme. Dans le tracé de la figure de ce dôme est compris tout ce qui en fait l'architecture, tant du point de vue de la décoration que de la construction. Patte va donc s'insurger contre le dôme de Soufflot où il remarque que celui-ci, conformément aux règles d'édification en usage, ne peut être supporté par les piliers prévus par son auteur. Pour reprendre sa démonstration Patte ne peut admettre que la construction puisse posséder une autonomie spécifique dans l'édification; elle doit être toute entière tournée sur le système de règles et de Proportions qui président au dessin du dôme. D'entrée dans son Mémoire il s'en remet à Fontana qui a donné, "des règles sûres pour trouver les proportions les plus agréables des coupoles simples ...; comme il serait difficile de ne rien ajouter à ce qu'il a dit à ce sujet, d'après les meilleurs modèles d'Italie, nous ne pouvons mieux faire que de le rapporter" (1).

(1) Arch.Nat. O1 1694, n° 41, p. 9 et 10, planche I, fig. I.

En effet, Patte rapportera le tracé d'un dôme d'après Fontana, et c'est ce tracé théorique qu'il opposera en le justifiant à celui de Soufflot. Mais d'une autre manière, il sait très bien qu'il ne peut le justifier uniquement du point de vue de la figure, alors il se proposera de montrer par la mécanique, puisque c'est là où son adversaire excelle, la justesse de sa proposition. De La Hire à Frézier, Patte va observer les remarques des mécaniciens sur la poussée des voûtes, il n'y observera que la justification de la figure donnée par Fontana. Si bien qu'il constatera que "... Les piédroits d'une coupole sont nécessités à avoir une épaisseur proportionnée à l'étendue de la voûte et à sa poussée, ...", et "obligés d'avoir une hauteur et une largeur correspondantes avec le poids du dôme ...", donc "d'avoir une épaisseur cubique ou massive capable de s'opposer ..." (1).

Le débat peut donc se résumer à la question de la totalité de l'objet architectural. Pour Patte, cette question se résoud dans l'équilibre du tout et des parties, et la construction n'y échappe pas. Il faut observer une stricte égalité des parties portantes relativement aux parties portées, tant par le volume que par la masse. C'est cette égalité qui concourt à l'unité de la figure.

C'est dans ces termes croyons-nous qu'il faut poser le débat qui se développa autour de l'édification de Ste-Geneviève. Débat qui ne se résoud pas comme on l'a trop souvent entendu à de pures spéculations techniques, mais qui se constitue dans l'épaisseur

(1) Ibid, p. 16 et 17.

du débat théorique de l'architecture. Ce problème peut-il être considéré comme un invariant, une question qui de tous temps traverse la théorie de l'architecture ? il est pour tout dire une interrogation qui nous est aujourd'hui familière aussi nous devons-nous de ne pas la rendre trop rapidement universelle et nous interroger sur sa signification dans un moment où le débat la pointe comme un enjeu théorique (1).

Il faut reprendre ici les arguments de Soufflot. Dès son retour d'Italie le jeune Soufflot lut à l'Académie de Lyon, le 12 avril 1741, un "Mémoire sur l'architecture gothique" qui surprit pour le moins son auditoire. S'insurgeant contre le mépris avec lequel on observait cette architecture il expose ainsi son problème : ... "ne pourrait-on pas sans crime prendre les mesures de ces monuments dont la hardiesse nous surprend si fort, et faire sur leur tout et leurs parties quelques réflexions et quelques raisonnements ? Les églises gothiques fourniraient matière à un ouvrage fort étendu; il faudrait pour s'en tirer avec honneur une capacité et une expérience au-dessus de celle que mon âge me permet d'avoir; je vais cependant, Messieurs espérant toute votre indulgence vous communiquer quelques réflexions que j'ai faites sur les églises

(1) N'oublions pas que Patte fut choisi par J.F. Blondel pour achever le "Cours d'architecture ...", notamment en ce qui concerne la construction. "Cours" que l'on peut lire comme étant la dernière reformulation de la théorie de l'architecture dite classique.

gothiques et en faire une espèce de parallèle avec les églises bâties suivant les règles de l'architecture antique" (1). Un parallèle qu'il va mener en ne cachant pas son admiration pour le genre gothique, et une admiration qu'il aura soin néanmoins d'atténuer en convoquant les plus grands exemples du renouveau de l'architecture antique. Il n'a de cesse cependant de montrer sa surprise vis à vis des églises gothiques, il y reconnaît plus de hardiesse, d'ingéniosité, et de difficulté: "... ils ont toujours su faire tomber la principale poussée dans l'endroit de la résistance, et on observe cette règle, même dans l'arrangement des moellons qui remplissent les entre deux de ces nervures. L'exécution de nos voûtes n'est ni si délicate, ni si difficile ...". Ailleurs, il remarquera que ..."leurs arcs en tiers point ont, ainsi que leurs voûtes, plus de force que nos arcs en plein cintre, mais ne sont pas, a beaucoup près, aussi gracieux ...". Dans sa généralité, il est vrai que ce Mémoire ne marque pas une rupture par rapport à ce qui avait été observé, par François Blondel par exemple, ou d'autres membres de l'Académie. De sa conclusion pourtant découle toutes les recherches qu'il poursuivra jusqu'au début de la construction de Ste-Geneviève et au-delà.

(1) Soufflot - Mémoire sur l'architecture gothique, on en trouvera de larges extraits dans l'ouvrage de Mouval, Soufflot, sa vie, son oeuvre, son esthétique, Paris A. Lemoine, 1918 p. 424 et suivantes.

"Je pourrais entrer dans le détail de beaucoup de parties qui tendent à faire paraître les églises gothiques plus grandes que les nôtres, mais je n'ai promis qu'un essai; il n'est déjà que trop long. Tout ce que j'en veux conclure, c'est que, méprisant totalement les chimériques et bizarres ornements des Goths, nous pourrions, sans donner dans l'extrême de leurs proportions, en profiter, et trouver entre elles et les nôtres un juste milieu qui réparerait le défaut du premier coup d'oeil, et ferait peut être dire de celui qui aurait eu ce bonheur : Orme tulit punctum. Ce ne pourrait pas être, je l'avoue, sans déroger à nos règles et sans nous servir de quelques unes de celles des Goths ... Je ne le voudrais pas risquer; mais une académie comme celle de Paris ou de Rome aurait, ce me semble, droit de le faire dans les règles de l'art". Si nous insistons sur ce Mémoire c'est qu'il a valeur de programme, et lorsque Soufflot sera choisi de préférence à Gabriel alors premier architecte du Roi, il saura disputer cette opportunité auprès de cette académie qui, à elle seule légifère encore sur l'architecture. Il nous montre également que profiter de cette opportunité ne saurait se faire sans une reformulation théorique d'importance, et Soufflot alors jeune architecte ne saurait s'y "risquer" comme il le dit si bien. Avec le soutien de Marigny, surintendant des Bâtimens, qu'il accompagna en voyage en Italie, il commencera à entretenir l'académie de l'architecture gothique. Puis il communiquera de nombreux relevés qu'il fit lui-même ou qu'il demandera aux correspondants de cette académie à travers l'Europe.

Mais jamais il n'abandonna son interrogation sur la totalité et le découpage en parties de l'objet architectural. C'est ainsi qu'il présente à

l'Académie, le 20 décembre 1762, un rapport sur l'église Notre-Dame de Dijon où il observe que "la légèreté de la plus grande portion de ses parties (qui) est telle que bien des architectes pourraient traiter d'ignorant dans l'art de bâtir et de téméraire quiconque la proposerait comme un projet à exécuter". Il y relève les mesures, le temps de la construction, les moyens utilisés, ainsi que les matériaux, dont il considérera l'emploi poussé à l'abus par son époque (1).

Avec Soufflot l'architecture tend à une tout autre nature que celle qu'on lui avait donné dans la tradition. L'étudier, certes avait toujours constitué en une observation des objets légués par l'histoire. Cette observation on ne pouvait en rendre compte que par la mesure; cette mesure de son côté représentait l'objectivation du regard, en quelque sorte la pureté de son intervention et la fidélité de la figure qu'il transmettait par son moyen. Soufflot va jeter le trouble dans cette approche séculaire. En considérant somme toute, non plus l'objet dans sa globalité tel qu'il est restitué par la figure, mais on pourrait dire qu'il va procéder à une analyse par parties de cet objet. Jusqu'alors il n'y avait rien de caché dans ce qui se donne à voir; on était dans le règne de l'immédiat visible. Par opposition on va assister à l'invention d'un nouveau regard, analytique celui-là, et qui se veut sous-tendu par une logique; logique qui ne renvoie pas à la totalité. Dire que Soufflot

(1) Procès-verbaux de l'Académie Royale d'Architecture.

a inventé ou constitué la structure, serait aller bien vite en besogne, mais en même temps en dire trop peu. Ce qu'il introduit par contre en ne niant pas le découpage de l'objet tel qu'il était opéré par la théorie c'est une analyse qui, ne rapportant plus la partie ou la totalité de la figure par la mesure, lui conférera la possibilité d'être jugée suivant plusieurs réquisits. Parmi ceux-ci, il faut naturellement y compter la mesure, Soufflot aura relevé et gravé un nombre considérable d'édifices, mais pour en rendre compte il lui faudra au même titre exprimer les moyens de la réalisation, qui vont des échafaudages aux machines, le temps de mise en oeuvre, la qualité des matériaux et les lieux de leur disponibilité. Autant de procédés qui loin d'être méconnus par ces contemporains, ne représentent pas les moyens de reconnaissance et de description d'une forme (1).

IL faut reprendre la polémique engagée par Patte (et Desbeoufs, élève de l'Académie, et qui s'en est fait exclure (2)) pour en saisir au moment fort du débat dans les années 1770, les enjeux

(1) Voir chapitre suivant pour ces développements.

(2) Arch.Nat. O1 1694, n° 27, extrait des registres de l'académie, conférence du 19 août 1765. Examen d'une critique publiée par Desboeufs : "Mémoire contenant des observations sur la nouvelle disposition de la nouvelle église de Ste-Geneviève". "Elle a décidé dorénavant que le nommé Desboeufs ne pourrait plus rentrer au nombre des élèves de l'Académie, et jouir des avantages qui leur sont accordés et son nom serait rayé de ses registres". Cette brochure était considérée comme "indécente, peu réfléchie et remplie de faussetés".

qu'ils véhiculent. Après la publication du Mémoire de Patte, Soufflot va présenter pour défendre son projet à l'Académie qui le lui demande afin de riposter, un nombre considérable de relevés de bâtiments. Parmi ceux-ci le relevé de Saint-Charles du Cours à Rome qui surprendra la compagnie : "l'Académie en fait l'examen, et voit avec étonnement combien les parties portées sont plus considérables que les parties portantes .." (1). Soufflot aboutit là au résultat recherché déjà depuis plusieurs années et qui donne raison à son projet contre les attaques de Patte. Jamais l'Académie n'avait reconnu de cette manière les nombreux relevés qu'il lui avait soumis. De plus Soufflot recevra les témoignages de sympathie du milieu des savants : cette même année l'Abbé Bossut exposera à l'Académie des Sciences ses "Recherches sur l'équilibre des voûtes" où il justifie le dôme de Ste-Geneviève, Montucla à qui il adressera une maquette l'assurera également de son soutien : ... "l'inspection faite de ce modèle suffirait pour mettre quelqu'un d'impartial et ayant le sens commun en état de voir combien les objections sont destituées de fondement, mais j'entrerais à cet égard dans des détails le calcul à la main ..." (2).

Si le calcul et les savants donnent raison au projet de Soufflot dans le même temps que l'académie ce sera certes important et essentiel, mais ne représente pas sa dimension spécifique et le point par lequel il portera un coup au système classique

(1) Procès-verbaux ... 7 mai 1770

(2) Arch.Nat., O1 1694, n° 65.

et à son "formalisme". Mais peut-être faut-il voir dans les propos de l'académie, la reconnaissance de cette architecture qui tient un "juste milieu", comme aime à le dire Soufflot, entre la "grecque" et la "gothique", approuvant par ailleurs la célèbre remarque de Cochin : "On pourrait peut-être trouver un genre d'architecture, de bon goût, qui tint un juste milieu entre le grec et le gothique" (1).

La perception la plus aiguë des enjeux et des modalités du débat se trouvera parmi certains ingénieurs, dont les plus perspicaces se montreront être Perronet et Gauthey. Ce premier dans une lettre qu'il adressera à Soufflot constate ce qu'il nomme la "magie" des édifices gothiques qu'il considère consister "... principalement à les avoir construits en quelque sorte à l'imitation de la structure des animaux : les colonnes élevées et faibles, les nervures, arcs doubleaux, les ogives et tiercerons pourraient être comparées à leurs os, et les petites pierres et voussoirs de quatre ou cinq pouces seulement d'épaisseur et de coupe à la chair des mêmes animaux; ces édifices pourraient subsister comme un squelette ou la carcasse des navires qui paraît être construite d'après de pareils modèles". Images tant du squelette que du vaisseau qui peuvent nous paraître familière, tellement elle est répandue dans les descriptions architecturales; familiarité qui a débordé largement la littérature architecturale. De ces images, Perronet n'en retiendra pas la structure statique et figée que l'imagination convoque; pour lui rien

(1) Cochin, Mémoires inédits, p. 32-33.

ne sert dans un projet d'augmenter la grosseur des parties afin d'en majorer la solidité, ce dont il faut tenir compte "c'est donc encore plus du rapport des puissances agissantes à celles qui doivent leur résister que doit dépendre la solidité d'un édifice, que de la grosseur des piliers ou des murs et de l'épaisseur disproportionnée des voûtes qui tendent à les renverser" (1). Par cette affirmation Perronet désigne l'anatomie du projet comme une pathologie, les puissances agissantes désignées sont autant de ses parties qui, peut-on dire, possèdent une vie propre et autonome. Tout projet dès lors peut être considéré comme un objet offert à la dissection; c'est la fin de l'époque glorieuse où Patte, en ayant recours à Fontana, donnait toute sa confiance à la figure, et pouvait assurer en tant que géomètre que les parties pouvaient concourir à la totalité : ne pouvait-on pas en donner des règles sûres par l'observation et la mesure ? Tout à coup la construction quittait le champ d'un savoir, qui comme l'architecture était tout ouvert à la proportion d'édifices jusque là reconnus comme les objets les plus manifestes de l'architecture.

Attaché à cette perception, le mode de pensée de l'architecture se trouvait confronté aux pures limites du "visible" où la totalité se manifeste. S'il est un formalisme de la théorie architecturale classique, il se tient dans cette forme de logique qui pour la résumer serait ce mouvement qui par l'analyse distingue des parties dans une totalité (totalité représentée par la figure comme image

(1) Lettre de Perronet à Soufflot du 26 janvier 1770 - Arch.Nat. O1 1694, n° 51.

du monde visible), parties qui conditionnent des éléments simples et arbitraires, puis une synthèse qui prend chaque totalité ou chaque figure ainsi analysée dans un tout plus vaste et absolu : l'Architecture, qui désigne à l'époque la "vraie Architecture" et ses définitions données et justifiées par l'historiographie dont l'Académie est dépositaire. La tentative de Patte consistait à parachever cette représentation, non seulement en faisant le tour des éléments à totaliser, mais bien plus en justifiant directement d'un autre lieu cette totalité, c'est-à-dire la figure. C'est en ce sens qu'il va tenter de la "prouver" à l'aide de démonstrations géométriques afin de lui rendre son caractère de vérité. Perronet mais n'oublions pas Soufflot, vont opposer à cette image, dans un premier temps, une autre image de la totalité : c'est le problème de l'alliance des deux genres d'architecture, qui marque intrinséquement la possibilité de fonder un nouveau tout architectural dans le rêve de Soufflot. Rêve impossible puisqu'il s'agit en fait d'une remise en cause de l'Architecture en tant que telle et de son absolu. Pour argumenter le projet de Soufflot, Perronet doit s'attacher au fondement même du système classique et à ses prétentions à détenir la connaissance de l'objet architectural. Pour cela, il faut mettre un terme à son analyse, c'est-à-dire proposer une autre représentation de la réalité construite (d'où le squelette) qui ne tient plus pour vrai les seules limites du visible. La critique de la figure qu'il opère, tend à montrer que ce donné qu'elle représente n'est qu'un aspect partiel et arbitraire de la réalité construite, et le donné peut tout aussi bien être cet aspect et cette perception nouvelle de la matière qui, sous l'effet de l'analyse, permet d'isoler ce qu'il nomme des "puissances

agissantes", "la chair et les os". Au visible doit se substituer un concret, non pas pour la disparition de ce monde que décrit le regard, mais comme une toile de fond qui en donne la mesure et en dégage sa rationalité. Substitution qui n'en est pas une, mais qui permet d'ouvrir le tout architectural à d'autres points de vue, d'autres aspects: à la totalité s'opposeraient la totalisation, une sorte de formalisme des points de vue sur un objet et non pas sur le tout que représente un objet singulier. Autrement dit, il ne suffit pas d'observer un objet pour en déterminer un autre, mais à le déterminer en l'organisant : la synthèse prend le pas sur l'analyse, le partiel y fait sens sans la référence au tout et le "paraître" ne peut dépendre que de la logique rationnelle de cette synthèse du concret.

Gauthey relancera cette nouvelle analyse, et entamera de manière certaine les principes de la précédente. Il présentera donc une défense de Soufflot en regard de la question du découpage de l'objet architectural. Si Patte proposait une analyse du dôme où celui-ci devait renvoyer à l'unité et totalité de l'édifice, Gauthey opère un retournement de celle-ci et conclut, "... qu'il n'a pas une seule colonne qui ne puisse servir à supporter une partie du poids de ce dôme", et il poursuit qu'il faut se convaincre également, "que tous les murs du pourtour en portassent aussi une portion relative à leur épaisseur" (1).

(1) Arch.Nat. O1 1694, n° 40, p.35, Gauthey, Mémoire sur l'application des principes de la mécanique à la construction des voûtes dans lequel on examine le problème proposé par M. Patte relativement à la construction de la coupole de l'église Ste-Geneviève de Paris.

Le débat engagé sur les éléments du projet tourne court et perd l'objet d'unité désiré par Patte (mais aussi par Soufflot), la partie ne réfère plus à l'objet, mais à d'autres parties; dans le projet le dôme renvoie à la colonne, la colonne au mur extérieur, etc ... et en toile de fond se perd la formulation du problème théorique de Soufflot. La "réunion" tant désirée, au lieu de produire la totalité recherchée, vient plus sûrement professer l'éclatement de l'objet architectural et de la même manière un nouvel art : "l'art du constructeur" (1). Un art qui ne remettra pas vraiment en cause le découpage formel qu'avait produit jusque là l'architecture, au contraire il décompose les éléments formels de la figure et tentera de leur donner sens indépendamment d'elle, et dans leurs rapports relatifs les uns par rapport aux autres. Ce qui est perdu vis à vis de la totalité réapparaît dans la totalisation non des éléments mais des rapports entre ces éléments : c'est tout le sens de la synthèse du concret que nous énoncions. Mais à produire cette synthèse de l'organisation qui détermine l'objet qui devient architecture et qui ne l'est plus derechef, il faut introduire une autre dimension temporelle celle-là : c'est le temps de l'organisation. Cette totalisation contient l'idée de la progression vers le tout qui est en quelque sorte perdu dont on a certes pillé le découpage mais que l'on ne peut reformer dans sa globalité. Ici se forme peut être cette idée enracinée dans la théorie architecturale, que nous sommes continuellement sur le chemin de l'achèvement ou

(1) Ibid. p. 36

de la mort de l'architecture. En somme ces idées de progrès et de décadence vers lesquelles nous sommes poussés et qui manifesteraient l'histoire de cette pratique en quête de sa totalité, donc de son absolu qui permettait pour le moins d'en juger les valeurs.

3 - Le géomètre et l'imitation, le constructeur et l'invention

Les vieilles "croyances" se dénouent, le projet devenant une pathologie, deviendra dans le même temps un champ d'expérience : le mémoire de Gauthey sur ce projet peut désigner le signe de cette transformation et la leçon de l'entêtement de Soufflot. Mais si conflit il y a, ce ne sera pas entre les croyances d'une ancienne théorie et les balbutiements d'un jeune savoir constructif, mais bien entre les structures de deux savoirs articulés au projet. Ou, comment une anatomie géométrique de celui-ci devient une pathologie constructive? Gauthey va en défaire un à un les maillons. "D'abord dit-il, il est très important de remarquer que ce n'est pas seulement d'après les exemples des édifices qui subsistent que l'on peut établir des règles sûres pour fixer les dimensions de ceux que l'on voudrait construire "(1). Dans cette observation reposait tous les principes de la théorie de l'imitation qui fondait pour une large part le système architectural de l'époque. Gauthey, à la suite de Soufflot qui avait ouvert de nouvelles possibilités afin de conjurer ces principes, leur opposera ceux de l'invention, car n'a-t-on pas

(1) Ibid. p. 27

"... regardé comme des principes certains, une pratique et des usages qui n'avaient de fondements que dans la timidité des inventeurs" (1). A travers cette polémique se profilent en fait deux personnages, l'architecte-imitateur et l'architecte-inventeur. Le premier ne veut ou ne peut trouver de définition de l'architecture que dans l'art de la figure; on connaît ses effigies, elles sont en même temps les instruments de son art : la règle et l'équerre. C'est l'image d'une profession stable et fixe, c'est au sens propre un artisan. Le second fait "...usage des découvertes à la faveur desquelles on n'agit plus au hasard, et qui assurent le succès (2). C'est un autre artisan, celui du transfert d'un domaine à un autre (3). Apparait ici le prêtre de l'alliance des domaines épars des sciences, qui vont toutes concourir à l'invention. Il ne suffit plus de posséder une théorie forte pour pratiquer un art, il faut convoquer une multiplicité de théories pour une pratique définie : là se joue toute une définition du projet architectural comme art de l'invention. Où s'articulait l'identité du projet dans l'unité de sa géométrie, s'ouvre un monde complexe qui va entourer le mode de connaissance des formes. Et, comme le soutiendra un élève et un aide fidèle de Soufflot pendant la construction de Ste-Geneviève, ces sciences et théories annexes "... appliquées à des faits

(1) Ibid, P. 28

(2) Ibid, p. 29

(3) Voir à ce sujet S. Moscovici, Essai sur l'histoire humaine de la nature, p. 243 et suivantes.

et non à des hypothèses, peuvent nous guider, et nous faire découvrir d'avance le résultat de nos opérations, surtout en Architecture; mais pour cela il faut non seulement être géomètre, mais encore il faut être constructeur; car il ne suffit pas de faire abstraction de toutes les qualités et propriétés des matériaux, il faut au contraire y avoir égard et de plus connaître parfaitement tous les procédés usités par les ouvriers, les ressources ingénieuses que des praticiens, dont souvent on ne fait cas, ont imaginé dans les occasions extraordinaires; et ne pas croire, qu'une spéculation vague puisse raisonner conséquemment sur des objets qu'elle ne fait qu'apercevoir; et lorsque pour s'épargner toutes ces considérations on fait abstraction de tout, le résultat n'est propre à rien" (1).

Le réquisitoire est sévère, mais montre toute la singularité de l'oeuvre de Soufflot et le véritable combat qu'il a mené par l'intermédiaire de son projet. Contre le géomètre, le constructeur devra faire valoir une parfaite connaissance de la construction; ce monde, c'est le chantier que l'on a, semble-t-il jusque là, négligé. Il faut aller sur le chantier, car à demeurer dans son cabinet l'architecte ne peut qu'exceller sur les figures qui ne lui apporteront que ruine de son art. Conclusion apocalyptique où pointe l'inventeur d'architecture et sa batterie de savoirs dans la perception du constructeur.

(1) Arch.Nat. O1 1694, n° 43. Mémoire anonyme, s.d., que l'on peut attribuer à Brébion, assistant de Soufflot à la construction.

L'émergence de ce constructeur est certainement l'événement de ce débat; ses conséquences n'en sont pas moins négligeables : nouvelle dynamique créée entre Soufflot et les ingénieurs des Ponts et Chaussées qui permettra les expériences communes de Soufflot, Perronet, Rondelet et Gauthey sur la résistance des matériaux et leurs propriétés; possibilité ouverte par le débat, d'envisager pour Soufflot une nouvelle série de dômes jusqu'au projet final de 1777; mais surtout, mise en évidence à travers la réponse de Gauthey de l'état de la réflexion des ingénieurs sur la construction et leur nouvelle manière de raisonner par rapport aux analyses classiques alors de la première moitié du XVIIIème siècle.

Parallèlement à la construction des ponts où les ingénieurs vont parfaire ce nouvel "art du constructeur", le chantier de Ste-Geneviève est devenu un véritable terrain d'expérience. Sur les résistances rencontrées, tant du côté de l'Académie d'Architecture que de celui des architectes et savants, Soufflot se donne pour objectif de justifier sa construction dans ses moindres détails, du "mécanisme de la construction" dont sera chargé Rondelet qui l'assiste, jusqu'au chantier, échafaudages et machines compris. Il multipliera ses interventions à l'Académie, par des rapports effectués sur des bâtiments existants rappelant de même les procédés utilisés pour son église. De ses entretiens avec Perronet naîtra un travail sur la compressibilité de tous les matériaux qui peuvent servir à la construction. Toutes les expériences seront faites à l'aide d'une machine, les résultats seront classés et un mémoire sera présenté à l'Académie. A leur suite en 1774, l'ingénieur Gauthey reprendra ces expériences, améliorera la machine servant aux

essais, proposera une classification encore plus fine des matériaux.

L'intervention de l'ingénieur va dépasser largement les limites du projet que se proposait Soufflot. La conciliation du modèle antique, qui pour lui contient les règles de la "vraie architecture", avec le modèle constructif, va déboucher aux termes de ces premières expériences à l'effacement d'une des références de sa construction au profit d'une requalification de l'objet architectural par une dimension constructive.

L'apparition du constructeur aura pour effet d'effacer le problème spécifiquement architectural qu'avait soulevé Soufflot par son projet : comment fonder architecturalement un objet autrement que par une référence dogmatique à un genre d'architecture qui ne peut se justifier que par l'instauration d'une origine mythique et illusoire ? La réponse du constructeur sera aussi inévitable qu'irréversible : c'est dit-il, "probablement la considération de la charge que les pierres peuvent porter, qui (a) donné le premier et principal fondement des règles de l'architecture" (1).

(1) Observations sur la Physique, sur l'histoire naturelle et sur les arts, dit Journal de l'abbé Crozier (1774); Gauthey, Mémoire sur la charge que peuvent porter les pierres, p. 402-403.

En dissociant dans son projet, "la forme et les moyens de parvenir à son exécution" (1), Soufflot créait lui-même les moyens d'une incompatibilité d'un mode d'architecture et des procédés de construction "qu'on avait cru jusqu'alors incapable de s'y naturaliser" (2). Dans les polémiques vont disparaître en fait les préoccupations de Soufflot quant à la conciliation des deux modèles qu'il se proposait. Le débat n'atteindra jamais le problème de leur conciliation, il prendra d'un bout à l'autre l'objectif des procédés de construction, du "mécanisme de la construction", tel qu'il se plait lui-même à les désigner. Par ce mécanisme sera uniquement évalué son projet et après la mort de son auteur, les fissures qui allèrent se produire dans les piliers, pourraient à elles seules justifier toutes les accusations. Certes Rondelet, qui avait assisté à la construction dans sa quasi totalité, essaiera de montrer que cet échec constructif provient d'un vice de l'appareil des piliers, dans la poursuite du débat pendant la Révolution (3).

Le constructeur n'en a pas moins gagné ses lettres de noblesse sur un mode qu'il nous faut maintenant examiner.

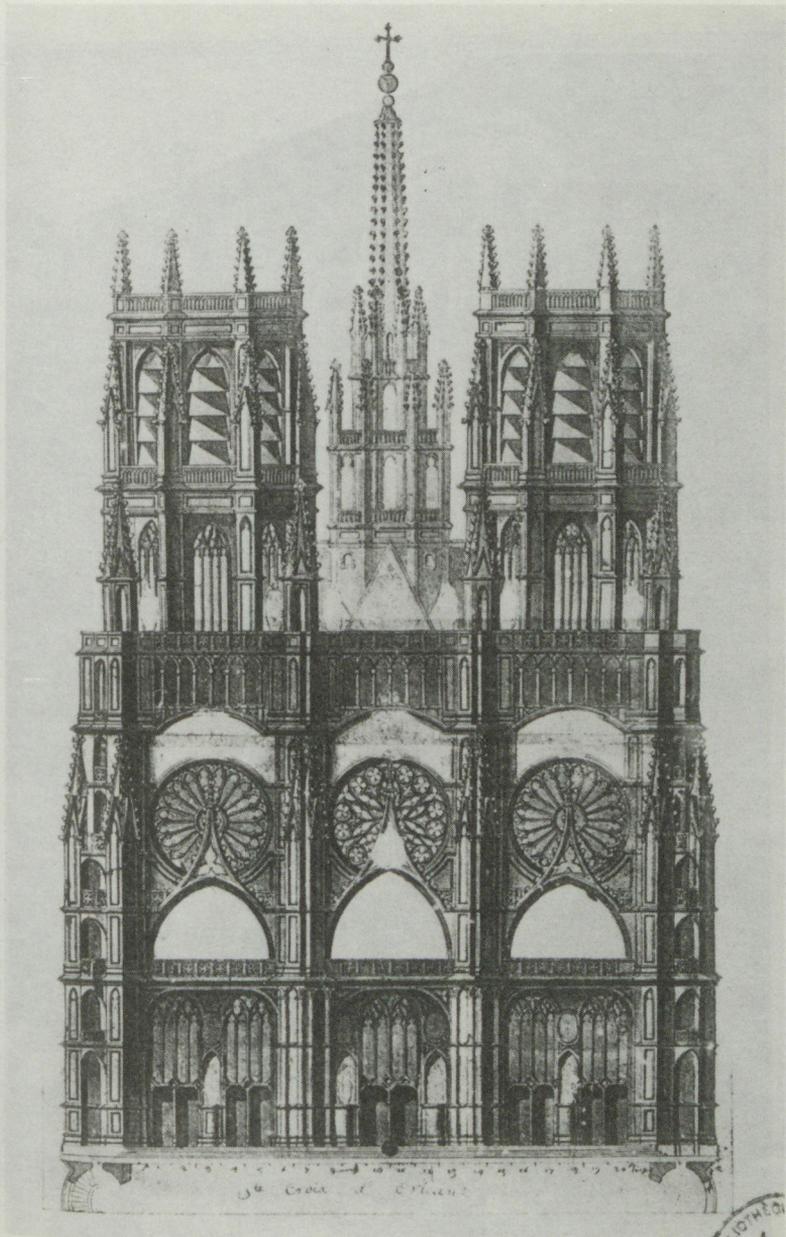
(1) Lettre de Soufflot, publiée dans le Mercure de France, 1770.

(2) Quatremère de Quincy - Rapport sur l'état actuel du Panthéon français, an II.

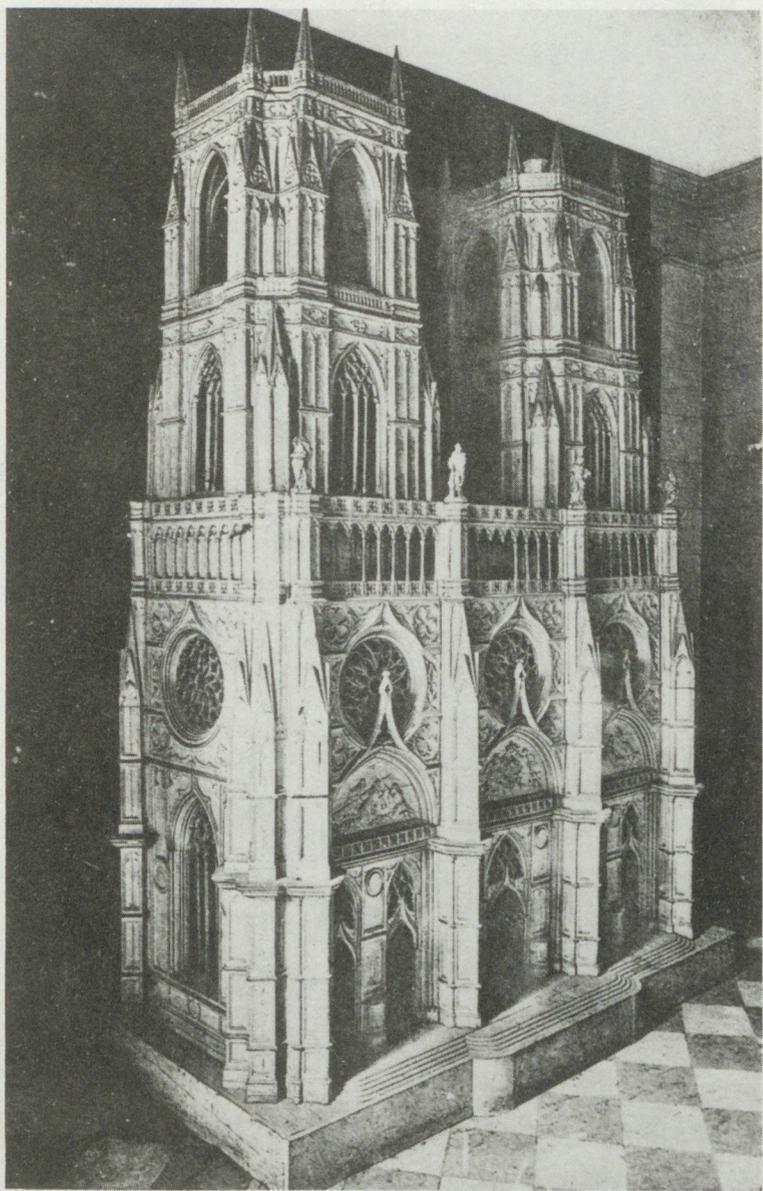
(3) Rondelet - Mémoire historique sur le dôme du Panthéon français, 1797.

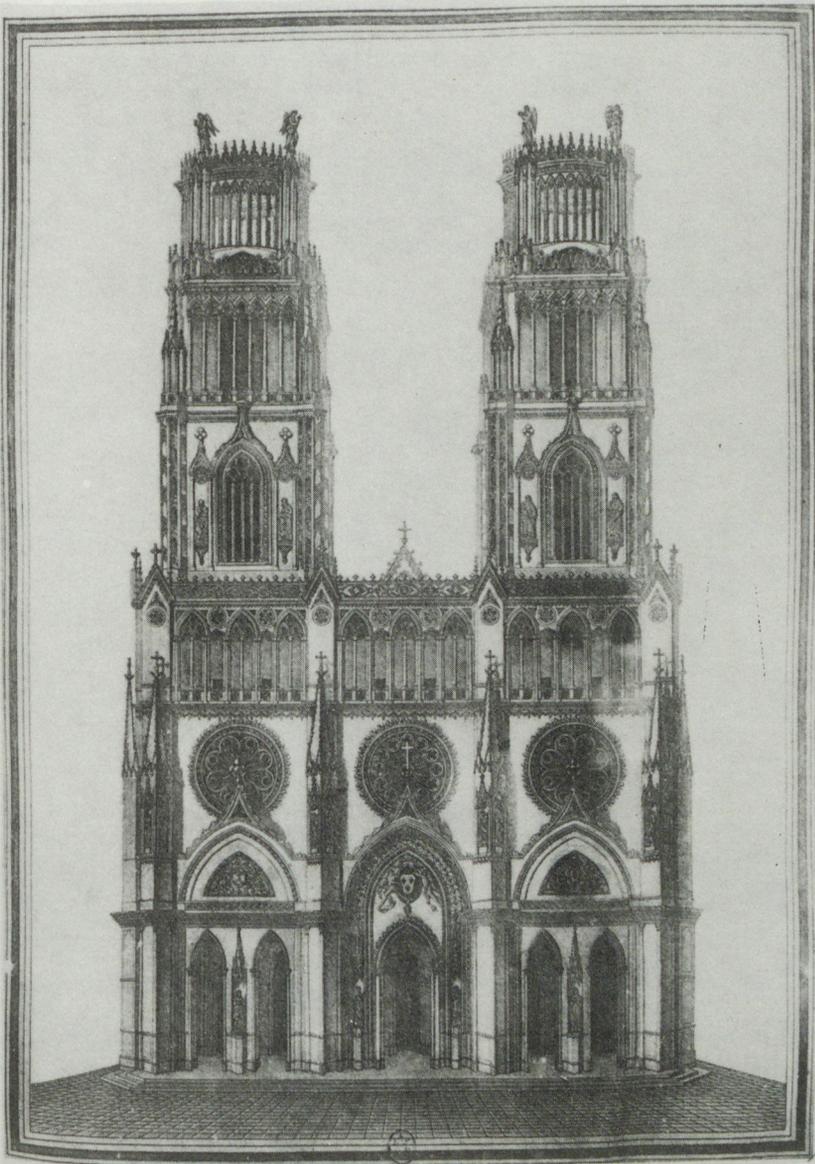
Gauthey - Dissertation sur les dégradations survenues aux piliers du dôme du Panthéon français.

Planches 1 à 3 : L'ancrage classique de la tradition gothique. Les projets de la Cathédrale Sainte Croix d'Orléans d'après les projets de Henault et Robert de Cotte, de Jacques Gabriel et la réalisation à l'achèvement des travaux.

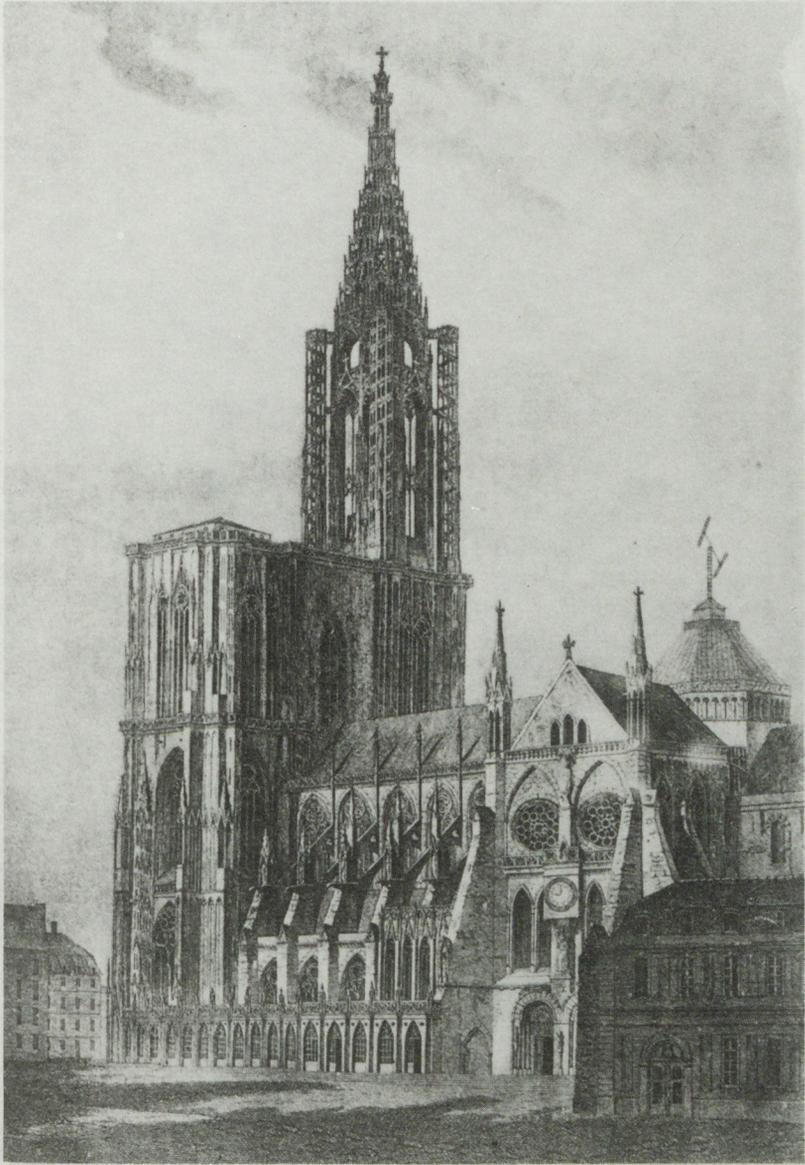


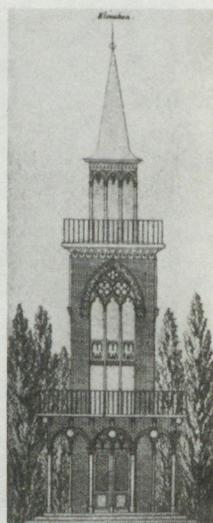
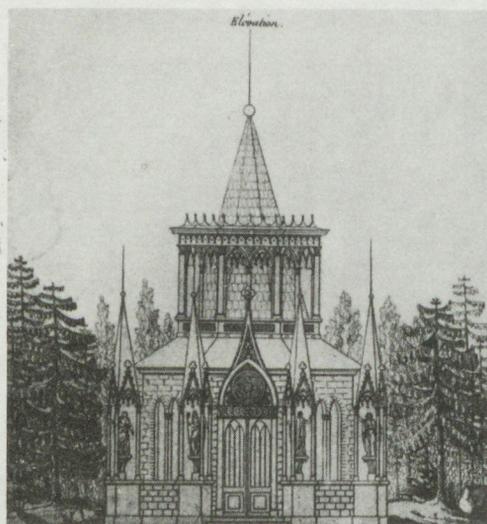
LIONÉ



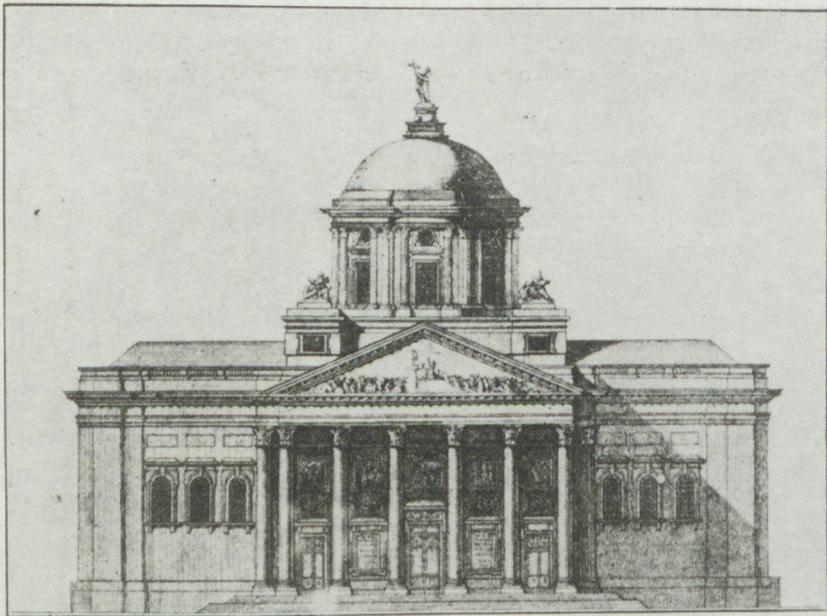


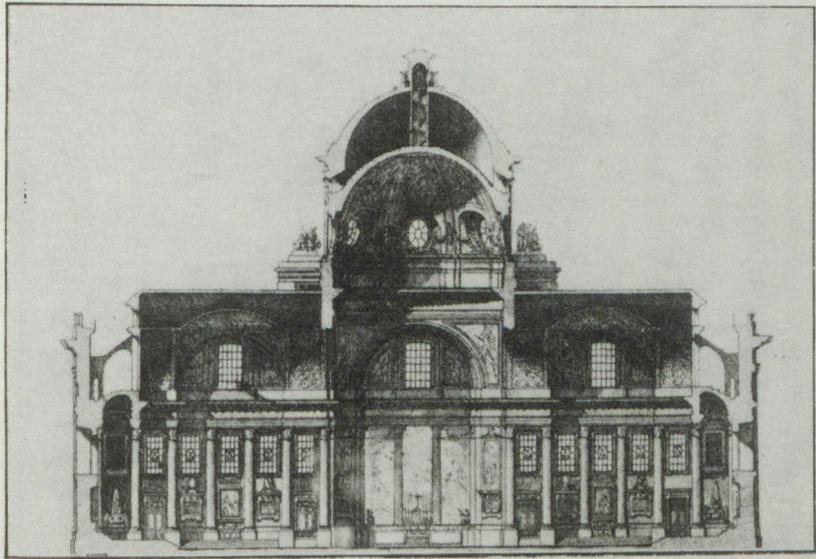
Planches 4 à 5 : La tradition gothique au XVIIIème siècle - Construction de boutiques au pied de la Cathédrale de Strasbourg ainsi qu'une mitre octogonale, ou encore cette chapelle et cet observatoire élevés par Bernard à l'Abbaye d'Ourscamp en 1780.





Planches 6 à 9 : Le projet de Soufflot pour l'Eglise
Sainte-Geneviève en 1757.





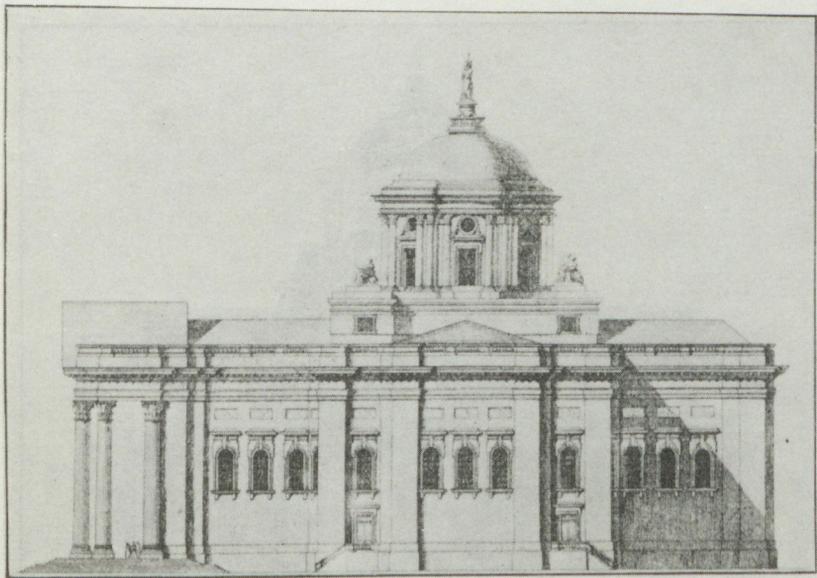
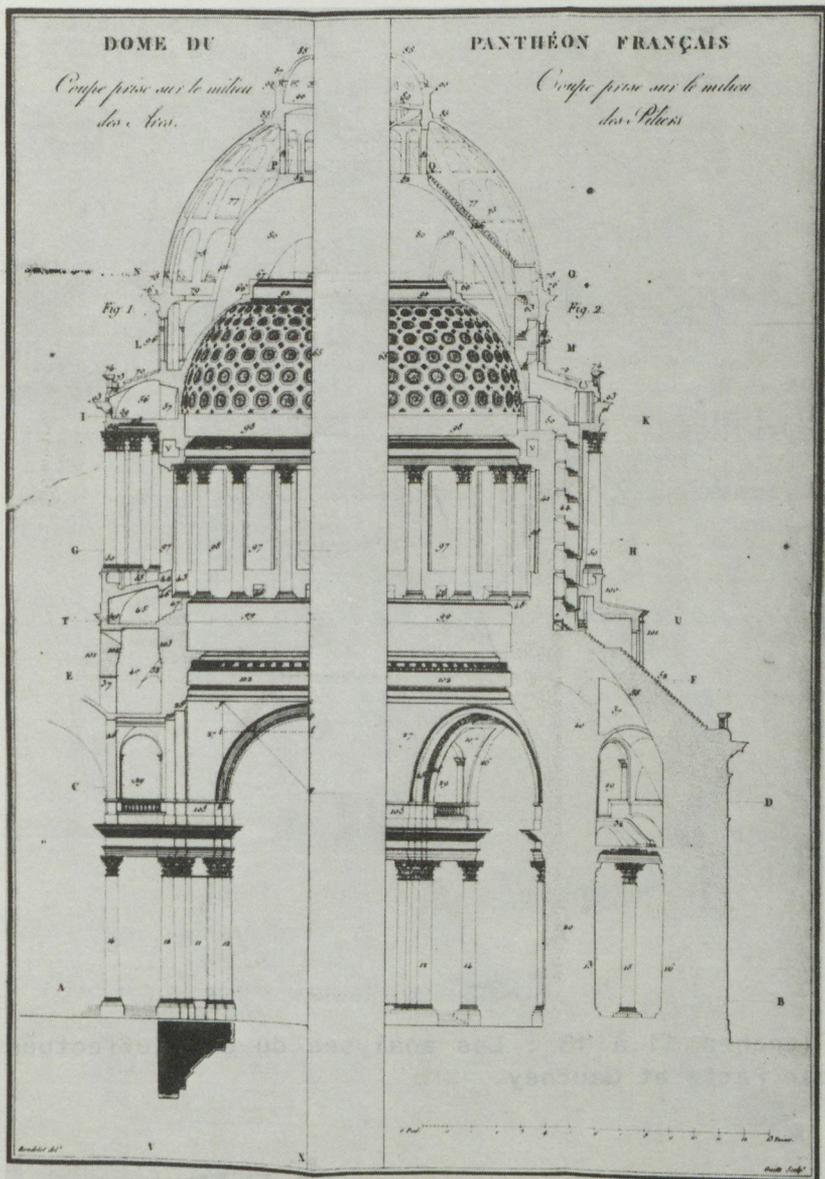




Planche 10 : Dôme de l'Eglise Sainte-Geneviève.



Planches 11 à 13 : Les analyses du dôme effectuées
par Patte et Gauthey.

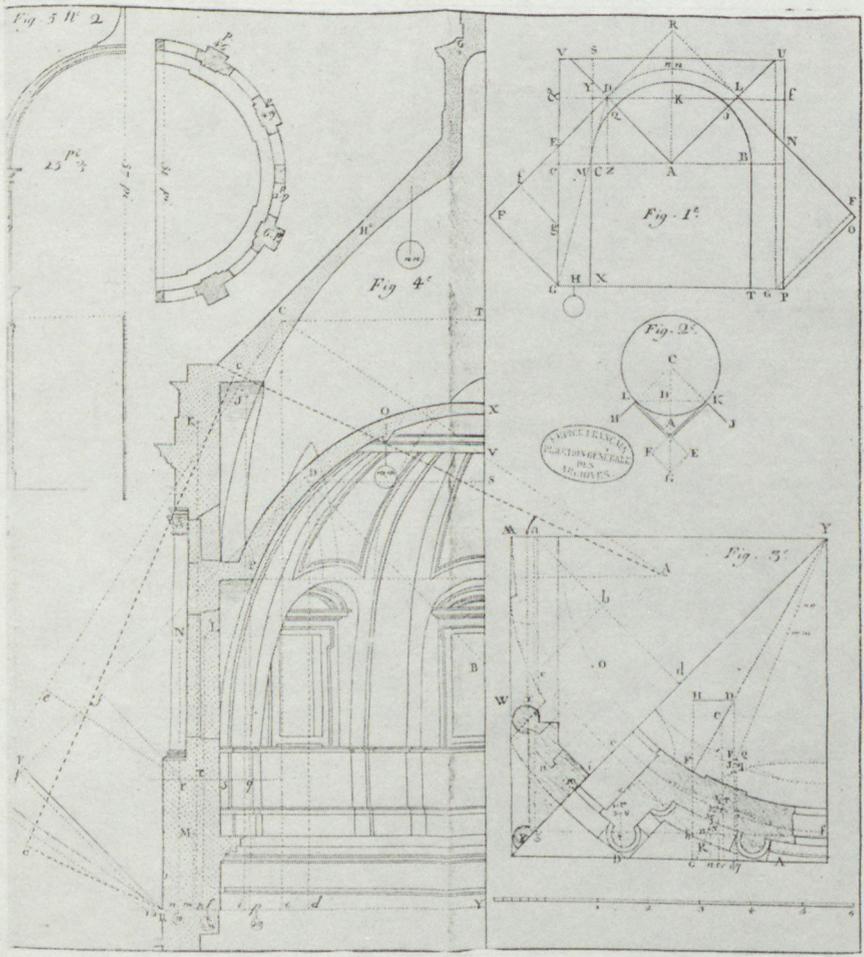


TABLE GÉNÉRALE
DES COÛTS GÉNÉRAUX
DES BÂTIMENS

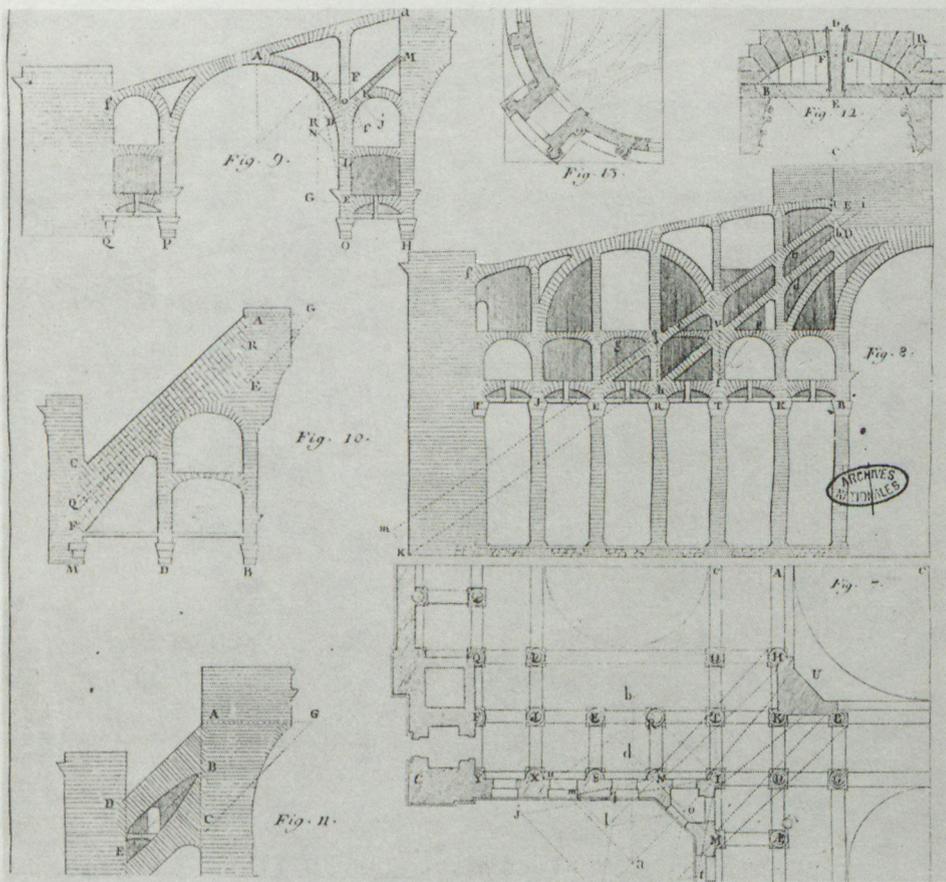


Planche 14 : Renforcement des piliers du dôme du Panthéon (en plus foncé figurent les piliers primitivement construits par Soufflot).

PROJET DE DÉCORATION
Entre les colonnes engagées des Piliers du Dôme
Par le C^{te} BRONGNIART Architecte.

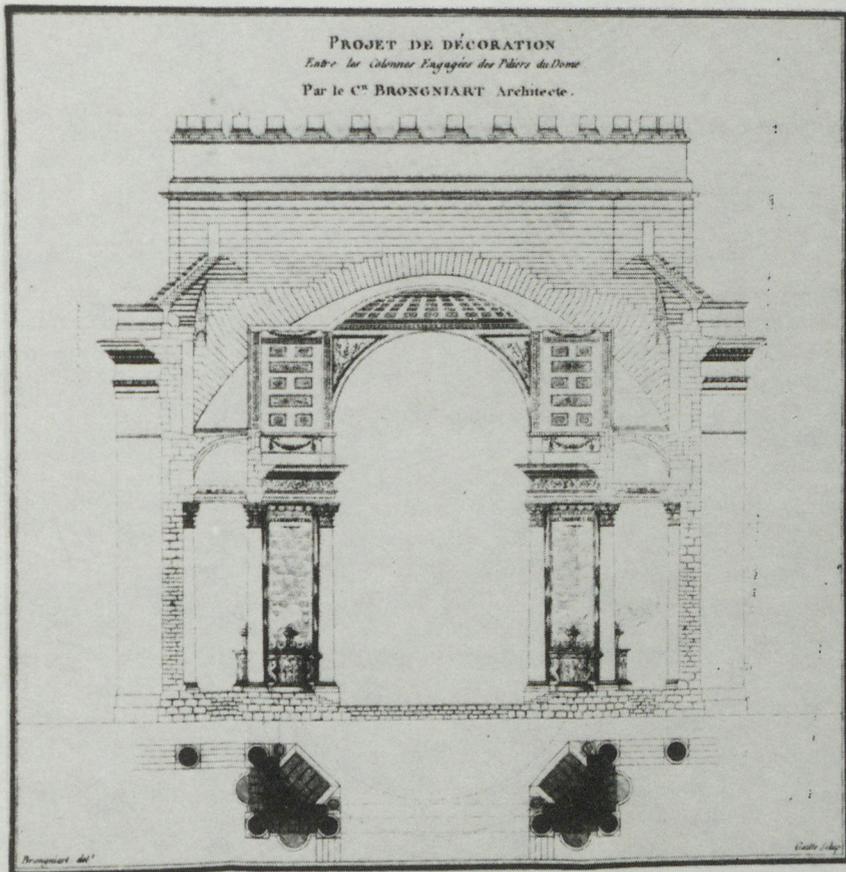


Planche 15 : Nouvelle Eglise Sainte-Geneviève,
dessinée par Lequeu "sous les yeux de Soufflot"
en 1781.





L'INVENTION DE LA TECHNIQUE

Un malentendu a pu se glisser dès le départ dans notre propos. La suspicion engendrée autour de la question de la matière constituerait la technique constructive dans une logique de l'application qui trouverait sa place à la suite de la mise en forme d'une méthodologie des sciences expérimentales au cours du XVIIIème siècle. Si cela était somme toute le cas, la constitution d'un savoir constructif ou technique aurait développé toutes les possibilités des principes abstraits nouvellement acquis. L'exercice d'un art constructif serait une progression systématique du général au particulier, ou de l'abstrait au concret, l'inverse d'une recherche scientifique, semble-t-il. La genèse constructive s'établirait sur une succession idéale de la recherche abstraite à la solution d'un problème par démarche déductive avec, si besoin, recours à l'empirisme. Une telle conception peut séduire par sa simplicité, si nous n'avions vu autour du projet de Soufflot pour l'Eglise Ste-Geneviève se dégager une recherche technique spécifique, certes hésitante et discontinue qui nous permet néanmoins de l'appréhender maintenant sous un autre aspect que cette science d'application qui en aurait fixé les prémisses. Il convient donc sans s'arrêter

à la discontinuité apparente des méthodes, des énoncés proposés, des résultats controversés, d'extraire le fondement original de la recherche technique et d'en comprendre le mouvement caractéristique. L'utilisation de moyens de nature incertaine, empirique ne doit pas servir d'argument pour ignorer la constitution dans la démarche technique d'une intervention positive de l'activité théorique de la technique. Il faut y être attentif.

Dès l'aube du XVIII^{ème} siècle les ingénieurs et notamment ceux des Ponts et Chaussées (corps qui commence à se constituer), issus en droit fil de l'art militaire, tentent de relater leurs expériences. Ces discours s'affirment entre les instructions pour l'art de la guerre et un projet technologique, voire même pédagogique des connaissances acquises dans la maîtrise des "forces de la nature". Il se dégage là une sorte d'universalité de ces connaissances : l'ingénieur, le maître d'engins merveilleux de la Renaissance, se voit confirmer sa fin; il n'est plus unique car l'invention s'ouvre désormais sur le monde de la bonne méthode créatrice des formes.

L'ouverture sur ce monde ne se donne pas d'entrée et l'intervention de l'ingénieur est encore problématique, bien que se dessine peu à peu son rôle: "On est encore trop heureux quand, dans un ouvrage de conséquence on rencontre plusieurs hommes ensemble, qui savent bien entre eux tout ce qui y convient le mieux. On ne saurait trop priser un habile charpentier, non plus qu'un habile appareilleur. Les deux personnes font pour l'ordinaire la tête, les ouvriers les bras, et l'ingénieur ou l'inspecteur, bien entendu, l'âme de l'ouvrage, pour

concilier ensuite les affaires, soit pour la prompte exécution, soit pour la bonne manière, et je soutiens qu'il n'est pas possible que ce constructeur, qui sera un ingénieur ou un architecte, ou un inspecteur, soit habile, et que l'on puisse compter sur lui s'il ne sait la manoeuvre qu'on doit tenir pour faire l'ouvrage" (1).

Si les métiers semblent encore dans ce moment tenir une place importante dans l'exécution des ouvrages et méritent toute la confiance des "constructeurs", le constructeur doit s'inquiéter du processus de la mise en oeuvre des constructions. On ne saurait ici faire la part exacte de ce que cette interrogation sur ce processus doit à l'art militaire, mais on peut penser que l'ingénieur militaire a acquis ses lettres de noblesse dans la coordination des différents métiers qui intervenaient au cours d'une bataille ou dans l'édification des fortifications.

1 - Observer et décrire les objets : l'enquête technique

"Décrire les arts, c'est exprimer leur objet, faire connaître leurs facilités et en rendre raison, signaler dans les procédés ce qu'ils ont de défectueux, indiquer les moyens de remédier à ces défauts. La description d'un art est bonne lorsqu'un discours clair et précis, accompagné de dessins et de tables nécessaires la rend intelligible à quiconque veut pratiquer l'art; lorsqu'en suivant exactement la

(1) Gautier - Traité des ponts - 1728, p. 27

route qui est prescrite on arrive avec certitude au but proposé, lorsqu'en un mot après avoir étudié la description on est en état de bien opérer et de dire pourquoi on préfère telle manière d'opérer à telle autre" (1).

Ce programme emblématique du projet de la mise en place d'une technologie vient en quelque sorte clore un débat qui a vu son plein essor, non seulement pendant la construction de Ste-Geneviève mais aussi et surtout pendant les campagnes de construction des ponts durant la seconde moitié du XVIIIème siècle et figurant certainement pour l'époque l'un des plus grands programmes d'équipements jamais réalisés.

C'est au cours de ces campagnes que se répandra un genre de littérature technique qui peut nous sembler étrange dans un premier temps. Les travaux discursifs des ingénieurs au cours de ce siècle, et notamment ceux de J.R. Perronet, vont s'illustrer à la description de la mise en oeuvre et à celle des matériaux; et c'est par une autre expérience que celle se constituant au sein de l'Académie, qu'ils reprendront les rapports qui unissent la forme à la matière. Si les ingénieurs sont bavards dans cette seconde moitié du XVIIIème siècle,

(1) Institut National, programme pour la continuation de la description des arts, séance du 15 vendémiaire an VII, p. 1 - Cité par J. Guillerme, technique et technologie, p. 38.

c'est moins pour élaborer des théories que pour "conter" ces campagnes de construction d'un grand nombre d'ouvrages d'art. Ce qui est visé dans ces descriptions, c'est le processus qui sous-tend l'élaboration de la forme construite. La séquence de ce processus, son archétype, sera défini par l'opération technique et le résultat, l'objet construit pourra se lire, selon l'expression de Boistard, comme le "précis historique" (1) de ces opérations suite d'opérations définissant l'objet de l'intervention et en même temps une marche à suivre dans la construction.

La procédure de l'enquête est une des formes les plus caractéristiques entrant dans la constitution de nouveaux savoirs au XVIIIème siècle (2). Sur le modèle de l'enquête judiciaire se profilent les premières enquêtes administratives et notamment l'enquête d'utilité publique (de commodo et incommodo) pour ce qui concerne l'établissement des routes, chemins et ponts (3). Chez les ingénieurs et notamment dans leurs recherches sur la construction, les enquêtes menées ne prendront pas cette dimension sociale. Ce sont les objets qui seront

(1) Boistard - Recueil d'expériences et d'observations faites sur différents travaux exécutés pour la construction du pont de Nemours, pour celle de l'arsenal et du port militaire d'Anvers et pour la reconstruction du port de Flessingue, Paris, 1822, p. 178

(2) Michel Foucault a su en montrer le rôle.

(3) Voir A. Debaube, les travaux publics et les ingénieurs des Ponts et Chaussées depuis le XVIIème siècle. Paris, Dunod, 1893.

interrogés, car si la théorie est bien là et connue des ingénieurs, le doute demeure quant à l'opportunité des hypothèses retenues et les obstacles rencontrés sur le terrain ne font que le conforter. Dès le début du siècle, des ingénieurs, tels Gautier ou Bélidor (1), devant les nouveaux problèmes que suscite cet horizon théorique, s'essaieront, aux lumières de la géométrie, à une description de leurs pratiques. La description des arts avait été inaugurée dans un programme soumis par Colbert à l'Académie des Sciences en 1675 (2), mais ce programme n'aboutit véritablement que dans les "enquêtes" du XVIIIème siècle.

Les premiers ingénieurs du début du siècle semblent avoir quelques difficultés à extraire leur investigation de l'art militaire, et les objets qui les préoccupent sont avant tout tournés vers des problèmes de stratégie et de souveraineté (3).

(1) Gautier, Traité des ponts, 1727

Bélidor, La science des ingénieurs, 1728.

(2) Voir J. Guillerme et J. Sebestik, Les commencements de la technologie, revue Thalès 1966, p. 14 à 15 et p. 32 à 37.

(3) On peut donner par exemple la définition de l'utilité d'un pont, donnée par Gautier dans son traité des ponts, p. 1 "Les souverains ne sauraient vaincre leurs ennemis, en portant au-delà des limites de leurs Etats leurs armes victorieuses, qu'en faisant faire des ponts sur les grandes rivières qui les séparent et qui s'opposent à leurs conquêtes".

En changeant radicalement d'objet, les "mémoires" que nous ont laissés les ingénieurs de la seconde moitié du XVIII^{ème} siècle porteront principalement sur la construction des ponts, et ce n'est véritablement qu'au début du siècle suivant qu'apparaîtront de nouveau les traités de construction. J.R. Perronet, ingénieur à la base de la constitution du Corps des Ponts et Chaussées semble bien inaugurer une pratique de description systématique des travaux dont il fut chargé à cette époque. Il exercera un regard particulièrement aigu sur toutes les phases de la construction jusque dans le moindre détail, et il aura même " ... l'attention, dans cette description, de ne point dissimuler les fautes qui ont pu être faites ..." (1), lors de ces constructions.

Que recèlent ces enquêtes en fait ? Il n'est pas facile de s'en rendre compte dans la complexité des circonstances et les considérations de détail. La série des étapes d'un même ouvrage s'échelonne sur une période très longue et se décompose en de nombreux stades concrets. Il est difficile d'en saisir la part d'innovation théorique masquée dans une condensation d'efforts descriptifs.

La construction d'un pont durait parfois plus d'une dizaine d'années et l'ingénieur la relatait d'année en année, recourant souvent à des périodes plus courtes pour certains problèmes, voire certaines anecdotes qui peuvent nous sembler en grand nombre de ces descriptions au vu de leur minutie (2).

(1) Oeuvres de Perronet - Discours préliminaire

(2) Il faut signaler également les descriptions de Pitrou - Regemorte et Hupeau.

Prenons l'exemple du montage et de la mise en place d'un cintre pour la construction d'une voûte : "Dès qu'une ferme était montée entièrement et boulonnée, on la décalait de dessus les tréteaux; on lâchait les étais avec précaution de chaque côté par le moyen de crics qui la soutenaient dans ce moment; on la faisait descendre doucement jusqu'à ce qu'elle fut abandonnée à elle même par son propre poids. Cette opération la faisait approcher en joint ..." (1).

Ce que l'on cherche à déceler par la description ce sont les opérations qui seules peuvent rendre compte d'une pratique, et non plus la connaissance des métiers qu'elle met en oeuvre, et la théorie elle-même est insuffisante. "La seule théorie, quoique indispensable pour de pareils ouvrages, serait également insuffisante: une pratique éclairée et confirmée par le succès est le guide le plus sûr auquel on puisse avoir recours" (2).

Par ce travail sur le terrain, l'ingénieur prend en main la constitution de son propre savoir en marge des problèmes théoriques, tout en sachant ne pas s'en éloigner, et parallèlement au programme de "description des métiers" de l'Académie; car que deviennent les métiers si l'on retourne à la description de la fabrication et de la mise en place d'un cintre par Perronet. "Chaque atelier

(1) Perronet - Description des projets et de la construction des ponts de Neuilly, de Mantes, d'Orléans, de Louis XVI, etc ..., etc. 1788, p. 81

(2) Id. Discours préliminaire.

avait quatre écopерches, deux moulinets, trois crics : il était composé de quatre charpentiers, de dix manoeuvres; quatre étaient employés à barrer à chaque moulinet et le cinquième à retenir la retraite; ce qui fait en total, pour les deux ateliers, huit charpentiers et vingt manoeuvres. Huit autres manoeuvres transportaient les bois du chantier sur le tas avec un équipage nommé diable, ils étaient suffisants pour entretenir les deux ateliers. La distance réduite de ce transport était de 90 toises" (1).

Il y aurait certes ici, dans ces descriptions opérationnelles, beaucoup à dire sur la constitution du travail comme objet d'étude et sur la genèse du poste de travail et de l'atelier comme effacement de la spécificité des métiers bien avant l'apparition des grandes manufactures du XIXème siècle.

Dans la notion prospective d'opération les descriptions inaugurées sur la construction des ponts laissent augurer la connaissance des développements du processus de la construction avec son propre langage et les modalités de son articulation. Perronet poussera plus loin ses investigations à partir de ces descriptions. Il isolera quelques opérations auxquelles il soumettra plus finement encore son mode d'analyse. Pour suivre dans l'exemple donné, nous examinerons rapidement les recherches qu'il effectua sur le cintrement et le décintrement des ponts (2), et nous verrons qu'elles rejoignent les spéculations théoriques menées à

(1) Ibid - p. 81

(2) J.R. Perronet - Mémoire sur le cintrement et le décintrement des ponts, 1777.

l'Académie des Sciences, à laquelle, par ailleurs, il soumettait tous ses travaux.

Il remarqua que les voûtes pendant leur construction effectuaient différents mouvements. Lors de la pose des voussoirs il se produit inévitablement un tassement des cintres, pour lutter contre celui-ci, il était d'usage de battre des coins dans les joints des derniers cours de voussoirs.

Ainsi pouvait s'effectuer le décintrement, après une attente d'un mois ou six semaines pour le séchage du mortier. "La crainte d'être surpris dans l'arrière-saison par les grandes eaux, m'a obligé de commencer le décintrement de l'arche de Nogent-sur-Seine trois jours après sa fermeture Le tassement total de la voûte, a été en quarante cinq jours après le commencement du décintrement de 12 pouces et 6 lignes, se distribuant proportionnellement sur les autres voussoirs ... Pour rendre ce changement de courbure plus sensible, et pour distinguer la partie de la voûte qui tend à renverser les culées et les piles de celles des parties inférieures qui résistent à cet effort, j'avais fait tracer avant le décintrement une ligne horizontale sur les voussoirs des têtes de l'arche, ... et d'autres lignes obliques au droit des reins ..." (1).

Ce qui est remarquable ici, c'est que par la définition d'opérations, Perronet dégage autant de champs d'expériences. Expériences qui se présenteront comme le véritable objectif de l'enquête technique en échappant dans un second temps à la description.

(1) Ibid - p. 12 et 13.

Les séquences individuées vont pouvoir être interrogées par elles-mêmes et l'enquête technique à son terme n'a pas encore réalisé l'enchaînement rationnel des opérations. Cette classification ne pourra s'effectuer que par le retour expérimental sur une opération d'après un mode déductif qui par observation directe assimilera cette opération à la particularité de la relation de la matière à la forme. L'expérience relatée par Perronet nous indique clairement ce mouvement qui lie les deux termes. Est-ce l'effet de la matière qui modifie la forme ? ou bien est-ce la forme même d'une voûte qui modifie les propriétés des matériaux et sous quels effets ? Autant de questions où les ingénieurs s'essaieront à rechercher des régularités par le moyen de l'expérience.

Perronet ne cache pas ici que l'ingénieur a su tirer parti des résultats fragmentaires, éclatés des sciences appliquées mais il lui faut suppléer aux conditions de particularité qui excèdent les limites de leurs domaines théoriques. Pour cela une méthodologie de comparaison s'impose et crée là, véritablement les conditions d'émergence de la technique constructive.

Examinons la démarche typique qu'il élabore. La forme construite - pont ne pouvant se définir analytiquement, il s'agira d'abord de la caractériser d'une façon aussi précise que possible: c'est le but de l'enquête. Ce ne sont pas des équations qui pourront l'établir, mais une suite de rapports choisis entre les dimensions de l'objet - Gauthey sur le Panthéon, puis Rondelet dans son Traité reprendront la démonstration élémentaire de ces rapports existants entre différents types de voûtes suivant cette méthode comparative qui permet

d'apprécier le type et de le rapporter à la série. On approchait une véritable théorie expérimentale de la construction.

2 - Une théorie expérimentale de la construction

Les observations menées sur le chantier par l'ingénieur ont imposé une décomposition analytique du construire sous la forme d'opérations caractéristiques de l'exécution et des rapports formels des objets construits. Or, dans chacun d'eux on pouvait observer le comportement de la construction comme étant toujours en contradiction avec la stabilité naturelle d'une construction (tassement des voûtes, renversement des culées ...).

La théorie peut certes donner une abstraction et des outils d'analyse des constructions sous l'effet des forces, des leviers, des frottements (1), mais ne permet pas de mesurer les effets physiques des éléments entrant dans leurs compositions. "Nous passons sous silence les recherches analytiques ... leurs résultats sont en général peu susceptibles de s'appliquer à la pratique" (2).

La recherche de ces effets sera menée au moyen d'expériences. L'expérience ici, (ne sera pas à entendre dans le sens d'une connaissance acquise par une longue pratique, érigée même en principe

(1) Encore qu'il faille attendre véritablement le milieu du XIXème siècle pour constater son effectuation.

(2) Gauthey - Traité de la construction des ponts-Tome I, p. 258

par Bélidor une cinquantaine d'années auparavant (1)), se trouve requalifiée dans le sens de l'épreuve ou de l'essai pour démontrer ou vérifier certaines propositions ou propriétés. Ces expériences porteront sur la détermination de certaines formes et leur composition matérielle.

Si la "théorie des mathématiques" a fait son entrée dans le champ de la construction les ingénieurs ne lui accorderont pas la confiance qui peut sembler aujourd'hui régner sur ce domaine. "Dans l'application du calcul aux travaux d'art, la première chose à déterminer pour arriver à la résolution d'une question est souvent une hypothèse, et comme elle est le principe qui fait la base du calcul, les résultats de celui-ci sont nécessairement la conséquence de l'autre. Or, si l'hypothèse est juste, les résultats seront justes, si l'hypothèse est erronée, on peut juger du danger de les adopter: mes expériences sur la stabilité des voûtes feront preuve de ce que je viens d'avancer " (2).

Boistard partage unanimement l'avis des ingénieurs de la fin du XVIIIème siècle. Perronet, Gauthey, avant lui, avaient déjà insisté sur les aspects

(1) Bélidor - La science des ingénieurs, cf. chapitre Le principe d'expérience, p. 39

(2) Boistard (L.C.) Recueil d'expériences et d'observations faites sur différents travaux ..., Paris 1822, Avertissement. On peut noter que déjà des expériences avaient été faites par des ingénieurs. Nous avons choisi de relater les plus complètes.

trompeurs des théories qui se développaient à la limite du domaine de la construction. Dans ces expériences Boistard passera en revue toutes ces théories, les expérimentera en quelque sorte dans le but avoué de "fonder une théorie expérimentale de la construction" (1), dont on peut douter qu'il fut un jour atteint. Mais ces expériences en manquant leur objectif vont néanmoins dégager et autonomiser l'intervention de l'ingénieur par rapport aux recherches des mathématiciens. Pour reprendre l'exemple des expériences sur les voûtes, Boistard conclura ainsi : "La première conséquence qu'on doit tirer de ce qui précède, est que la théorie ordinaire de l'équilibre des voûtes doit être entièrement abandonnée". Car, poursuivra-t-il "... nous ferons observer qu'une voûte peut avoir de la stabilité indépendamment de tout équilibre" (2).

Nous n'examinerons pas le résultat de ces expériences sur les voûtes dans le détail, mais nous ferons remarquer qu'au terme de l'observation ce qui est isolé est "le lieu précis des joints de rupture" et dans ce lieu réside toute la réalité de la construction contre l'avènement de l'échec.

Sur les remarques établies par ces prédécesseurs, il était possible de déterminer des rapports plus complexes et plus significatifs du franchissement d'un espace, de la plate-bande à l'ogive. En expérimentant tous les types possibles sur un franchissement donné, Boistard se donnait les moyens de représenter les relations entre les éléments caractéristiques d'une voûte (lieu de rupture, charge

(1) Ibid, p. 96

(2) Ibid, p. 119.

possible ...); il s'offrait la possibilité en fixant d'autres éléments, et en leur assignant une valeur de déterminer suffisamment les besoins de la pratique. La rupture et la charge sont rapportées à des coefficients critiques, c'est-à-dire des coefficients d'utilisation d'un objet. Ce coefficient va jouer un rôle essentiel dans les opérations de comparaison de la démarche technique. Il est par essence une expression approchée d'une loi inconnue.

Il faut bien se persuader ici que la technique se porte moins vers l'acquisition de la connaissance d'une loi générale, inaccessible à la théorie et inutile d'un autre point de vue à la pratique, que vers des appréciations de cette loi, c'est-à-dire la certitude qu'elle se présente en conformité avec des prévisions ou des utilisations nécessaires. Mais dans ce jeu s'articule toute sa rationalité sous l'apparence empirique de procédés analogiques de comparaison d'un système d'opérations, où nous reconnaitrons :

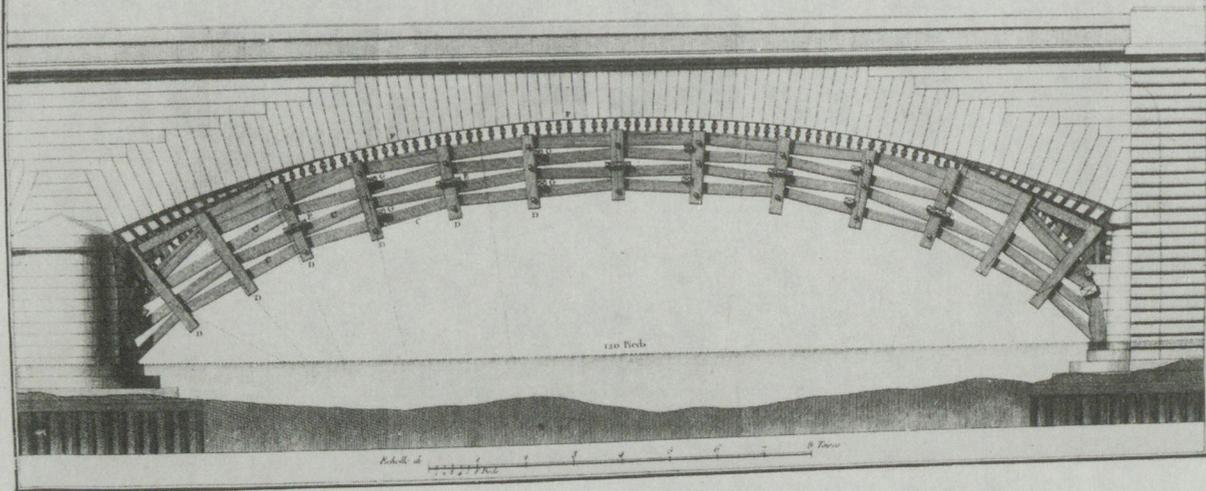
- sous l'effort d'observation, un dépouillement méthodique et raisonné des résultats acquis; une observation qui peut tout aussi bien se caractériser comme une expérimentation directe ou indirecte (par documentation) présentant ses résultats, ses méthodes, ses essais;

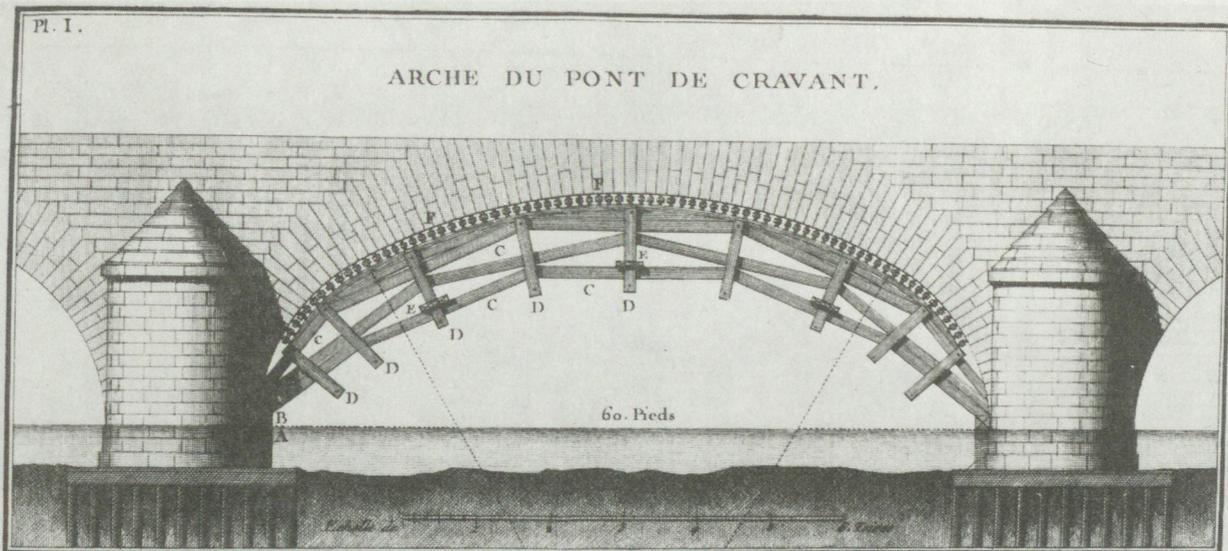
- sous l'effort de comparaison, bien autre chose qu'un simple procédé d'analogie, d'inférence du particulier au particulier; il s'agit en fait de fonder des hypothèses, incertaines sans doute, discutables toujours, sur la nature de certaines lois physiques; des hypothèses que l'expérience a contrôlé entre certaines limites.

Planches 1 à 2 : Perronet et la construction des
ponts de Neuilly et Cravaut.

Pl. III.

DESSEIN D'UNE DES CINQ ARCHES DU PONT DE NEUILLY.



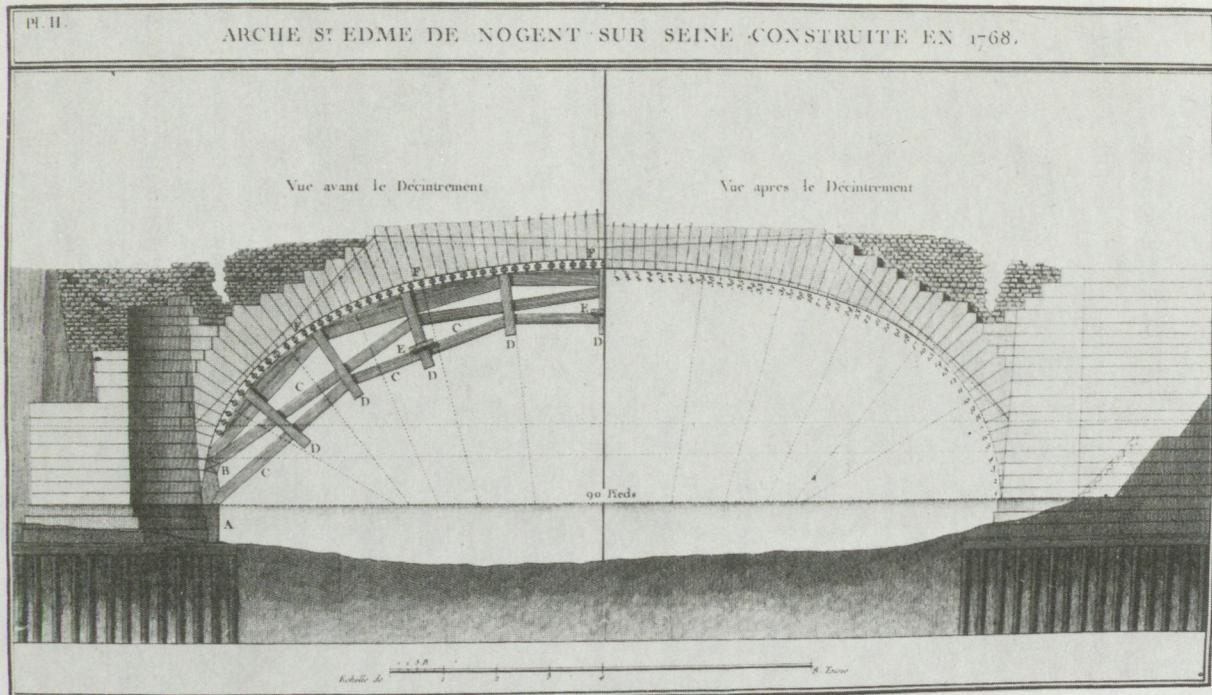


Legende pour les Fermes des trois Ponts.

- | | |
|--|------------------------------|
| A. Jambes de force. | D. Moises pendantes. |
| B. Chapeaux. | E. Moises horizontales. |
| C. Arbalestriers. | F. Couchis avec leurs Calos. |
| G. Liernes. Sur la Planche du Pont de Neuilly. | |

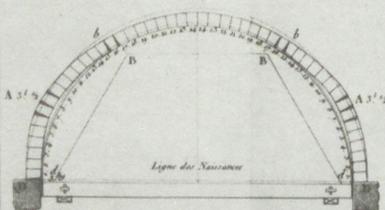
Le Coust. Sculp.

Planche 3 : Perronet - Expérience sur le décentrement des ponts - Pont de Nogent.



Planches 4 à 9 : Boistard - Expériences sur l'architecture des voûtes.

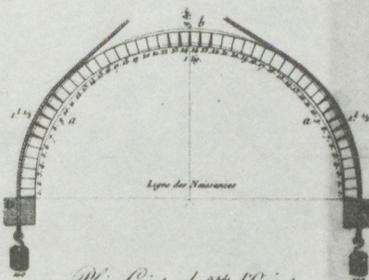
Fig. 1^{re}



Plein Centre de 81^{de} d'ouverture.
(60°)

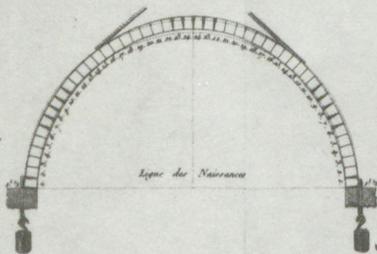
Chaque Voussoir comprend 3° 45' et plus $\frac{20}{32}$
3° 69'

Fig. 2^{me}



Plein Centre de 81^{de} d'ouverture.
(60°)

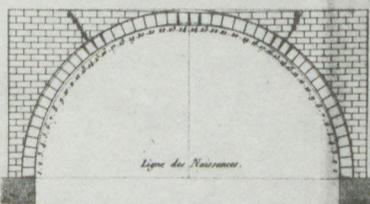
Fig. 3^e



Plein Centre de 81^{de} d'ouverture.

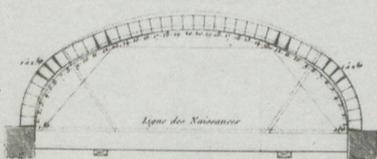
Avec une Courbe tendue de chaque côté par un poids de 300^{lb} et embrassant
un Arc de 81^{de} le Vide est rempli parfaitement rond et on n'a aucune
ouverture de joint ni à l'extrados ni à l'intrados

Fig. 4^e



Plein Centre de 81^{de} d'ouverture.
(60°)

Fig. 5.

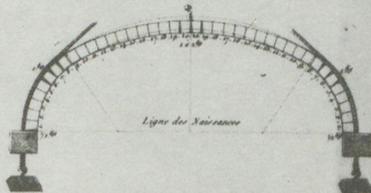


Voute de 8^{to} (20^{to} 66^{to}) d'ouverture surbaissée au tiers,
formée avec 2 arcs de cercle dont la différence entre le rayon de
l'arc extérieur et celui de l'arc moyen est la moindre possible.

Les arcs ont des 36° 18' 30" grand rayon 13348 Pieds
des moines 67° 22' 40" Petit rayon 20271,8^{to}

Nota Les ouvertures de la voûte ne sont cubées qu'à peu près.

Fig. 6.



Voute surbaissée au tiers.
Ouverture 8^{to} (20^{to} 66^{to})

Nota Le terminement et les courbures de joints ne sont indiqués qu'à peu près.

Fig. 7.

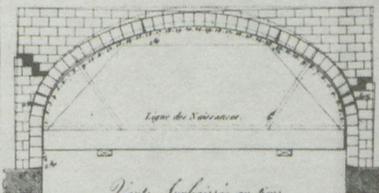


Voute surbaissée au tiers.

Nota: Le surbaissément n'est indiqué qu'à peu près,
ainsi que la courbure de joints.

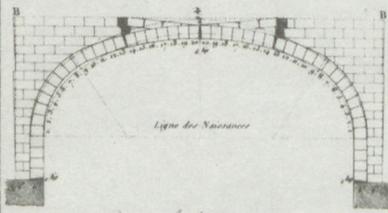
Les Piles doivent lever un peu en tournant sur leur arête extérieure

Fig. 8.



Voute surbaissée au tiers.
Ouverture 8^{to} (20^{to} 66^{to})

Fig. 9.



Voute Surbaissée au tiers.
Couverture 8^{de} (2^{me} 60^e)

AB, est une planche appliquée de chaque côté de la Maçonnerie avec des Drape pour la consolider.

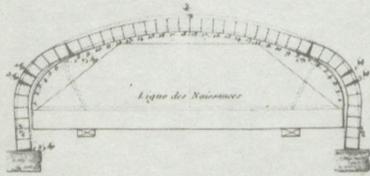
Fig. 10.



Voute Surbaissée au quart

Divisée par trois arcs de cercle dont la différence entre le rayon de l'arc extrême et celui de l'arc moyen est le plus petit possible.
Ar. extrême 63^e 26' 5 - Grand rayon. 733,596 Toises
Ar. moyen 53^e 7' 50 - Petit rayon. 238,92 Toises

Fig. 11.



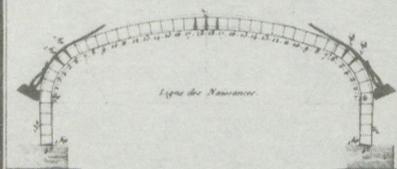
Couverture 8^{de} (2^{me} 60^e)
Montée 2^{de} (0. 65^e)

Fig. 12.



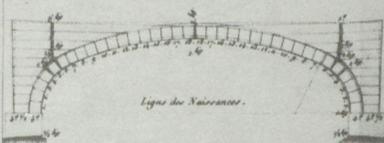
Couverture 8^{de} (2^{me} 60^e)
Montée 2^{de} (0. 65^e)

Fig. 15.



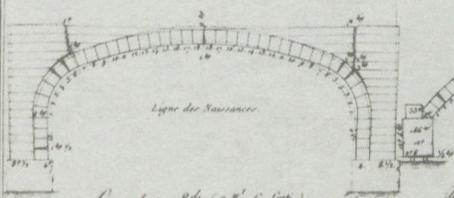
Ouverture 8^{de} (22^{pi} 60^{li})
Montée 2^{de} (6^{pi} 63^{li})

Fig. 14.



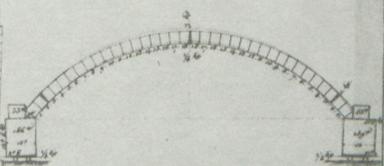
Ouverture 8^{de} (22^{pi} 60^{li})
Montée 4^{de} (12^{pi} 30^{li})

Fig. 15.



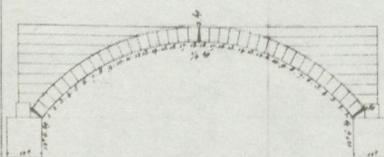
Ouverture 8^{de} (22^{pi} 60^{li})
Montée 2^{de} (6^{pi} 63^{li})

Fig. 16.



Voute en arc de Cercle de 8^{de} l'Ouverture
Montée 2^{de} (6^{pi} 63^{li})
Rayon 5^{de} (15^{pi} 62^{li})
Arc = 106° 15' 36"
Poids de la Voute 500⁰⁰⁰ (140⁰⁰⁰ 8,5) livres

Fig. 17.



Couverture du cintre primitif $8^4 (2^4 60)$
 Couverture de la voûte $8^4 2 (2^4 61.2)$
 Poids de la voûte $500^2 (126^2 25)$

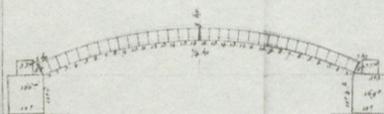
Les voûtes sont en briques posées à creux, le socle et l'ouverture des joints sont en tûtes qui passent sur les deux bords au-dessus de celui qui se repoussent dans la précédente apparence à une ligne de l'épaulé des murailles.

Fig. 18.



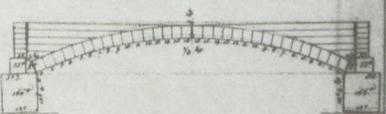
Couverture du cintre primitif $8^4 (2^4 60)$
 Poids de la voûte $500^2 (126^2 25)$

Fig. 19.



Couverture $8^4 (2^4 60)$
 Flèche $1^2 (0^2 32)$
 Rayon $8^4 6 (2^4 65)$
 Rev. total $36^2 8^2 22^2$
 Poids de la voûte 285^2

Fig. 20.



Couverture $8^4 (2^4 60)$
 Flèche $1^2 (0^2 32)$ Rayon $8^4 6 (2^4 65)$ Rev. total $36^2 8^2 22^2$
 Poids de la voûte

Les voûtes sont formées de 42 briques posées à creux de chaque côté, 7 d'élévation d'épaulé sur le petit revêtement et 22 en brèvement planché en liaison sur chaque côté de la voûte. Le poids moyen d'une brique est de 4 livres.

Fig. 21.

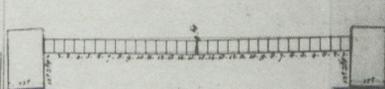


Couverture 8^{to} (24' 6 1/2")
 Flèche ou l' 87 1/2" (22' 5 1/2")
 Rayon 12' 10" (36' 3/4") (12' 8 1/2")
 Arc total 114° 10' 10"

Poids de lavance 237^{to} (201^{to} 40^{lms})
 Poids de l'Arc à gauche 202^{to} (169^{to} 30^{lms})
 Poids de l'Arc à droite 200^{to} (168^{to} 27^{lms})
 Le poids de chaque pile répond à 27^{to} de son arc extérieur

Nota Les dimensions de cette voûte sont les 3/4 ou à peu près 1/4 de celles du Pont de Nemours de 16^{to} d'ouverture (16,24 12 1/2" (16' 2 1/2") de rayon, et 5 1/2 1/2' 4" (12' 6 1/2") de flèche

Fig. 22.



Couverture de la plate bande 8^{to} (24' 6 1/2")
 Poids des Lavance 222^{to} (187^{to} 60^{lms})
 Poids de la Calée à gauche 209^{to} (168^{to} 30^{lms})
 Poids de la Calée à droite 205^{to} (168^{to} 27^{lms})
 Poids sur le milieu de chaque Calée 752^{to} (588^{to} 30^{lms})

Fig. 25.

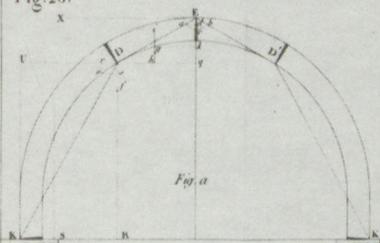


Fig. a

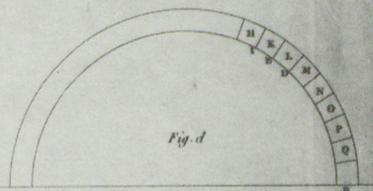


Fig. d

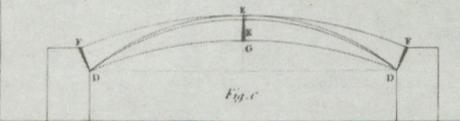


Fig. c

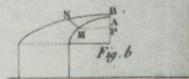
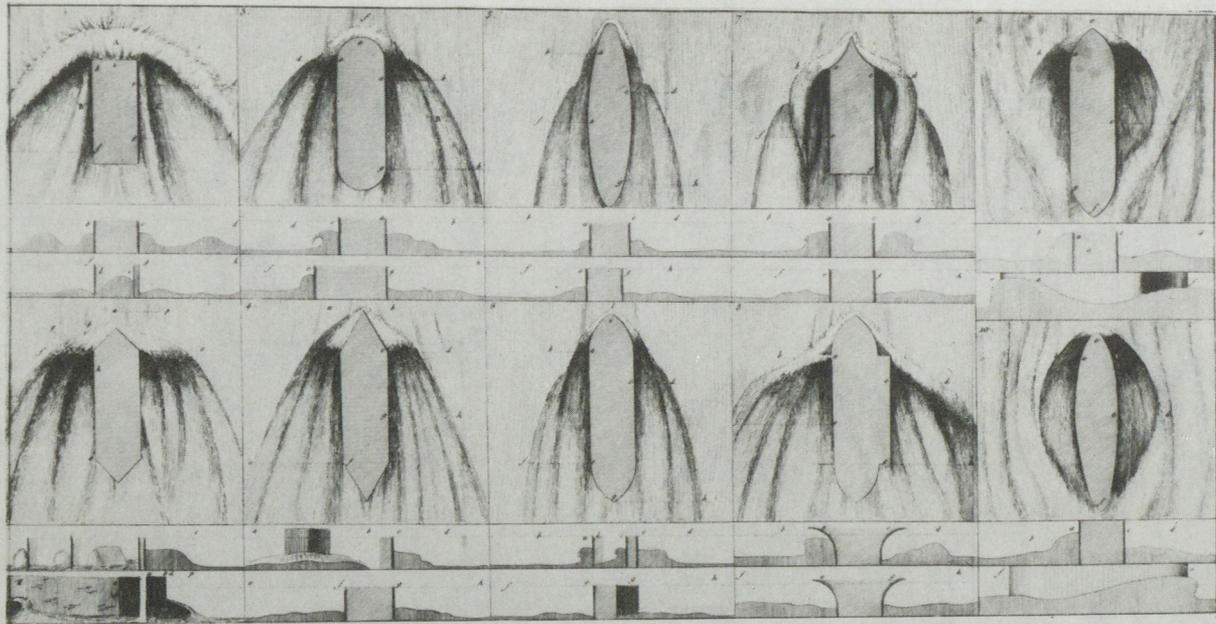
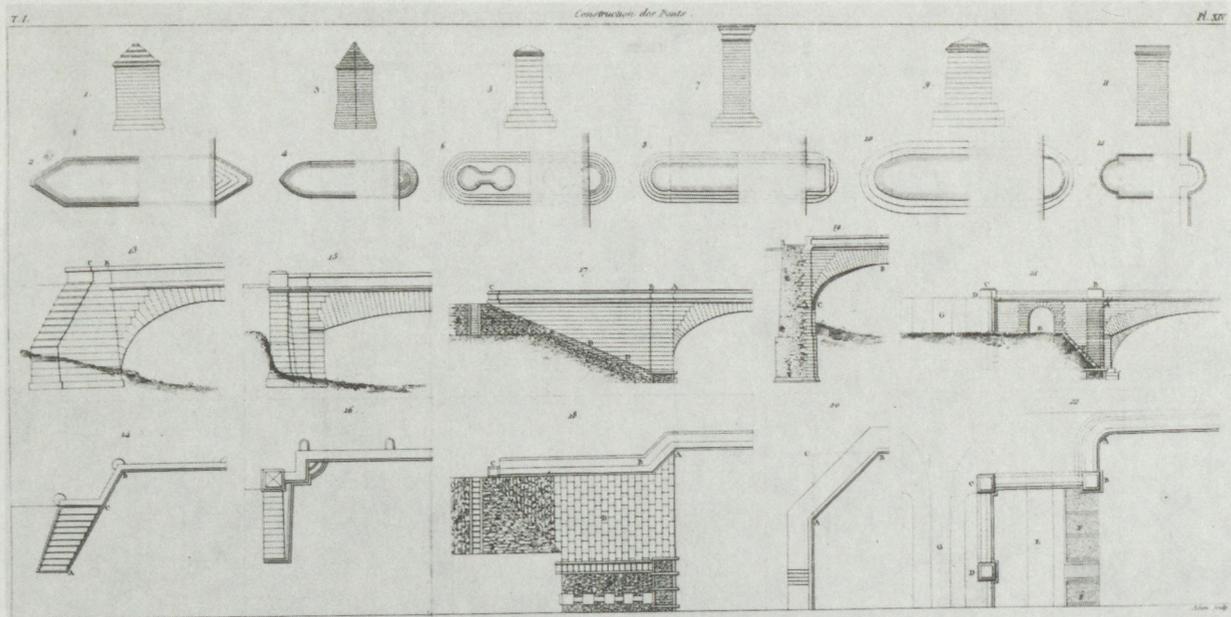


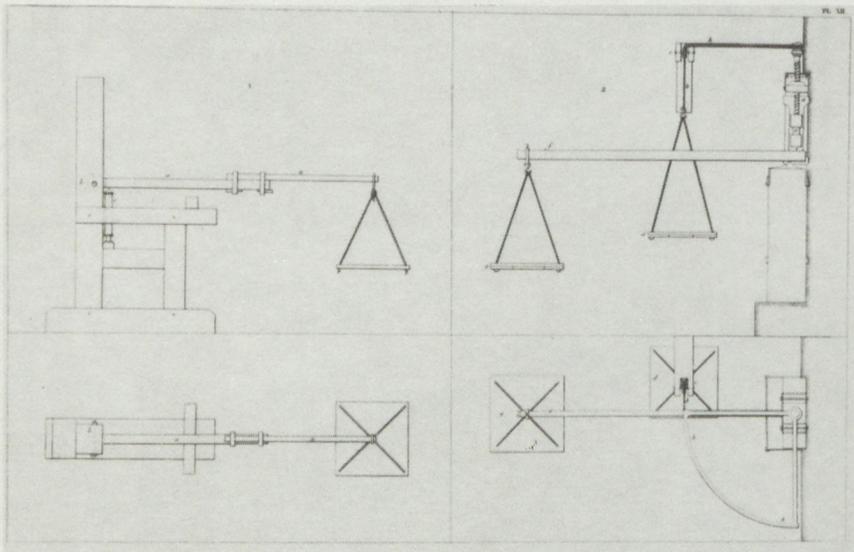
Fig. b

Planches 10 à 11 : Gauthey - Expériences sur la
forme des piliers des ponts.





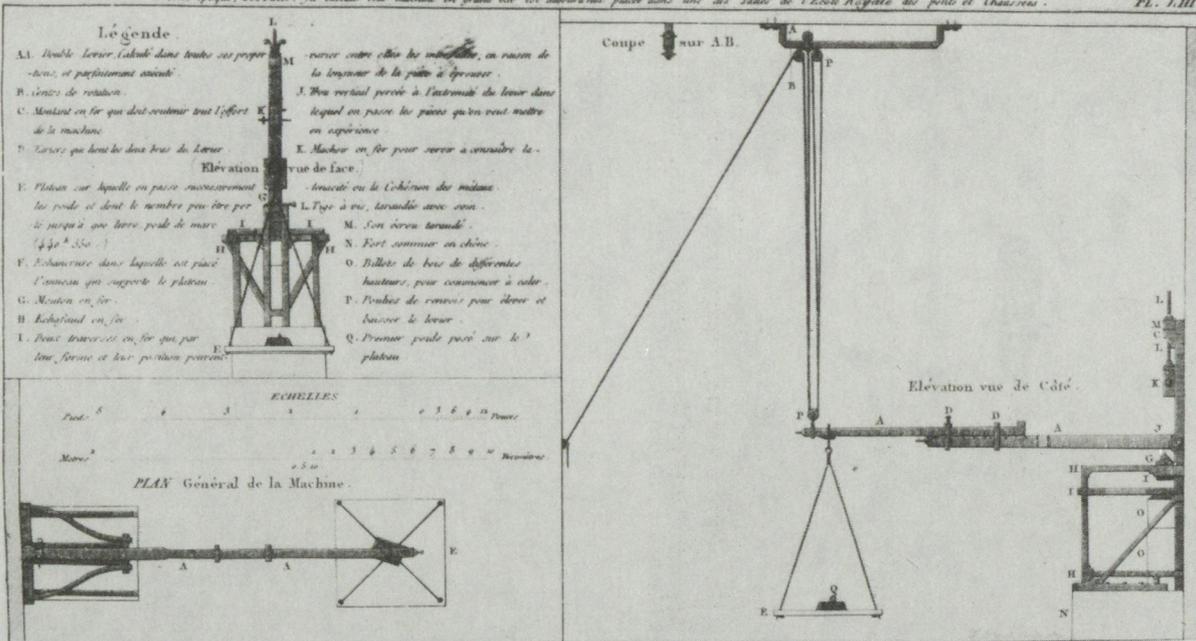
Planches 12 à 14 : Expériences sur les matériaux
par Gauthey, Perronet, Soufflot et Rondelet.

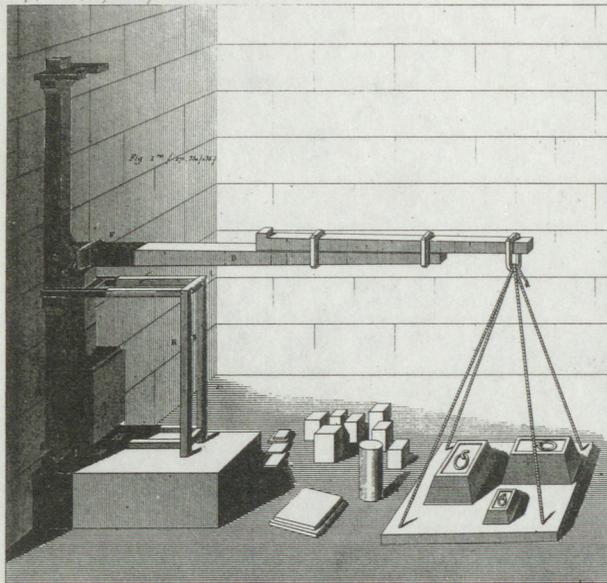


MACHINE inventée par PERRONET, en 1758.

Pour connaître par le pressoir la résistance absolue des pierres, celle de traction et de cohésion dans les métaux et les bois.
 A cette époque, Perronet fit construire cette machine en grand elle est aujourd'hui placée dans une des salles de l'Ecole Royale des ponts et Chaussées.

PL. III.

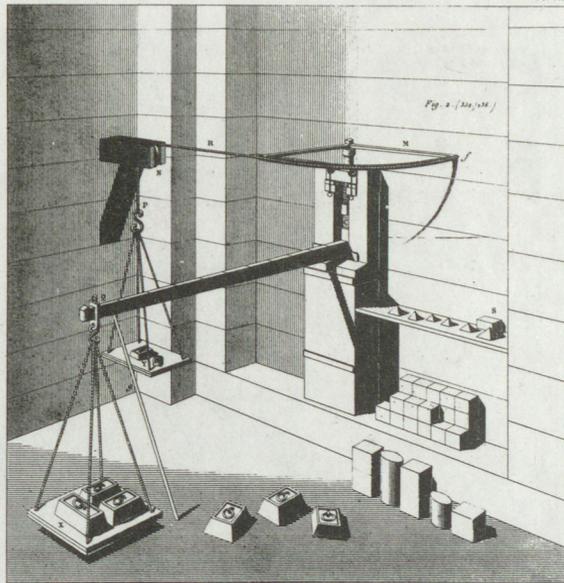


N^o 7. / 71. 1^{er} 2^{es} 3^{es} 4^{es} 5^{es} 6^{es} 7^{es} 8^{es} 9^{es} 10^{es} 11^{es} 12^{es} 13^{es} 14^{es} 15^{es} 16^{es} 17^{es} 18^{es} 19^{es} 20^{es} 21^{es} 22^{es} 23^{es} 24^{es} 25^{es} 26^{es} 27^{es} 28^{es} 29^{es} 30^{es} 31^{es} 32^{es} 33^{es} 34^{es} 35^{es} 36^{es} 37^{es} 38^{es} 39^{es} 40^{es} 41^{es} 42^{es} 43^{es} 44^{es} 45^{es} 46^{es} 47^{es} 48^{es} 49^{es} 50^{es} 51^{es} 52^{es} 53^{es} 54^{es} 55^{es} 56^{es} 57^{es} 58^{es} 59^{es} 60^{es} 61^{es} 62^{es} 63^{es} 64^{es} 65^{es} 66^{es} 67^{es} 68^{es} 69^{es} 70^{es} 71^{es} 72^{es} 73^{es} 74^{es} 75^{es} 76^{es} 77^{es} 78^{es} 79^{es} 80^{es} 81^{es} 82^{es} 83^{es} 84^{es} 85^{es} 86^{es} 87^{es} 88^{es} 89^{es} 90^{es} 91^{es} 92^{es} 93^{es} 94^{es} 95^{es} 96^{es} 97^{es} 98^{es} 99^{es} 100^{es}

Machine à éprouver la force des Matériaux.

telle que M^r Smeaton la fit exécuter en 1773 d'après celle primitivement inventée par M^r Goussier.

Bachelier del.

Machine rectifiée par M^r Houdolot.

avec laquelle ont été faites les expériences que ont servi de base aux tables sur la force des Matériaux.

B. H.

Couverture

Suzanne DUCHAMP

Un et une menacés, radiation de deux seuls éloignés. 1916.