



HAL
open science

Stratégies d'appareil (II)

Sergio Ferro, Philippe Potié, Cyrille Simonnet, Chérif Kebbal

► **To cite this version:**

Sergio Ferro, Philippe Potié, Cyrille Simonnet, Chérif Kebbal. Stratégies d'appareil (II). [Rapport de recherche] 566/89, Ministère de l'urbanisme, du logement et des transports / Secrétariat de la recherche architecturale (SRA); Ministère de la recherche et de la technologie; Ecole nationale supérieure d'architecture de Grenoble / Laboratoire Dessin-Chantier. 1989. hal-01905209

HAL Id: hal-01905209

<https://hal.science/hal-01905209>

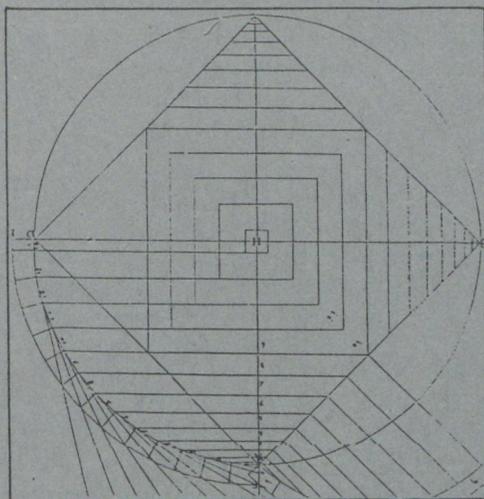
Submitted on 25 Oct 2018

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.

566

STRATEGIES



D'APPAREIL

II

EQUIPE : DESSIN / CHANTIER

Ecole d'Architecture
de Grenoble

STRATEGIES D'APPAREIL

II

LABORATOIRE DESSIN-CHANTIER

Ecole d'Architecture de Grenoble
directeur scientifique : S. Ferro
chercheurs : Ph. Potié, C. Simonnet, Ch. Kebbal

Convention notifiée le 25 juillet 1988, n° 88 31 147 00 223 75 01
Ministère de l'urbanisme, du logement et des transports
Direction de l'architecture
Secrétariat de la recherche architecturale

"Le présent document constitue le rapport final d'une recherche remise au Secrétariat de la recherche architecturale en exécution du programme général de recherche mené par le Ministère de l'urbanisme, du logement et des transports avec le Ministère de la recherche et de la technologie. Les jugements et opinions émis par les responsables de la recherche n'engagent que leurs auteurs."

Ecole d'Architecture de Grenoble le 30 janvier 1989

SOMMAIRE

- Introductionp 5

-De la pierre factice au béton armé.

3° partie :

"Le béton: de la matière au matériau (1818-1840).....p 11

- Philibert de l'Orme : l' imaginaire du "trait"

2° partie :

"Traits et entrelacs".....p 57

INTRODUCTION

Dans le langage le plus conforme des dictionnaires et des encyclopédies, Roland Martin définit en ces termes l'appareil : "en termes d'architecture, l'appareil désigne les modalités d'assemblage, de liaison et de mise en valeur des matériaux de la construction. Il est un élément essentiel du caractère de l'édifice dont il souligne au premier coup d'oeil les structures et souvent les fonctions" (Encyclopedia Universalis, "appareil"). Cette définition est précieuse, par sa précision et par sa souplesse. Par sa précision, parce qu'elle aligne en trois mots parfaitement hiérarchisés la lourde problématique de la construction : liaison, assemblage, mise en valeur des matériaux, termes qui renvoient respectivement aux performances structurelles de la matière, aux performances ouvrières de sa mise en oeuvre, et à son pouvoir d'expression. Par sa souplesse ensuite, parce que la notion d'appareil, bien moins chargée techniquement, économiquement, institutionnellement même, que celle de construction, se déplace très aisément d'une frontière à l'autre dans le champ de l'architecture. Articulant avec une certaine transparence les archétypes essentiels de la substance (liaison), de la forme (assemblage) et du sens (valeur), la fonction de l'appareil parcourt tous les grands chapitres de l'art de bâtir, révélatrice de subtilités tant stylistiques que techniques, et ordonne au fond, depuis l'apparente modestie de son objet, le pôle "plein" de l'architecture, dans son acception la plus large : celui de la matérialité (l'autre pôle, symétrique, étant celui de la spatialité).

Sous la notion d'appareil, retenons alors la trichotomie de son objet. Une telle trichotomie n'est certainement pas fortuite, dans la mesure où cet enchâssement du primaire (la liaison, la configuration objective de la matérialité), du secondaire (l'assemblage, la condition subjective de la construction), du ternaire (la mise en valeur, le signe de reconnaissance, l'intention constructive) fait écho aux catégories transcendentales de la phénoménologie peircienne : le "mode d'être" s'étageant selon Peirce en priméité, secondéité, tercéité : être, présence, reconnaissance. Mais au delà de la légitimité philosophique, la trichotomie que recouvre le terme déploie un potentiel d'efficacité tout à fait remarquable dès lors qu'on la confronte à l'enquête historique. Rappelons que notre intérêt réside en partie - dans un souci méthodologique que nous avons déjà exposé - dans la considération de l'objet bâti comme le document essentiel, terminal, de toutes les déterminations productives, psychologiques, artistiques... qui

sont à la source de son existence matérielle, dans le cadre social qui l'identifie comme architecture. Or, l'appareil met en jeu, de façon différentielle, les grandes forces institutionnelles et économiques qui tendent à le définir, à le stratifier dans telle ou telle conformation. Que l'on considère le poids de la corporation médiévale, l'insistance réglementaire de l'académie, l'intransigeance rationaliste des premiers ingénieurs, autant de sources de fléchissement sur les trois niveaux évoqués, c'est toujours pour finir l'aspect sociologique de leur ascendance qui se manifeste, pour fixer dans ses contours la configuration appareillée. C'est d'ailleurs cette relation presque directe d'emprise entre le découpage social et la configuration matérielle qui nous incite à parler sans plus de précaution de stratégie d'appareil. Car l'appareil conjugue les vecteurs concurrentiels d'un ordre productif qui s'inscrit en effet jusque dans les fibres les plus fines de la construction. Révéléateur de sa production, donc révélateur des stratégies qui la trament, l'appareil raconte une histoire qui entremêle la politique, l'économique, le scientifique, l'artistique, en un dispositif certainement complexe, mais dont la structure peut fort bien se lire par transparence. Autant de strates significatives à désouder, à décrypter alors, que les recherches que l'on présente s'emploient à aligner.

Ces textes déclinent le même intérêt relatif à cette notion de stratégie d'appareil. Pourtant, ils sont de ton, de langage, de nature très différents les uns des autres, et sembleront peut-être à première vue ne s'accorder que sur le plus lointain rapport. Il faut revenir sur notre décryptage de l'appareil pour saisir l'articulation des travaux que l'on soumet à la lecture. Nous avons dissocié et hiérarchisé, à la suite de la citation qui ouvre ce texte, trois niveaux décrivant respectivement trois modalités d'être ou d'apparaître de l'appareil. Un premier niveau, que l'on peut qualifier de purement substantiel, peut se réduire à celui que qualifierait une description physique de la matière, des matériaux, en fonction d'un contexte d'usage qui doue l'appareil en question de sa qualité d'appareil: paroi, mur, pile, rempart... D'une certaine façon, on peut parler dans ce cas d'objectivité, dans la mesure où seul l'objet est en cause : dans ses vertus concrètes de tenir, de se tenir. Que ces vertus de maintien soient susceptibles d'une description ordonnée, scientifique ou non, ne modifie pas cette qualité première : à quel âge qu'il appartienne et quelque soit l'artifice qui le fasse advenir, l'élément considéré présente au moins un premier degré d'existence brute, qui joue de la pesanteur, de la résistance, du frottement, de la rugosité, de la densité de la matière..., indépendamment de toute autre considération, économique ou esthétique.

Un second niveau considère l'agencement matériel dans sa dimension formelle : l'appareil s'offre à voir en tant qu'objet présent, il est là par la sollicitation d'un regard, il se donne à voir sous les habits de la chose appareillée : il est, en direct pourrait-on dire. Sous cette qualité, on perçoit alors une de ses dimensions essentielles, qui serait celle de l'artifice. A travers cette présence matérialisée dite "appareil" rayonnent les causes de son existence : minéral taillé, assemblé, matériau produit, amalgamé, combiné, éléments disposés, agencés... Dans cette présence indicielle compte alors essentiellement l'acte d'existence de l'appareil qui s'expose comme le témoin de son être appareillé. On conçoit alors que traitant ici d'un artifice construit, cette dimension seconde n'apparaisse que sous les traits de l'acte de construction, témoignant à travers sa matérialité des causes de son advenue en tant que matérialité : autrement dit du travail.

Le troisième niveau englobe la dimension de la représentation. Il fait de la substance devenue forme un signe. Plus que le regard, il sollicite le nom, il appelle l'identification, la reconnaissance. L'appareil peut s'appeler appareil parce que la chose est le signe de ce qu'elle est à travers la possibilité même de la symbolisation: le langage.

Cette spéculation n'aurait que peu d'intérêt si elle ne nous permettait pas de la traiter au regard des grandes leçons que l'histoire de l'architecture et plus particulièrement l'histoire de la construction nous ont offertes. On sait par exemple de façon plus ou moins nette qu'une variation de style - pour utiliser un vocabulaire largement partagé - peut faire écho à une variation de l'idée constructive, laquelle entretient avec le potentiel productif considéré et une certaine représentation relative à la notion de solidité, des relations de solidarité, de complémentarité, que l'historien s'emploie à expliciter. Or c'est pour traiter ce genre de problème, mais à partir de la lecture de l'objet bâti, que nous avons hiérarchisé en ces termes notre considération de l'appareil : pour ordonner le schéma de dépendance qui associe plus ou moins rationnellement les champs du savoir, du devoir et de la représentation.

Les trois études qui suivent sont hétérogènes du point de vue des objets et des champs historiques concernés. Mais elles se situent en réalité dans une étroite parenté méthodologique. Cherchant au fond à qualifier des relations entre l'acte de travail (opération de construire), la mise en valeur de cet acte (la trace, la représentation) et le fondement matériel de cet acte (l'implicite rationnel de la construction), nous avons privilégié trois voies d'approche qui prennent respectivement comme point de départ, comme

objet de questionnement chacun des pôles que nous avons déclinés derrière la notion d'appareil : un pôle physique, un pôle technique, un pôle sémantique.

Le premier, que l'on a encore qualifié de substantiel, est considéré à travers la genèse d'un matériau artificiel : le béton. C'est dans l'histoire de son idée, de son expérimentation, de ses applications que nous décrivons l'agencement des facteurs scientifiques, sociaux et idéologiques qui sont à la base de son développement. Si l'on veut, depuis la considération matérielle de son état, on cherche à évaluer corrélativement les formes de subordination productives qu'il appelle et le potentiel significatif dont il est susceptible d'être investi. Grossièrement, et pour nous résumer, on peut dire qu'au départ, dans le contexte qui en voit naître l'idée et le dessin, le matériau nouveau (pierre factice, chaux artificielle, pâte de pierre, béton...) promet un triple alignement des trois niveaux que nous avons décrits. A travers l'idée de compacité, on pense un matériau totalement homogène dans sa constitution microscopique, garantissant consubstantiellement la solidité. A travers l'idée de monolithisme, on rêve d'une mise en oeuvre totalement fluide, libérée de tout asservissement corporatiste. A travers l'idée du moulage, on imagine un matériau capable de toutes les formes.

Le second pôle, technique, ou encore formel si l'on s'en tient à notre première nomenclature, est évoqué depuis l'analyse des épures du *Traité de Philibert de l'Orme*. Le projet de l'architecte consistant à faire passer au rang de méthode la pratique des modèles hérités du moyen âge, il en vient à concevoir les bases de la géométrie projective. Mais la nouvelle découpe projective prend vite en charge la chaîne productive dans son entier : l'argument de la coupe des pierres change d'ascendance : il n'appelle plus la tradition, mais l'invention. L'opération technique, qui n'a plus le même guide, va dérégler l'organe corporatif, initiant une double modernité lors du passage de l'art du trait à la stéréotomie, oeuvre de Philibert : celle du "style", qui accorde à l'invention son primat qui pourra alors se mouler aux vertus antiques prônées par la Renaissance, et celle du type constructif, segment fonctionnel susceptible de nouvelles performances structurelles.

Le troisième pôle, sémantique, concerne le crédit de sens qui confère à l'objet bâti sa valeur. Cette dimension est abordée sous l'angle comparatif, en confrontant dans l'aménagement de la chapelle Médicis de Michel-Ange le projet architectural et le projet sculptural. Michel-Ange architecte et Michel-Ange sculpteur s'accordent-ils dans leur conception de l'oeuvre ? Quel statut accordent-ils respectivement au signe architectural et au signe

sculptural? Une dimension spécifique sert de guide pour faire dialoguer ces fonctions contrastées du signe dans l'oeuvre : celle de la trace, au sens de l'empreinte du geste technique exploitée comme signe dans l'organisation plastique de l'oeuvre. Une telle notion permet de faire jouer en contrepoint, sur leurs registres respectifs, les fonctions- signe du travail, qu'il soit celui de l'artiste attaquant son matériau, ou du constructeur agencant ses matériaux.

(Les études présentées sont encore partielles. Elles constituent le fragment d'une recherche qui ne verra son terme qu'en 1989, conformément au programme que notre équipe s'est fixé).

LE BETON : DE LA MATIERE AU MATERIAU
(1818 - 1840)

Cyrille Simonnet

- 0- Résumé de la recherche
- 1- Introduction
- 2- Matière première
- 3- La tentation mécanique
- 4- Un chantier exemplaire
- 5- Images de la résistance

DE LA PIERRE FACTICE AU BÉTON ARMÉ
(résumé de la recherche).

Si le béton est une technique fort ancienne, largement employée à l'époque romaine, épisodiquement réutilisée par la suite en fonction de la qualité des chaux disponibles, ce n'est qu'à la fin du XVIIIème siècle que les premières tentatives de sa fabrication "raisonnée" apparaissent, qui conduiront Vicat à énoncer la formule de la chaux artificielle.

Ces premières recherches se sont effectuées dans une double préoccupation : comprendre la nature et l'origine de la dureté, d'une part, et fabriquer de la pierre artificielle d'autre part. Naturalistes et constructeurs se sont alors rejoints, à la recherche du même principe, au moment où la création des grandes écoles d'ingénieurs (Polytechnique, Mines ...) consacrait l'alliance de la science et de la technique .

Notre travail a consisté à rassembler les matériaux de l'enquête, et à confronter l'oeuvre des naturalistes avec celle des mécaniciens ou des constructeurs, relativement aux problèmes de la dureté et de la compacité. Ainsi avons-nous relaté le détail de l'origine de la formation du savoir relatif à la fabrication de la "pierre factice", avant qu'elle ne devienne ciment ou béton. L'origine purement intellectuelle de l'existence de ce matériau confère à ses premières manipulations expérimentales une dimension significative du point de vue de la création d'un savoir-faire à partir d'une série de postulats de productivité et d'économie.

Trois figures différentes de penseur jalonnent "l'invention" du béton: celle du "savant", celle de "l'ingénieur", celle de "l'entrepreneur". A chacune d'elle correspond une manière de comprendre le matériau, de l'analyser, de le décrire.

La figure du "savant", encore imprégnée tout à la fois de l'esprit des Lumières et d'un pragmatisme aux accents néo-phites, avait retenu notre précédente année de recherche. C'est aujourd'hui le portrait de "l'ingénieur" qui retient notre attention, avec les mutations qu'un esprit rationnel peut introduire dans la gestion d'un matériau.

Machine bien agencée, chantier bien ordonné répondent à la vision d'une matière première dont l'homogénéité satisfait au performances justement étalonnées de sa résistance. Un paysage idéal se compose qui décline les temps majeur de cet age de "l'ingénieur" ici dépeint.

Le portrait de "l'entrepreneur" suivra dont les conceptions conclueront notre triptyque.

Introduction

Durant tout le XIX^{ème} siècle, et même après, les développements de l'utilisation du «ciment artificiel» relèvent moins de l'enquête typologique que de l'étude économique, voire macroéconomique. Quelques expérimentations architecturales tenteront bien de faire accréditer le matériau pour son intérêt domestique, mais elles resteront marginales. C'est que la découverte de Vicat ne concerne nullement l'architecture, mais la seule construction, à une époque où elle décrète avec vigueur sa quasi autonomie, en théorie comme en pratique. Et encore ne s'agit-il pas d'un progrès lié à l'«intelligence» constructive, ni même à sa rationalisation, son perfectionnement, mais seulement à son économie, pour un mince fragment de son processus. Le passage de la chaux au ciment dans la maçonnerie marque à peu près le même «progrès» que celui du rivet à la soudure dans les assemblages métalliques. Néanmoins, une telle nuance aura des répercussions souterraines, discrètes, silencieuses, mais immenses, dans la mesure où, à travers la modification d'un poste de travail sur le chantier, c'est tout le dispositif qui progressivement se réordonne, et corrélativement, toute une culture constructive qui se refonde.

Jusqu'à Vicat, la chaux est une production locale, éphémère souvent, accordée aux chantiers qui s'ouvrent et s'achèvent à proximité des carrières qui fournissent la matière première. Sauf près des agglomérations importantes, où des fours peuvent fonctionner en chaîne, formant de véritables petites industries¹, surtout lorsque le calcaire est réputé (Senonche, Metz, Cruas). Après Vicat, c'est à dire après une entreprise méthodique, systématique de repérage, d'analyse et d'évaluation de toutes les grandes carrières du territoire, déterminant pour chacune d'elles la composition des bancs, et donc la fraction d'argile à rajouter pour compenser le manque d'hydraulicité des calcaires cuits, — l'ingénieur ou l'entrepreneur muni de ces tables géologiques est désormais assuré d'une qualité égale et homogène dans la composition de ses mortiers. Il concentre alors ses soins sur la qualité des matériaux à appareiller. Plus exactement, la garantie de compacité offerte par le liant l'autorise bientôt à utiliser des qualités de pierre autrefois rejetées pour leur manque de régularité à la taille (le tufeau, par exemple), ou encore à économiser quelques opérations d'épannelage.

¹Cf. DUMAS (ss la dir de), *Les bâtiments à usage industriel au XVIII^e et XIX^e siècle en France*, CNAM, EHESS, Paris, 1978.

Désormais, le «développement» de l'utilisation de la chaux naturelle ou artificielle et des ciments apparaît tributaire de facteurs externes à ses capacités propres de production ou de manipulation. Les premiers grands ouvrages consommateurs de cette manne nouvelle seront d'abord les chantiers portuaires, notamment le port d'Alger, pour lequel l'ingénieur en chef, Poirel, expérimente un nouveau produit, le bloc factice, pour l'extension du môle. Nous reviendrons en détail à ces chantiers des années 1830, qui auront spectaculairement marqué le passage industriel de la production des blocs factices, inaugurant non seulement un matériau, mais encore une technique de production. Le récit de ces développements économiques devrait donc estimer la nécessaire conjugaison des facteurs de production du matériau — échelle d'extraction, distribution, instrumentation... — avec l'utilisation, l'invention de sa technicité propre. Cela veut dire que, à partir du moment où le support fantasmatique de la solidité, pris en charge par un discours qui n'a pas encore pouvoir de prescription économique (cf. notre rapport précédent), est peu à peu investi par des opérations programmées, articulées à une dynamique de développements matériels territorialement significative, comme les projets de canaux, de jetées portuaires..., l'idée de compacité, de ténacité, de dureté, n'est plus commandée par sa description, mais par sa réalisation. Il s'agit au fond de positionner cette pertinence nouvelle, où le principe de compacité ne trouve plus sa signification dans son possible, son pensable, voire dans son réalisable, mais dans sa matière même, désormais engendrée par une dynamique économique, et non plus seulement conceptuelle.

Car entre les années 1820 et 1850, il se passe un phénomène étrange relativement à l'aventure de notre matériau. Tout se passe comme si l'impulsion économique de la découverte de Vicat avait brutalement désintégré l'accompagnement d'une pensée formelle, ou au moins susceptible de le concevoir avec un contour, une figure, une image (l'apparence d'une pierre, un tuyau, un linteau...), pour ne plus retenir, sous l'effet de sa désormais pertinence productive, que son critère le plus essentiel : celui de la substance-masse. A travers les programmes qui le préconisent, c'est à dire au plus près de sa réalité matérielle, au plus près de son essence, le béton confond dans son identité sa nature et son usage : plasticité docilement contrainte qui, en durcissant, tente de se confondre avec l'intégralité de la croûte terrestre. Gravité absolue, le matériau, lorsqu'il est effectivement économiquement significatif, se résorbe dans une sorte d'antériorité minérale retrouvée, en continuité élémentaire avec la matière qui l'origine.

Comment construire le récit de cette «période», où l'expérience par la production confère semble-t-il à elle seule son «objectivité» au matériau ? Ce n'est plus l'histoire, ce ne sont pas les mutations d'un savoir-faire qui pourront l'identifier. Ce n'est plus non plus son inéluctable obligation programmatique qui pourrait l'imposer : les chantiers dont il est le matériau roi sont objet d'infatigables batailles d'experts qui trouvent toujours pour finir à la pierre, à la terre, le fer, la brique, des vertus comparables. Les pertinences traditionnelles relatives à la considération du matériau sont délocalisées. Le métier n'est pas significatif : il n'existe pas encore vraiment, il est à l'état de pré-définition, on en teste quelques modalités, quelques exercices, à partir d'un appareil productif segmenté par des hiérarchies et des spécialités sédimentées depuis des siècles; l'ouvrage n'est pas significatif non plus : mis à part la fondation, la liaison ou la pierre artificielle, le béton n'est pas inducteur de forme ou d'œuvre, et un bon siècle se passera encore avant qu'il n'appelle sa propre esthétique. Que reste-t-il alors de racontable sur cette question, durant cette période ? Telle se pose notre difficulté, face à un vide bien déroutant : pas d'œuvre, pas d'artiste, autrement dit ni objet, ni sujet.

Ce *no man's land* de notre mémoire technique couvre une trentaine d'années, bornées si l'on veut dans le temps par Vicat (1818), qui fait taire brutalement tout un imaginaire débridé, annonceur de réformes, d'usages, de sciences, d'œuvres, de métiers... , et par Coignet (1850) qui tente de donner à l'«aggloméré» ses vertus architecturales. Entre eux, un désert, ponctué de quelques obscurs et peu engageant traités sur l'art de composer les mortiers.... Pour rendre un peu fertile ce paysage sans image, nous avons tenté d'en révéler quelques vecteurs, quelques puissances. Nous avons retenu trois dimensions de notre problème, que nous avons traitées en quatre chapitres, comme suit : 1/ *Matière première*, 2/ *la tentation mécanique*, 3/ *Un chantier exemplaire*, 4/ *Images de la résistance*. Quelles sont ces trois dimensions ? On retrouve là un schéma de notre méthode générale d'investigation. Premièrement, la considération primaire, élémentaire, essentielle de notre matériau, ses conditions d'existence, pourrait-on dire; en d'autres termes, sa dimension qualitative, référentielle, ce qu'il est, dans l'économie première de son utilisation. La carrière, son exploitation, l'espèce d'industrie qui façonne et conditionne le produit, constitue cette matrice première, qui marque encore la frontière entre le flux d'une économie et la production matérielle proprement dite. D'où le titre : *matière première*. Deuxièmement, la chaux, le ciment, le béton, dans leur aspect de matière transformée, travaillée. La poudre, la pâte subissent des traitements, manuels ou mécaniques, qui la concrétisent directement dans leur destin de matériau. On a néanmoins dis-

socié cette relation du direct matière-matériau-usage en deux étapes : celle de l'atelier de la manipulation, de la mécanisation, qui décline les procédés (*La tentation mécanique*), et celle du *chantier exemplaire* (le port d'Alger), qui dispose et actionne les tâches, les travaux. C'est le moment où notre matériau se comprend comme une combinaison d'actes de travail, le moment de sa consécration en tant que *valeur*, au sens économique. Troisièmement enfin, la considération du matériau filtré par le sentiment de sa matérialité, tel que ses promoteurs-ingénieurs la conçoivent. La matière (ciment, béton, toujours) est travaillée non seulement par des cylindres écrasoirs ou des dameuses, mais par de l'imagination. Non encore pour lui conférer une forme, un contour, mais pour la comprendre, la saisir, l'articuler en quelque sorte, pour en apprivoiser la substance. C'est la matière riche de notre recherche, celle où nos sources se condensent dans le témoignage de nos auteurs. On l'a appelée *Images de la résistance*, car c'est essentiellement cette figure de la résistance, paradigme de la solidité, que tentent de capter les «théoriciens» du mortier et du béton dans la période que nous avons retenue.

1/ Matière première

Paradoxalement, la découverte de Vicat en 1818 n'aura pas bouleversé de fond en comble l'industrie de la production de la chaux, comme un certain optimisme dans la relation de sa découverte le laissait entendre. Il est vrai qu'il y avait de quoi triompher, tant l'efficacité de ce produit de synthèse, rêvé depuis un demi-siècle, avait suscité d'expériences malheureuses. L'enjeu était pourtant de taille, puisqu'il promettait pour l'aménageur, qu'il fût ingénieur, entrepreneur, architecte, administrateur..., l'affranchissement définitif de la contrainte géologique, qui n'autorisait l'emploi efficient des matières premières que sous la garantie de leur pro-

venance spécifique : la pouzzolane de Pouzzole, les "trass" de Hollande, la chaux de Senonche, du Teil ou d'ailleurs. En somme, tout entrepreneur pouvait, sur la foi d'une formule bien appliquée, produire sur place le meilleur mortier, quelle que soit la qualité des calcaires extraits, et donc assurer par le biais d'une cuisson attentive et d'une combinaison sélective des matières premières la solidité des ouvrages. Le germe d'une révolution dans l'art de bâtir se trouvait inscrit dans cette apparemment banale commodité : insidieusement, la maîtrise de la solidité était transférée de la gestualité (dand l'acte de bâtir) à la gestion des approvisionnements. Ce n'est bientôt plus le savoir-faire des appareilleurs que l'on réclame, mais le savoir-compter et mesurer de l'entrepreneur. Une mémoire immense, multiséculaire, encore très vive malgré son effritement récent par de multiples tentatives de rationalisation, rencontrait un virus aux capacités ravageuses encore incalculables.

Néanmoins, un temps d'incubation était nécessaire. Vicat met à profit ses premières recherches lors des fondations du pont de Souillac en Dordogne (1812) d'où jaillit sa découverte consistant à produire artificiellement de la chaux hydraulique (c'est-à-dire faisant prise sous l'eau) en faisant recuire des boulettes de chaux mélangées d'argile. A peine l'expérience publiée (en 1818 dans les *Annales des Ponts et Chaussées*), un architecte-entrepreneur, Giraut, exploite le procédé et installe à Nemours la première usine à chaux hydraulique artificielle¹. A priori, le procédé est promis à un bel avenir, puisqu'il suffit de rassembler calcaire, argile et combustible, et d'en régler la combinaison pour égaler, et même surpasser les rares et précieuses carrières qui offrent un calcaire à fort rendement d'hydraulicité. D'autres «fabriques à chaux» s'implantent, menaçant presque la florissante et réputée industrie du Parker d'Angleterre, active depuis 1796, exportant déjà son «ciment aquatique» en France et en Belgique². Pourtant, à travers ce qui peut apparaître comme une première bataille économique à l'échelle nationale relative à la fourniture d'un produit de construction, les stratégies de production et de diffusion sont encore tributaires de renommées locales qu'il est difficile de dépasser. Les sites traditionnellement reconnus pour la qualité de leur chaux sont depuis longtemps repérés dans les ma-

¹ «La première usine à chaux hydraulique artificielle par le procédé Vicat fut installée en 1818 à Nemours par M. Giraut, architecte, mais, comme les suivantes, elle ne dura pas. Vicat, ayant étudié de nombreux gisements propres à la fabrication de la chaux hydraulique naturelle, les fabriques à chaux artificielle ayant des frais de fabrication trop élevés disparurent». E. LEDUC, *Chaux et ciments*, Paris, 1902, p. 15.

²E. LEDUC, *ibid.*, p. 7-8.

nuels et les traités¹ ; la nomenclature administrative, qui sélectionne les produits jugés convenable pour la construction publique, se confond avec le répertoire géographique de sites connus et exploités depuis des siècles. On fait peu usage des notations subtiles mais intimidantes recueillies par Lesage, professeur à l'Ecole des Mines, dans ses *Tables lithologiques*, plus utiles finalement aux entrepreneurs qu'aux savants, ou encore des observations pratiques rapportées par Pott dans sa *Lithogéognosie*, ou par Fourcroy dans *l'Art du chafournier*². L'invention se soucie de publication, plus que d'application. En 1802, alors que le blocus économique imposé par la guerre avec l'Angleterre prive le nord du continent des précieux ciments de Parker et Wyatt, l'administration impériale reste extrêmement réticente vis à vis d'une substitution qui paraît pourtant opportune. Un certain Smith, anglais passé sur le continent, ancien employé des constructions hydrauliques de Chatham, se fait arrêter à Boulogne, les poches pleines de galets. Ce ne sont que des cailloux, mais leur analogie avec ceux de la rive d'en face en fait pratiquement de l'or : la veine est la même que celle des Parker. L'autorité impériale, à qui il soumet la précieuse confiance, se montre suspicieuse et réticente avant de constituer une Commission (avec Lesage comme rapporteur), elle-même bien tatillonne... C'est pourtant de ce vagabondage anecdotique³ que naîtra une des plus fameuses unités de production cimentière du XIX^e siècle, le «Portland de Boulogne» de Dupont-Demarle.

La formule du produit de synthèse, une fois connue, se répand assez vite. Reprise et redétaillée par le même Vicat en 1828 dans son *Résumé des connaissances positives actuelles sur les qualités, le choix et la convenance réciproque des matériaux propres à la fabrication des mortiers et ciments calcaires*, son succès fait pourtant long feu. C'est que cette publication relate une enquête et une statistique minutieuse qui susciteront le redéploiement de la fourniture de chaux naturelle, au détriment de la fabrication de chaux artificielle, promettant à la faillite les quelques entreprises que sa première édition avait contribué à faire naître. Car le laboratoire de Vicat n'est pas dans une classe ou un institut, mais dans le pays tout entier : «on avait vu ensuite cet inventeur infatigable parcourant la France pas à pas,

¹Rondelet, par exemple, consacre trois pages de son monumental *Traité de l'art de bâtir aux carrières françaises* (dans ses frontières impériales) pourvoyeuses de bonnes pierre à chaux. «Les endroits en France où l'on trouve la meilleure chaux, résume-t-il, sont Tournay, Namur, Aix la Chapelle, Liège, Mayence, Metz, Nevers, Nîmes, Montpellier, Cahors, Bordeaux, Lyon, Senlis, Perpignan, Pau, Tarbes et plusieurs autres encore». Livre 1, ch. 3, p. 117 dans l'édition de 1845.

²FOURCROY DE RAMECOURT, «L'art du chafournier», *Description des arts et métiers*, Paris, 1766. POTT (compléter) LESAGE (compl.)

³L'anecdote est rapportée par de nombreux auteurs. Cf. E. LEDUC, *o.c.* p. 9-10.

recherchant les couches calcaires marneuses, les bancs argileux dans lesquels pouvaient se trouver naturellement réunis, en proportions convenables, les éléments constitutifs des chaux hydrauliques, et parvenant ainsi à faire connaître neuf cents carrières propres à fournir de chaux hydrauliques, tandis qu'auparavant on en comptait tout au plus huit ou dix¹. Encore en 1902, après bien des perfectionnements en matière de cuisson et de trituration mécanique, ne subsiste qu'une seule usine à chaux hydraulique artificielle aux Moulinaux, créée en 1827 par St Léger sur les indications de Vicat; le ciment, obtenu par la cuisson de mélanges homogènes de calcaire et d'argile finement broyés et parfaitement dosés, a remplacé la chaux artificielle, compliquée à éteindre alors que le ciment se mélange immédiatement au sable et à l'eau, et grande consommatrice de combustible à cause du procédé de la double cuisson. Le répertoire systématique de Vicat, qu'il poursuit pratiquement durant toute sa carrière, le conduit donc à valoriser, au sens le plus commercial du terme, un grand nombre de sites, répartis sur tout le territoire. Comme un chercheur d'or, le savant scrute les roches, sonde les bancs, en fait systématiquement l'analyse, ordonne ses observations sur de grands tableaux, fait faire des éprouvettes, mesure, compare, et quitte la carrière en laissant la recette pour son exploitation optimale : matières, proportion des mélanges, indice d'hydraulicité, etc...

Ce philanthropisme intéressera au premier chef la Nation. La France en effet, dans le feu des grandes ambitions impériales, s'emploie à disposer les éléments de son infrastructure commerciale et industrielle : ports, canaux, aqueducs, ponts, routes, ouvrages appelés à dévorer la nouvelle manne hydraulique : on reviendra sur l'importance de ces équipements pour l'économie de la filière. Durant la première moitié du XIX^{ème} siècle pourtant, la «construction en béton» n'existe toujours pas. Rien de significatif ne surgit du crayon de l'architecte ou du calcul de l'ingénieur qui pourrait laisser percevoir ne serait-ce que le germe d'un type nouveau, une façon originale de concevoir une forme, un modèle qui emprunterait à la source les spécificités d'un matériau que, par ailleurs, on maîtrise de mieux en mieux en terme de production. Pourtant, l'actualité des travaux de l'ingénieur, que diffusent avec une bienveillante régularité et avec une égale rigueur les organes besogneux que sont les *Annales des Ponts et Chaussées*, les *Annales des Mines*, relate fréquemment expériences ou communications relatives à l'invention; l'amélioration ou simplement la mise en œuvre de techniques de plus en plus sophistiquées. On compose, on manipule, on coule le béton dans des conditions variées et presque toujours inédites. Au gré des procès-

¹MICHAUD, «Vicat», *Biographie universelle ancienne et moderne*, Paris, s.d.

verbaux ou des rapports transcrits par les ingénieurs en campagne, il se forge une véritable encyclopédie du nouveau métier qui est en train de naître. Et ce non pas à travers l'exacte appréciation d'un germe de savoir-faire, mais à travers la démultiplication systématiquement consignée, évaluée, comparée, des fragments d'expériences que l'ingénieur engage dans le concret des travaux qu'il dirige : des fondations en condition difficile, des procédés de coulage plus économiques, des systèmes de coffrage plus performants..., on y reviendra¹. Auparavant, il nous faut poser le problème des infrastructures, la source matérielle de toutes ces possibilités expérimentales qui encore une fois ne sont significatives que dans leur enchaînement, leur mémorisation et leur raccordement au genre impalpable, mais combien pertinent en ce XIX^{ème}, des « améliorations » constructives.

Le problème des carrières — leur économie productive, leur répartition, leur débouché — nous paraît utilement évocable. Quelque chose se joue, à partir de ces matrices géologiques, quand brusquement, entre 1820 et 1830, un certain nombre d'entre elles transforment les simples ateliers de chaufferie qu'elles abritent — assurés généralement d'un débouché à l'échelle locale — en véritable industrie à produire de la chaux hydraulique ou du ciment. L'Angleterre devait donner le modèle d'associations capitalistiques dans le domaine avec le couple Parker et Wyatt qui, dès 1796, produit un « ciment romain » à partir des découvertes accidentelles des propriétés hydrauliques du septarium mises à jour par Parker en 1791 dans l'île de Sheppey. La renommée de ce ciment entraînera la croissance des capacités de production de la carrière, à l'image des forges et des fonderies. Dès lors, la manufacture et la fabrique sont en germe. L'artisan cède la place à l'industriel qui, fort des garanties expérimentales consignées par l'ingénieur (en France tout au moins), s'emploie à transformer ses carrières en unités de production, répondant non plus aux demandes précises d'opérations spécifiques, mais cherchant à créer et à amplifier un marché potentiel. Après Parker, Dobbs en 1810, Frost (initiateur de Vicat en Angleterre) en 1822, obtiennent des patentes pour la fabrication de ciments. En Angleterre toujours, en 1824, un briquetier, Joseph Apsdin, brevète à son tour un ciment de son cru, qu'il appelle le "portland" (à cause de la similitude de

¹Cf. par exemple M. MAGDELAINE, « Description des procédés employés de 1812 à 1815 pour la fondation et notamment pour le coulage de l'aire de béton du barrage écluse de St Valery sur Somme », *Annales des Ponts et Chaussées*, Tome XXXVI, Paris, 1832, p. 52 sq. L'article, représentatif de toute une famille du même type, relate un problème technique (fonder un massif sur sol sablonneux), sa résolution détaillée (établissement d'une enceinte de pieux et palplanches, fouille, et surtout la technique de versement du béton), la description de l'outillage mis au point (sceaux coniques mobiles à bascule), et le décompte scrupuleux des heures et des opérations passées. L'enchaînement de ces relations précises et méthodiques constitue une véritable encyclopédie, disséminée dans sa forme mais consistante.

couleur avec la pierre du même nom). On sait le succès qu'obtiendra le produit, notamment dans ses utilisations maritimes; il donnera même son nom à toute la famille des ciments hydrauliques à prise rapide, comme le frigidaire au réfrigérateur.

La patente d'Apsdin ressemble étonnamment à celle de St Léger, qui, comme le remarque Candlot¹, avait pourtant été déposée six ans plus tôt avec le parrainage de Vicat. St Léger ne fondera son entreprise qu'en 1827, Lafarge la sienne au Teil (Ardèche) en 1833, Dupont-Demarle la leur à Boulogne-sur-mer en 1846... Entre-temps, les carrières renommées, comme celle de Pouilly, de Vassy, sont prises en main par des entrepreneurs, disons-le, dynamiques, qui font promouvoir non seulement leur chaux, leur ciment, mais encore les produits qu'ils réalisent : réservoirs, aqueducs, silos, déjà. On sait bien peu de chose sur le détail des processus d'acquisition, d'installation et d'exploitation de ces proto-industries, un peu rurales, un peu artisanales encore, mais déjà commerciales. Il serait pourtant intéressant de pénétrer plus intimement cette culture naissante d'entreprise, pour parler comme aujourd'hui, et saisir dans son dynamisme sociologique spécifique cette propension à la création et à la gestion d'une exploitation.

A défaut des particularités techniques ou des configurations professionnelles propres à ces exploitations, les archives révèlent le souci quasi obsessionnel de la tutelle administrative. Si le cadre réglementaire libéral rend l'autorité peu soucieuse des *conditions* d'exploitation, il n'en va pas de même en ce qui concerne la reconnaissance de ce que l'on pourrait appeler le label technique de l'exploitation. Cette question mériterait bien des développements. Que signifie en effet cet entêtement dans la définition de la conformité, alors qu'aucune norme, aucune règle ne spécifie encore l'usage de ces produits : chaux et ciments artificiels ? Le paradoxe est que, d'une certaine façon, ces produits nouveaux n'existent pas encore. Non que l'autorité administrative craigne le charlatanisme de la poudre magique; mais on sent bien que, vingt ans à peine après l'abolition des anciennes tutelles corporatistes (1791), qui régulaient au fond d'elles-mêmes le dispositif des usages et convenances artisanales, la notion de conformité a quelque difficulté à définir son mode d'existence et à ajuster ses nouveaux modes d'exercice. Aux critères de la tradition se sont substitués ceux de la suspicion; c'est le sentiment que laissent transparaître les dossiers que nous

¹ Les textes des deux patentes sont reproduits par E. CANDLOT, *Ciments et chaux hydrauliques. Fabrication, propriétés, emplois*, Paris, 1898, p. 35-36.

consultons¹. Ainsi durant les travaux de percement et de terrassement du canal de l'Ourcq, régis par Girard, un grand nombre de sites calcaires sont mis à jour; ils sont susceptibles non seulement d'approvisionner le chantier en matériaux, mais encore de promouvoir leur exploitation régulière. On voit alors de nombreux propriétaires ou commerçants de la vallée déposer des demandes de permis d'exploitation des bancs de carrière; presque toutes sont découragées, devant subir l'examen scrupuleux de commissions ad hoc qui n'arrivent jamais à se réunir. On mesure les variations de densité, de spongiosité, de ténacité et de gélimité de la pierre, on exige des cautions morales, financières, on attend les recommandations spécifiques d'ingénieurs ayant travaillé sur l'ouvrage... La naissance d'une exploitation n'est pas affaire que d'ambition et de pugnacité capitaliste; il faut encore passer par l'examen des conformités, qui ont elles-mêmes bien du mal à se définir. Début 1832, un entrepreneur de l'Yonne, Gariel, découvre dans les carrières de Vassy, près d'Avallon, un calcaire argileux équilibré, qu'il transforme après quelques essais en ciment. Il en adresse un échantillon à l'autorité locale (la Préfecture) pour convenir d'une exclusivité d'exploitation et le faire accréditer par l'administration pour la construction publique. Néanmoins, faute de compétence, l'échantillon gagne bientôt le bureau parisien du ministre, qui forme alors une commission d'évaluation. Celle-ci est composée de l'inspecteur général des Ponts et Chaussées (Cavenne), de deux inspecteurs généraux des Bâtiments Civils (Rohault, Caristie), d'architectes (Allavoine, Jay), et d'ingénieurs du corps des Mines (Lefroy, Malle). L'échantillon doit être testé et analysé à l'Ecole des Mines qui dispose d'un laboratoire, et comparé aux seuls ciments alors en usage : le Pouilly et le Parker anglais. On éprouve la compacité des ciments, l'adhérence, l'imperméabilité, la tenue à l'air sous forme d'enduit... D'autres exploitants, qui ont eu vent des expériences menées à l'Ecole des Mines, envoient à leur tour leur échantillon : l'entrepreneur Beaujot, de Mortcerf, fabricant de «ciment romain» (en fait de la chaux hydraulique artificielle) adresse sa notice au ministre et dépose trois quintaux de sa marchandise au laboratoire des Mines. Entretemps, Gariel, l'entrepreneur, continue d'explorer ses carrières, envoie de nouveaux échantillons et ses affaires vont bon train. En Juin 1832, il est devenu «administrateur gérant de la compagnie d'exploitation des ciments de Vassy», et fait même imprimer son courrier ministériel : «le ciment que je fabrique maintenant est d'une qualité infiniment supérieure à celui que je vous avais adressé en Février dernier...» En Août pourtant, un courrier de l'Ecole des Mines lui

¹Pour cette enquête, nous avons dépouillé les boîtes 945 à 961 de la série F¹³ des Archives Nationales, inventoriées sous la rubrique *Projets, inventions et découvertes; modes de construction. 1807-42.*

impose encore des délais, ainsi qu'à ses confrères : il faut laisser passer l'hiver avant que l'on puisse se prononcer, les expériences sont longues, il faut observer rigoureusement le vieillissement et l'adhérence... Si bien qu'en Juin 1833, un an et demi après, l'agrément n'est toujours pas délivré, la commission réclamant encore une prolongation des délais d'épreuve, «car il faut que les mortiers aient été soumis à toutes les influences atmosphériques, la chaleur, la pluie, le gel et le dégel (sic) pour que l'on puisse en déterminer d'une manière certaine les qualités respectives»¹.

St Léger, nous l'avons déjà rencontré, dépose un brevet d'invention et de perfectionnement relatif à la fabrication de chaux hydraulique et artificielle le 25 mai 1827. Il fonde son entreprise à partir d'un double argument promotionnel : la caution spéciale de Vicat, à qui il a soumis directement le détail de ses observations, et l'inattendue résistance à la démolition d'ouvrages en béton qu'il avait effectué pour les travaux du canal St Martin : «tout Paris a pu voir, en 1826, au bassin du canal St Martin la dureté qu'avait acquise le béton du radier. Les fragments enlevés de l'endroit où le sol s'était affaissé avaient la dureté de la Meulière, aussi s'est-on décidé à les utiliser en les brisant à coup de marteau pour les employer en guise de recoupe à la fabrication du nouveau béton destiné à réparer la brèche»². La résistance inattendue d'un ouvrage pousse son entrepreneur à exploiter l'artifice qui en fait le succès; *exploiter*, au sens le plus économique du terme, puisqu'il crée aux Moulineaux dans une carrière qu'il possède une fabrique de chaux artificielle. Sans doute l'exemple de St Léger est-il assez représentatif de cette classe d'entrepreneurs qui perçoit le potentiel commercial de l'innovation technique à une échelle qui n'est plus celle de l'artisanat traditionnel. L'ambition de l'entrepreneur est une ambition désormais marchande : c'est la vente du produit hors de la région de production qui va contrôler cette dernière. Ainsi voit-on St Léger proposer son produit aux quatre coins de la France. Après Paris, il est sur les travaux de navigation de l'Aisne, puis en Picardie. En 1840, il concurrence Lafarge pour la fourniture de chaux pour le port d'Alger. Malheureusement une peu avantageuse appréciation de Vicat (consulté par le Sous-secrétaire d'Etat à l'occasion d'une adjudication) discrédite le produit, qu'il avait pourtant promu à ses débuts. Quinze ans après, le savant trouve les pouzzolanes artificielles de St Léger trop chères et peu efficaces : «leur seul avantage est de durcir plus vite, ce qui n'est d'aucun intérêt quand il faut attendre quelques jours ou quelques semaines pour que le bloc de béton ait

¹A.N., F¹³ 956, 3 juin 1833.

²«Brevet d'invention et de perfectionnement, remis à M. St Léger, sur l'autorisation spéciale de M. Vicat», 25 mai 1827, A.N., F¹³ 959.

bonne cohésion»¹. Dur coup pour l'exploitant. D'autant plus que les Travaux Publics sont le débouché pratiquement exclusif d'un produit encore très spécifique. C'est d'ailleurs là une raison de l'impérieuse recherche du label administratif pour ses producteurs.

Avec l'arrivée dans les années 1830 de nouveaux patrons techniciens, le développement de l'exploitation des carrières pour la production exclusive de chaux hydraulique ou de pouzzolanes artificielles connaît une certaine vigueur. Comme en Angleterre où les maîtres de forge et les propriétaires de mines étaient généralement des propriétaires fonciers, l'exploitant de la fabrique de chaux est à l'origine le propriétaire de la carrière. Lui-même est souvent entrepreneur de travaux publics ou de bâtiment, confiant l'exploitation à des carriers². L'exploitation nécessite peu de capitaux fixes pour l'investissement initial (contrairement à la construction métallique par exemple) : la production se développe à partir de l'activité du four, instrument assez archaïque qui réclame peu de compétence technique spécialisée, et dont les capacités sont ajustées généralement à l'activité de l'entrepreneur qui l'exploite. Mais bientôt la vitalité commerciale va ranimer quelques-uns de ces sites. Le groupe Lafarge inscrit ainsi sa date de naissance en 1833, lorsque Auguste Pavin de Lafarge reprend l'exploitation paternelle — active, mais accordée à la seule demande locale — et décide d'en commercialiser l'exploitation. «En 1833, Léon Pavin de Lafarge, l'ainé des fils, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, demande à son père de prendre la direction de l'affaire et décide de construire trois nouveaux fours de 5 mètres de hauteur, capables de produire 3000 tonnes de chaux par an»³. Le Portland artificiel français, promis à de grands succès, ne voit le jour qu'en 1848, lorsque les boulonnais Demarle et Dupont établissent leur premier four à Boulogne (30 ans plus tard, l'exploitation comptera 43 fours, dont deux annulaires de 1280 m³). La Société Vicat, créée par Joseph, polytechnicien, fils de Louis, ne commence ses activités qu'en 1857, dans la vallée de Grasse, près de Grenoble, utilisant la méthode de la double cuisson, imaginée par Louis Vicat en 1818⁴. Dès lors, les innovations se succèdent. Pour produire plus, pour produire mieux, pour transporter, pour distribuer, on améliore l'outil de

¹L'appréciation de Vicat apparaît dans une lettre que celui-ci adresse au Secrétaire d'Etat à en février 1843 en réponse à une enquête concernant la fourniture de pouzzolane artificielle pour le port d'Alger. A.N. F14 7114.

²C. SIMONNET, *Le Musée-Bibliothèque de Grenoble, histoire d'un projet, chronique d'un chantier*, Grenoble, PUG, 1987, p. 87-92.

³L. DUBOIS, *Lafarge-Coppée, 150 ans d'industrie*, Paris, Belfond, 1987, p. 20.

⁴J. MERCERON-VICAT, *Chaux hydraulique et ciments. Historique et application des découvertes de L. Vicat*, Grenoble, 1925.

production, le produit, son conditionnement. Jusqu'en 1841, par exemple, on livrait encore la chaux «en crotte», l'extinction s'effectuant sur les chantiers de réception, ce qui occasionna quelques mécomptes importants pour les grosses fournitures des ports méditerranéens, le produit se mesurant en volume. On met au point la machine à «bluter», qui permet de livrer depuis l'usine la chaux en poudre¹. En 1845, l'anglais Charles Johnson améliore grandement le procédé d'Apsdin : mixant intimement et blutant finement le mélange d'argile et de calcaire avant cuisson, il obtient le premier clinker de l'histoire². Les méthodes d'ensachage et d'emballage se mécanisent. Ollivier, inspiré par la lecture de Raucourt, branche un dispositif d'ensachage à la sortie de ses fours...³

Cependant, malgré une conjoncture plutôt favorable à leur utilisation (travaux portuaires, ponts, travaux d'adduction, réservoirs...), les ciments artificiels ne connaissent pas encore de débouchés amplificateurs, comme la fonte et le fer. Toutes les notices commerciales s'emploient pourtant à démontrer l'avantage économique du matériau; mais en aval, une manipulation appropriée, une grande rigueur dans les dosages, des subtilités inhabituelles de confection, contreviennent à son apparente universalité d'emploi. Il faudra encore du temps avant que l'exigence du mode d'emploi ne devienne une habitude de chantier. Dans la construction d'appareil, le mortier n'a guère qu'une fonction supplétive : la pierre et sa configuration d'assemblage assurent toujours la force et la perfection de l'ouvrage, et le métier a du mal à admettre que la trituration dans les auges puisse engendrer du bel ouvrage. Il n'y a guère que les chantiers publics régis par l'ingénieur en mission qui soient aptes à soumettre, à la décimale près, les gestes et les tâches des ouvriers aux formules prescrites. Ainsi reverra-t-on, en 1845, notre entrepreneur avalonnais Gariel épancher son pessimisme économique dans l'introduction d'une publication relative aux travaux effectués avec le ciment de sa compagnie : «l'exploitation des ciments

¹E. LEDUC, *o.c.* p. 15.

²«Più metodica pare l'opera di Charles Johnson : volendo produrre egli stesso cemento Portland, giunge in pochi anni a scoprire che, cuocendo ad inizio di scorificazione la miscella di argilla e calcare, si ottengono noduli che, macinati finemente, consentono di preparare una malta la cui resistenza è notevolmente superiore a quella ottenuta col cemento di Apsdin. Con una successiva messa a punto delle proporzioni dei materiali componenti, C. Johnson è in grado di produrre un vero e proprio cemento artificiale : i noduli macinati sono il primo clinker della storia», E. TAMAGNO, *Fornaci, terre e pietre per l'ars aedificandi*, Torino, 1988, p. 57.

³OLLIVIER, *Des mortiers à chaux hydraulique en général, et particulièrement de ceux à chaux de Doué*, Nantes, 1829. Dans sa notice, Ollivier décrit un procédé d'extinction branché sur un appareil composé de trémies, cylindres bluteurs et tamis, qui débouche sur un système original de mise en sac des matières. Vicat le cite dans l'édition de 1828, et Raucourt croit y reconnaître ses propres idées : "nous indiquerons aux industriels l'appareil propre à l'extinction par immersion, exécuté en grand par MM. Ollivier frères, négociants à Doué (Maine et Loire), et qui pourrait avoir été entièrement puisé dans notre ouvrage" (RAUCOURT, *Traité sur l'art de faire de bons mortiers...*, Paris, St Petersburg, 1828, p.)

hydrauliques, dits *ciments romains*, a acquis en France une grande importance depuis quinze ans surtout ; les ciments eussent pris une bien plus grande place dans les constructions et réparations d'ouvrages hydrauliques, dans la restauration de nos monuments, et dans les travaux d'assainissement des villes, si les producteurs avaient pu en diriger et surveiller l'emploi consciencieux et intelligent. Il n'en a pas été ainsi, car les applications si variées qui en ont été faites, ont été abandonnées presque partout à l'incurie d'ouvriers inexpérimentés; le besoin d'écouler du ciment l'a emporté sur le désir de bien faire, et la nullité des résultats est bientôt venue détourner le public d'employer une matière qu'il considère plus comme une pâture nouvelle pour la spéculation, que comme un produit destiné à apporter une grande amélioration à l'art de bâtir»¹.

La préhistoire de la construction en ciment, en béton, ne concerne pas que le chantier-laboratoire de l'ingénieur, elle concerne aussi l'aventure commerciale de l'exploitation des carrières à chaux. Tant que la production ne fait que s'accorder à la demande locale, tant que les structures de production demeurent majoritairement artisanales, c'est-à-dire basées sur l'adaptation passive de l'offre au besoin, la matière première ne peut s'inventer d'autres débouchés que ceux de son usage millénaire. La cuisson de la chaux est une technique simple, que tout entrepreneur est capable de mettre en œuvre sur ses chantiers mêmes, si bien qu'hors des villes, l'entrepreneur fait généralement calciner lui-même la pierre à chaux qu'il tire des carrières, évitant par là les risques liés au transport de la chaux vive : «il arrive que, durant le transport, les crottes de chaux vive enflamment barque ou tombereau si bien que, pour leurs travaux de quelque importance, les maîtres d'œuvre préfèrent souvent acheter la pierre calcaire et la cuire sur le lieu-même de son utilisation»². Dans une filière de production morcelée et à petite échelle comme le bâtiment, le fait que le même agent (entrepreneur) produise la matière première (pierre à chaux) et livre le produit fini (édifice), c'est-à-dire contrôle quasiment de bout à bout le processus productif, apparaît sans doute comme le gage de sa stabilité et de sa longévité économique. L'impulsion à l'innovation trouvera sa source dans un changement structurel exogène, si l'on peut dire : lorsque Pavin de Lafarge, polytechnicien, ou plus tard Joseph Vicat, polytechnicien également, décident de faire de la production de la chaux une industrie autonome, d'en adapter la productivité non à la demande locale, mais à l'ambition d'un marché national, voire international. Mais ce marché n'est

¹*Dessins et notices relatifs à diverses constructions en ciment de l'exploitation de Vassy les Avallons (Yonne) appartenant à MM. Gariel et Garnier, Paris, 1845.*

²Léon DUBOIS, *o.c.* p. 21.

pas celui du bâtiment. C'est celui de l'équipement, le seul qui offre un front économique et technique suffisamment homogène pour garantir au négociant des volumes de transaction qui correspondent à ses ambitions industrielles.

2/ La tentation mécanique

Le travail en «atelier» dans le bâtiment a une très longue tradition. Parant aux aléas incontrôlables du climat, les bâtisseurs ont vite trouvé le moyen d'équilibrer leur tâche entre l'activité de plein air et l'atelier. Les loges de l'époque des cathédrales en sont la grande illustration : c'est là même que le bâtiment a testé ses premières vertus manufacturières, c'est là aussi que s'est enracinée la tradition compagnonique¹. Au XIX^{ème} siècle, le travail en atelier concerne la taille «fine» de la pierre (moulure, décoration), la préparation des mortiers et plâtres et l'entretien des outils (forge, crampons...). Pourtant, si l'on en croit le Viollet le Duc des *Entretiens*, la productivité de l'atelier reste encore marginale. Il n'y a guère que dans les arsenaux, ou dans les travaux de fortification qu'une tentative explicite de rationalisation des tâches, d'ordonnement rigoureux des activités ait eu lieu. Sur le chantier, le travail est entièrement commandé par l'ordre du montage proprement dit, l'appareilleur ordonnant pratiquement à partir de sa seule fonction la marche du chantier. En 1865 encore, le monument public, pourtant attentif dans les procédures d'adjudication et de surveillance des travaux aux manières les plus rationnelles, se soumet lors de l'édification à la toute puissance de l'appareilleur, l'entrepreneur lui déléguant pratiquement toute la maîtrise technique du chantier². L'appareilleur, traçant l'épure — opération graphique particulièrement sensible dans la mesure où elle transforme le signe «expressif» issu du dessin de l'architecte en signe prescriptif adressé aux ouvriers —, contrôle pierre après pierre l'édification dans son détail, l'entrepreneur s'assurant avant tout de l'approvisionnement en matériau et en main d'œuvre. Le lieu effectif de la productivité (au-delà de la fluidité des approvisionnements et de la rigueur des stockages) se situe avant tout dans la continuité de la séquence épure/taille/pose, qui rythme et matérialise la progression de la construction.

¹KIMPEL, «L'apparition des éléments de série dans les grands ouvrages», *Dossiers histoire et archéologie* n° 47, nov. 1980.

²C. SIMONNET, *o.c.*, ch. 3, «le chantier du monument».

La hiérarchie ouvrière, toute verticale, nous est donnée avec un luxe de subdivision fort significatif par Lucotte (architecte), attelé à la grande tâche encyclopédiste de la *Description des arts et métiers*, regard quasi ethnographique d'une population sur elle-même. Sous l'intitulé «Des ouvriers et leurs espèces», l'auteur détaille ainsi la famille de la maçonnerie:

«- le premier, le chef des ouvriers est l'architecte (...)

- après l'architecte, le premier des ouvriers est le Maître-maçon. Son emploi est de conduire la maçonnerie du bâtiment, suivant les plans et élévations qui lui sont donnés par l'architecte, de fournir tous les matériaux, de les employer, d'en diriger l'économie, ce qu'on appelle entreprise;

- le 2ème ouvrier est le maître-compagnon (...). Son emploi est de donner tous les soins à la main d'œuvre, de faire l'appel des ouvriers le matin et le soir, et le rôle pendant la journée; de donner réception des matériaux à mesure qu'ils arrivent, d'enmagasiner et de prendre soin des équipages et ustensiles : en un mot, l'économie générale du bâtiment.

- Le 3ème ouvrier s'appelle l'appareilleur. Son emploi est de conduire les épures d'après les détails du maître-maçon, d'appareiller les pierres et d'en faire les dimensions (...)

- Le 4ème ouvrier est le tailleur de pierre (...)

- Le 5ème ouvrier est le poseur. Son emploi est de mettre en place les pierres, de les poser de niveau et à plomb, et d'en scier les joints lorsqu'il est nécessaire (...)

- Le 6ème ouvrier est le scieur de pierre dure (...)

- Le 7ème ouvrier est le scieur de pierre tendre(...)

- Le 8ème ouvrier est le compagnon maçon. Son emploi est de construire les ouvrages en plâtre (...)

- Le 9ème ouvrier est le limousinier. Son emploi est de construire les ouvrages en mortier.

- Le 10ème et dernier ouvrier est le manœuvre. Son emploi est de faire les ouvrages bas et rudes et de servir les autres »¹.

Cet étagement des qualifications trouve surtout sa raison dans le tableau descriptif, plus perceptible sans doute dans l'artifice de la liste écrite et publiée que dans le vivant de la diversité des chantiers. Cet organigramme quasi linéaire appelle quand même une remarque globale : l'entreprise (hormis l'architecte) étend ses «niveaux» de qualification entre deux pôles : techniques et commerciaux, pour parler en langage moderne, segmentant le processus global selon des différences d'affectation technique

¹LUCOTTE, *De la maçonnerie, Description des arts et métiers*, Paris,

issues du plus «naturel», si l'on peut dire, des découpages. Nulle discrimination interne, nulle désorganisation structurelle ne vient déprécier les tâches ou les rendre aberrantes, comme c'est facilement le cas dans la manufacture sérielle¹. Le «neuvième ouvrier», par exemple, le limousinier, préserve encore apparemment la maîtrise technique de ses actes et de ses opérations, dosant, triturant, versant ses mortiers sous son propre contrôle (?), sa fonction et son rendement s'inscrivant dans la continuité du processus global (plutôt que dans sa discontinuité). La liste de Lucotte témoigne au moins d'une chose, de sa propension — signe d'époque — à découper et à hiérarchiser selon une échelle assez théorique un corps qui, par la diversité et l'hétérogénéité des travaux qui l'occupent, et par les origines géographiques de ses spécialisations, échappe certainement au démembrement idéal de l'encyclopédiste. Il arrive à l'appareilleur d'être tailleur, au tailleur d'être scieur de pierre. Et même si le limousinier ne vient pas forcément du Limousin, le maçon de la Creuse et le plâtrier de Paris, la signification, la portée de ces différenciations s'enracine bien ailleurs que dans les effets d'une efficacité programmée à partir de la segmentation du travail. Il s'agit certes bien de division du travail, mais au niveau que l'on considère, pour rendre le concept pertinent, une monographie de chantier serait de meilleure foi qu'une simple liste hiérarchique.

Si le découpage exposé par l'encyclopédiste ne représente guère mirux que «le produit du réductionisme graphique» pour reprendre une formule de J. Goody², il ne fait pas de doute qu'une telle mentalité du classement et de l'attribution, si elle décrit mal une réalité séculaire, s'adapte en revanche parfaitement lorsqu'elle configure par anticipation un dispositif de production commandé par la juxtaposition d'opérations *imaginées*, et non empruntées à une réalité que l'on tente de décrire. Ainsi, la science prometteuse des mortiers, depuis qu'on en décrit l'efficacité non plus à partir de l'excellence de ses pouzzolanes, mais du soin et de la rigueur supposés de ses dosages, offre-t-elle un champ d'expérimentation où la productivité peut enfin s'évaluer, se programmer, se calculer. Cette nouveauté est mieux qu'anecdotique. La référence opératoire, fait nouveau, n'est plus le métier dont on chercherait à provoquer la désagrégation fonctionnelle, mais une formule, dont on cherchera à transposer en termes opérationnels, mécaniques, les référents dynamiques. Quand Vicat dit : «on conçoit qu'étant maître des proportions, on l'est également de donner à la

¹cf. les travaux antérieurs de l'équipe Dessin-Chantier et S. FERRO, *O Desenho, O Canteiro*, Sao Paulo, Brésil, 1977.

²J. GOODY, *La raison graphique*, Paris, Minuit, p.

chaux factice le degré d'énergie que l'on désire...», c'est le germe de toute une industrie à venir qu'il crée. Mais le premier traité consacré dans ce sens non plus à décliner des recettes, mais à développer des modèles d'organisation destinés à produire mieux et plus est celui de Raucourt, publié en 1828, dont le titre résume le programme : *Traité sur l'art de faire de bons mortiers et d'en bien diriger l'emploi, ou méthode générale et pratique pour fabriquer en tous pays la chaux, les ciments et les mortiers les meilleurs et les plus économiques*. Il s'agit d'une longue dissertation de près de 300 pages sur l'art d'éteindre la chaux et de la mélanger au sable et aux cailloux. Publié la même année que le *Résumé des connaissances positives...* de Vicat¹, le traité de Raucourt s'inscrit néanmoins dans une toute autre lignée, moins «savante» (le Vicat se présente comme un immense répertoire, technique et géophysique), mais d'une certaine façon plus immédiatement applicable. Si le Vicat intéresse l'ingénieur ou l'administrateur, le Raucourt intéresse l'entrepreneur. «Ce que l'on peut gagner à nous lire, introduit l'auteur, c'est une théorie de l'art, un savoir de praticien, de maçon, pour composer et fabriquer en grand des mortiers bons et économiques»². Ainsi, rajoute-t-il, «lorsque leur fabrication sera bien entendue, on pourra, sans plus de dépense, doubler la durée des édifices et décupler celle des enduits». Cette arithmétique salutaire condense les ambitions de Raucourt : le calcul de l'ingénieur au secours de la comptabilité de l'entrepreneur. Car une originalité de ce livre est de faire œuvre de pédagogie utilitaire, traduisant autant que faire se peut la combinaison chiffrée des mesures, des rapports, en gain réalisable pour l'entrepreneur ou l'ouvrier lecteur attentif de l'ouvrage. «... Nous appelons l'attention des praticiens, des industriels, sur le perfectionnement des machines à cuire et à broyer, comme étant aujourd'hui les recherches véritablement utiles que l'on puisse entreprendre, pour rendre usuelle et économique la science de composition des mortiers»³. Et bien vite, l'austère description quantitative des compositions et des manipulations, qui rend si peu attrayante la lecture de ces traités, fait place aux visions industrielles du réformateur social qu'était Raucourt⁴. L'art de fabriquer se résorbe dans celui d'organiser, d'ordonner, de commander, de contrôler. Bientôt, le chapitre des «applications» expose toute une série de procédés qui, dans leur enchaînement quasi mécanique, produisent l'idée et le projet des

¹L.-J. VICAT, *Résumé des connaissances positives actuelles sur les qualités, le choix et la convenance réciproque des matériaux propres à la fabrication des mortiers et ciments calcaires*, Paris, 1828.

²RAUCOURT, *o.c.*, avant-propos.

³*idem*, p. 86.

⁴Personne ne connaît Raucourt de Charleville. J. Guillaume l'a sorti des oubliettes en 1986. On se réfère à son séminaire de 1987-88 sur l'histoire des techniques.

machines destinées à remplacer la plupart des opérations. «L'expérience a appris qu'il fallait une journée de manœuvre pour briser, immerger et éteindre 24 pieds cubes de chaux vive, ce qui augmente le prix de la chaux du quart au sixième. Il serait donc utile de chercher à diminuer le prix de cette main d'œuvre, surtout pour les travaux qui ont quelque extension, c'est pourquoi nous donnerons ici l'explication de quelques machines destinées à atteindre ce but »¹. Reprenant alors le détail des manipulations nécessaires à la confection des mortiers, depuis l'extinction de la chaux jusqu'au bétonnage des aires, Raucourt les décompose en mécanismes simples «tendant à régulariser les gestes de l'ouvrier», sur le modèle de ce qu'il a vu pratiquer en Angleterre dans la fabrication de briques en ciment factice («un enfant apporte la terre, une femme la divise en blocs, un homme moule, un second place les briques sur une brouette, etc ... »²)

Le processus de fabrication et d'application est décomposé en séquences, auxquelles correspondent autant de «machines» substituables. L'une «à broyer et immerger la chaux», une autre à «broyer les ciments et les mortiers» (mue par une machine à vapeur), une machine à «broyer et à mêler», une autre encore à tamiser, etc... Les machines décrites ne sont pas des outils perfectionnés; elles sont plutôt des postes de travail aménagés dans une disposition déjà taylorienne de façon à réduire et à régulariser l'effort de l'ouvrier. Elles conditionnent néanmoins l'activité ouvrière : étant affectées à des opérations singulières (machine à immerger la chaux, par exemple), elles impliquent l'unité de posture et la monoactivité. Ainsi, la machine à immerger est constituée de trois baquets alignés (chaux vive/eau/chaux éteinte) le long d'une perche flexible et articulée, à laquelle est suspendu le tamis, que l'ouvrier actionne aisément pour recueillir la chaux vive, l'immerger et la verser dans le tonneau d'extinction.

Dès lors que chacune des opérations est singularisée et régulée par l'action d'un mécanisme simple (mais fixe), leur succession est régie par les vertus judicieuses de l'agencement topographique. Ainsi naît l'atelier. «Imaginons un grand atelier de forme carrée, par exemple, parfaitement couvert pour éviter l'effet de la chaleur qui dessèche, ou celui des pluies qui délavent; assez vaste d'ailleurs pour avoir en son milieu la machine à broyer. On placera carrément à l'entour quatre machines : la première pour trier et laver les sables; la deuxième pour passer les terres et les chaux; la

¹RAUCOURT, *o.c.* p. 165.

²*idem*, p. 211.

troisième pour éteindre par le premier ou le second procédé; la quatrième pour mêler les mortiers; très près de ce groupe de machines, entre lequel (sic) on pourra parfaitement circuler, on rangera les matériaux, ils seront adossés contre les pourtours de l'atelier et séparés par de petites cloisons; et comme l'atelier a quatre faces, on placera les chaux de diverses qualités, vives ou éteintes par les procédés convenables, dans les divisions du côté des machines à éteindre et à passer, d'autres cases voisines seront prêtes à les recevoir après l'opération; les sables et les terres cuites seront le long de la face de la machine à trier, rangés par ordre de grosseur; enfin les deux faces encore libres seront destinées aux mortiers»¹. L'atelier de Raucourt s'accommoderait fort bien du plan d'une villa palladienne. L'imagination, quand elle se teinte d'un peu d'utopie, — c'est quasiment une règle obligée, surtout chez St Simonien —, a facilement tendance à se cadrer dans des figures lisibles, ordonnées, symétriques, évidentes. Mais il faut bien entendre le sens d'une telle surdétermination. Le plan de cet atelier rêvé est à l'image de la façon dont il est sensé pouvoir produire, et mieux encore : ses machines, ses stocks, son énergie, humaine ou animale, sont autant d'organes ou de rouages d'une machine totale, qui prend alors presque les traits de l'édifice idéal qu'elle serait susceptible de produire. On comparera ces pages de Raucourt avec celles de Poirel décrivant ses ateliers de blocs factices pour le port d'Alger. *Mutatis mutandis*, la configuration matérielle du dispositif décrit se résorbe dans un schéma de fonctionnement transparent à lui-même. Mais si, dans le cas de Poirel, il rentre en osmose avec l'ouvrage qu'il engendre, dans le cas de Raucourt, il se confond dans la clôture d'une figure stable, graphe d'achèvement, schéma de pensée plutôt que d'action.

La première «machine» à faire les mortiers décrite et vraisemblablement réalisée est celle de Daudin, dont il publie plan et description en 1806. Cet ingénieur des Ponts en exercice au Mans passe sa vie à publier mémoires et essais sur la pouzzolane factice, l'art des mortiers, la fabrication des ciments etc... Comme beaucoup de savants de la génération révolutionnaire, il développe une ambitieuse fibre pédagogique, rêvant d'établissements nationaux où l'on formerait de «bons praticiens qui seraient envoyés sur les grands travaux d'art que le gouvernement fait ou ferait faire, et où ils resteraient jusqu'à la confection des ouvrages, pour passer ensuite à d'autres ateliers»². Expliquant avec érudition et quelques éga-

¹ *idem*, p. 270.

² Daudin publie en 1808 un Mémoire intitulé : *Mémoire sur les pouzzolanes en général, et notamment sur les avantages que doivent procurer à la France des établissements de pouzzolane artificielle, qui ont toutes les propriétés des pouzzolanes naturelles, et qui peuvent les remplacer, avec autant d'avantages que d'économie dans les constructions hydrauliques*. Trois autres

rements les causes vraisemblables du durcissement des mortiers¹, il souligne cependant l'importance des facteurs physiques et mécaniques dans la qualité de ces derniers. C'est de la constance et de la régularité des manipulations, observe-t-il, que dépend la dureté souhaitée; donc d'opérations perfectibles essentiellement dans leur dimension mécanique : le mouvement propre des matières contribuant à l'homogénéité du mélange. «Mais, explique-t-il, pour obtenir cet effet, il fallait affranchir mon procédé de l'assouvissement des ouvriers sur lesquels on ne peut compter, pour lesquels tout est insouciance, ou routine aveugle; il fallait se rendre maître des proportions; il fallait éviter les graves inconvénients qui résultent du mélange imparfait des matières; il fallait enfin leur ôter le pouvoir de les saturer d'eau pour abrégier la difficulté du travail. Tels sont les motifs impérieux qui m'ont fait sentir le besoin d'une Machine, dont l'action et le mouvement, aussi simple que le jeu en serait facile, put non seulement remplacer, avec autant d'économie que de célérité, la manipulation ordinaire, mais encore en améliorer les produits »². Ainsi naît une machine en 1808. Non tant pour soulager le labeur ou en démultiplier la puissance, que pour parer au fléau de ces temps : l'incurie des ouvriers. Le fait est que dans le secteur de la construction, la «machine» ou le mécanisme simple qui en tient lieu généralement est plutôt sollicitée pour parfaire un travail, pour perfectionner une opération, garantissant la qualité par la régularité mécanique et le réglage contrôlable du mouvement : sciage des pierres, moulage mécanique, brassage des mortiers, pilonnage des pieux... Or d'après les mémoires que nous lisons sur les mortiers, la question essentielle qui suit l'indispensable chapitre d'érudition chimique sur les causes du durcissement demeure celle des dosages et des manipulations, problème de mécanique humaine que les auteurs contemporains, Daudin, Treussart, Hassenfratz, Raucourt, Vicat, préconisent de résoudre par les moyens les plus radicaux, n'estimant pour finir récupérable dans la personne de l'ouvrier facétieux que sa force énergétique.

Le «besoin impérieux d'une machine» de Daudin fait écho aux sentiments de Raucourt sur la nécessité de régulariser les gestes de l'ouvrier lors des manipulations, et aux conseils de Lebrun, auteur d'un *Traité pratique de l'art de bâtir en béton*, sur lequel nous reviendrons³. Mais pour une fois,

mémoires lui font suite la même année. On les trouve rassemblés aux Archives Nationales dans la série F¹⁴, 3185.

¹ «C'est donc aux parties ferrugineuses, que les pouzzolanes naturelles ou artificielles contiennent, qu'elles sont redevables, en première instance, de la propriété de faire un corps solide dans l'eau...», DAUDIN, *Mémoire sur les pouzzolanes en général...*, o.c. p. 13.

² DAUDIN, *Invention d'une machine à faire les mortiers et les cimens*, Décembre 1808 (A.N., cf. note préc.)

³ « Le grand avantage de cette méthode (il parle de la méthode Vicat), et celui que nous avons en général recherché pour tous les procédés que nous avons mis en usage, est de partager la

l'appel à la machine accompagne dans sa gestation la mise au point du matériau nouveau. Ce n'est plus la gestuelle complexe du praticien que l'on tente de décomposer en ses impulsions élémentaires — propre de la manufacture —, mais c'est l'observation du phénomène du durcissement, par le biais d'une notation soignée d'éprouvettes expérimentales, qui préconise une intimité des mixtures que seule effectivement l'inertie monotone des mécaniques est susceptible de produire, comme les cylindres «écrasoir» et «macératoire» de la machine de Daudin. Déjà les ingénieurs du XVIII^e siècle, Peronnet par exemple, avaient mécanisé, pour ne pas dire robotisé, certaines opérations basées sur le lent et lourd rythme du cylindre broyeur ou du ratisseur. Le «rateau» de Peronnet, vaste peigne mû circulairement par un cheval et plus tard par une machine à vapeur, représente un peu l'ancêtre de la bétonnière. L'instrument, perfectionné par Sganzzin sur les ports de Lorient et de Toulon, autotise un fort taux de productivité : «cet appareil qui produisait 30 m³ de mortier en 10 heures de travail, était le rateau de Peyronnet (sic) placé à plusieurs étages dans un tonneau circulaire en bois cerclé, ou en fonte de fer. Les dents en fer des râteaux mobiles des divers étages passent à travers les intervalles de fortes dents en fer, posées en rayon, et fixement attachées au tonneau. Les matières, jetées par le haut du tonneau, descendent en hélice jusqu'à une issue qui est au bas de la paroi cylindrique»¹. On reconnaît presque notre bétonnière actuelle, dont l'amélioration tient au fait qu'elle recrache le béton par l'orifice qui la nourrit (toute proportion gardée...).

Malgré tout, cinquante ans et plus après les publications et les fabrications de ces machines, on continue de fabriquer le béton à bras. Car la taille des chantiers, dans la grande majorité des cas, autorise rarement l'investissement dans une lourde mécanique que seuls les grands chantiers d'équipement dirigés par les ingénieurs des Ponts peuvent se permettre. Et puis on s'est aperçu que les mouvements apparemment primaires, élémentaires, de la trituration ou du gâchage recouvraient en réalité une certaine complexité due à la dynamique propre des particules hétérogènes que le grossier brassage des rateaux circulaires ne résolvait pas si facilement. Le Colonel Lami, dans son monumental *Dictionnaire Encyclopédique et Biographique de l'Industrie* (1886) fait ainsi dire au rédacteur de la rubrique «mortier» que «le gâchage se fait surtout, dans ces appareils (il parle des bétonnières) par la division des parties, tandis qu'il doit être ob-

masse d'hommes en fractions uniformes, et de les réduire à une action régulière et presque mécanique » (nous soulignons). LEBRUN, *Traité pratique de l'art de bâtir en béton*, Paris, 1843, p. 83.

¹SGANZZIN, *Programme ou résumé des leçons d'un cours de construction*, 4^e édition, Paris, 1839, p. 49-50.

tenu, au contraire, par une trituration qui les rapproche. Ces motifs, poursuit l'auteur, ont jusqu'ici fait rejeter tous les appareils imaginés pour le gâchage mécanique des ciments; c'est à l'effort des bras qu'on demande encore la solution». On reconnaît donc certaines fractions opératoires irréductibles au mécanisme dans le geste ouvrier : la dextérité du poignet, alliée à la sensibilité de la main qui contrôle, du bout de la truelle, les effets de densité, de viscosité, de plasticité du mélange qu'elle façonne, sont encore des synthèses trop complexes pour qu'on puisse en affecter les composantes à des machines simples. Une gestualité d'apparence technique simple tresse finement d'innombrables paramètres. Leroi-Gourhan, en des pages célèbres, sondera la complexité de ces phénomènes. A partir du concept de «séries opératoires machinales», il montrera parfaitement comment des comportements simples comme nouer un lacet, enfoncer un clou, se serrer la main, reposent sur l'intrication complexe de facteurs de mémoire, d'automatisme, d'intelligence, de rythme, de spatialité...¹.

C'est une légitime ambition industrielle qui voit dans la préparation des mortiers le ferment d'une redéfinition de l'art de bâtir. Non encore sur le chapitre des formes, qui, contrairement au fer, sont encore interdites de contour, d'imagination ou d'arbitraire, mais sur celui des productions matérielles, qui s'ordonnent, se structurent selon des conceptions que l'on aimerait «scientifiques». Mais le renversement a du mal à se réaliser... La médiation ouvrière, que l'on cherche à nier soit en dénonçant l'incapacité, soit en cherchant à l'assimiler au mouvement d'une grande machine, contrarie l'idéal industriel. La «science» des mortiers, instigatrice des schèmes productifs les plus performants sur le papier, se heurte à l'effet de réel : une population laborieuse qui a ses traditions, ses réglementations, ses rites, et dont la dissémination sociale contredit les rêves d'embrigadement et de disponibilité du fantasme industriel. A la fin du siècle, Lami, toujours dans son *Dictionnaire Encyclopédique*, n'offre encore à ses lecteurs, à défaut de courroies et de moteurs, que la métaphore de la mécanisation pour décrire les rouages d'une fabrication entièrement manuelle : «on procède alors au mélange du sable et de la chaux (...) L'ouvrier qui opère avec le rabot marche ainsi en tournant toujours dans le même sens; il est suivi par deux ou trois autres ouvriers qui effectuent le même travail. Pendant ce temps, un manoeuvre relève avec une pelle la matière en tas au fur et à mesure que les autres l'évalent à l'aide de leurs rabots; généralement un manoeuvre suffit pour relever le tas de trois ou quatre ouvriers en marche. De cette façon,

¹A. LEROI-GOURHAN, *Le geste et la parole*, Paris, 1

toutes les parties du sable sont bien mélangées avec la chaux et bien touchées par elle, le mélange est parfaitement intime»¹.

3/ Un chantier exemplaire

Si l'histoire de la construction en béton devait retenir un chantier fé-tiche, inaugural, la construction du port d'Alger pourrait prétendre à l'honneur. C'est là en effet que pour des raisons conjuguées d'économie, de conception hydraulique et de mise en œuvre, on emploie le matériau pour la première fois à une telle échelle, dans des conditions de réalisations où toute la technologie afférente était pratiquement à inventer : fabrication, moulage, coulage, transport, installation... Ici, nul à priori formel, nulle entrave esthétique ne seront venus induire la définition des ouvrages. Des conditions, que l'on peut qualifier de techniquement et d'économiquement objectives, imposent son mouvement et sa configuration au dispositif productif. Il ne s'agit certes que de gros amas de matière jetés à la mer sans autre souci que de former le profil linéaire et massif d'une jetée. Mais on notera surtout l'étonnante transparence de l'organisation productive à son objet; tout se passe en effet comme si, au fur et à mesure de l'immersion progressive des énormes blocs de béton, faisant néanmoins naître l'indispensable barrière aux lames sous-marines, l'industrielle organisation secrétant ses blocs comme le ferait un gigantesque organisme vivant, n'avait pour objet que sa propre activité, et pour scène que sa propre installation. C'est l'impression que laisse la relation de ce chantier qui dure de 1833 à 1840, sous la direction de l'ingénieur Poirer, promoteur de cette technique inédite. On est encore dans l'ère du béton masse, du béton substance, où le matériau ne se conçoit encore que comme un idéal continu de compacité. Mais ici, c'est tout entier l'acte de travail, dans sa dimension multidéterminée, qui doue le matériau de ses premières propriétés formelles.

Alger, conquise par les Français en 1830, était l'ancienne capitale corsaire barbaresque, fondée et enrichie par les frères Barberousse. Le port date de cette époque (1530) et servira essentiellement d'arsenal pour les corsaires et les flibustiers jusqu'à l'occupation française en 1830. Après la bataille d'Alger (Juillet 1830), les français installent : en 1831, le service des Ponts et Chaussées est créé, et en même temps que le Général Voirol fait

¹Colonel LAMI, «mortier», *Dictionnaire encyclopédique et biographique de l'industrie*, Paris, 1886-

travailler aux routes, l'ingénieur Noël entame quelques restaurations sommaires sur le môle du port. Mais l'exposition peu avantageuse de l'ouvrage, sans cesse assailli par une mer particulièrement violente en cet endroit, réclamait une réfection perpétuelle. Le musoir, toujours menacé, était un chantier quasi permanent, et depuis Khaïr (frère de Barberousse), on jetait inlassablement des blocs de pierre, que les affrontements sous-marins s'empressaient de déchausser. En 1725, Laugier de Tassy, chroniqueur de ces régions, disait déjà : «la mer emporte à peu près tous les rochers qu'on y jette, mais on a toujours soin de les remplacer»¹. Les réparations de 1831 prenaient alors un relais vieux de trois siècles. Mais on décida de mettre fin à ces désordres ravageurs lorsqu'après avoir déversé plus de 6000 mètres cube de roche, une violente tempête, en 1833, déplaça les blocs jusqu'à 30 m et plus, défaisant en une nuit le travail de trois ans.

Le gabarit des blocs de pierre, taillés, transportés et jetés à la mer selon la technique traditionnelle, ne convenait manifestement pas aux violences marines et sous-marines. On reconnut vite qu'il fallait des blocs d'au moins 10 m³ pour rester tranquille, mais, sur ces côtes nouvelles, «carrières, chemins, moyens de transport, tout manquait, tout était à créer»². Ce qu'on ne pouvait trouver naturellement, on pourrait le produire artificiellement : d'où l'idée des blocs de béton, idée aussi ingénieuse qu'ingénue : «l'idée d'employer comme élément de construction des blocs de béton qu'on est maître de faire à l'avance, là où l'on veut, et de telle dimension qu'on veut, est si simple qu'on doit s'étonner qu'elle ne soit pas venue plus tôt à l'esprit des ingénieurs», s'étonne un rapport de 1840³. La technique traditionnellement utilisée pour la construction des jetées, môles et autres darses était celle dite «à pierre perdue», consistant à jeter pêle-mêle les blocs à l'eau de façon à former la jetée selon son profil «naturel» à 45°, comme à Cherbourg⁴ ou Plymouth, ports récemment agrandis. En 1831, le Colonel Emy, infatigable pourvoyeur d'améliorations constructives (on lui doit une astucieuse réactualisation des charpentes à la Delorme) avait bien suggéré de

¹ Cité par POIREL, *Mémoire sur les travaux à la mer, comprenant l'historique des ouvrages exécutés au port d'Alger, et l'exposé complet et détaillé d'un système de fondation à la mer au moyen de blocs de béton*, Paris, 1841.

² POIREL, *o.c.* p. 3-4.

³ *Rapport sur la nécessité de modifier sans délai la direction du nouveau môle en construction du port d'Alger*, Raffeneau de Lille, 10 mai 1840, A.N., F¹⁴ 7114.

⁴ Le port de Cherbourg a été l'objet d'expériences originales mais malheureuses pour améliorer la technique de la pierre perdue. Un système sophistiqué de cônes en charpente devait permettre une mise en place régulière et homogène des blocs jetés et du mortier. Debauve () évoque la catastrophe que le système provoqua. Par ailleurs, on lit chez B.-G. Sage, que «la catastrophe de la batterie Napoléon à Cherbourg, qui eut lieu le 12 février 1808, et où la nombreuse garnison fut engloutie dans la mer, paraît due à la faiblesse du ciment», B.-G. SAGE, p. 8.

remplacer la pierre par le béton, «mais il n'indiquait que des masses jointives, ayant un profil déterminé»¹. Il proposait encore de profiler l'ouvrage exposé côté large selon un arc concave, en relation avec ses théories sur les mouvements de fond des vagues. La première idée sera quand même reprise par Poirel, qui distingue deux étapes complémentaires. Il imagine d'une part de construire directement dans l'eau, à leur emplacement définitif, une partie des blocs; et d'autre part, de construire sur berge des blocs réguliers, destinés à être lancés ultérieurement à la mer. Le premier type (construction en place) repose sur un principe qu'il met au point : les «caisse-sacs», moules dont les parois forment un caisson récupérable et dont le fond est constitué d'une toile goudronnée, susceptible d'épouser les irrégularités du fond qu'elle recouvre, et de préserver l'eau de gâchage des eaux marines. «La masse de béton qui la remplit peut donc se mouler parfaitement sur le terrain et se lier avec lui par les aspérités mêmes qu'il présente»². L'idée s'inspire d'une tradition artisanale italienne qui utilisait un principe analogue (avec des sacs de terre) pour prévenir les éboulements provoqués par les affouillements sous-marins.

Poirel détaille avec beaucoup de précisions son chantier, qui s'étale sur sept campagnes, entre 1833 et 1840. Le travail consiste non seulement à réparer la darse et le môle du port d'origine, mais encore à prolonger le môle pour agrandir le bassin. Cette question de la disposition du port et de son extension nourrira dès lors un débat très polémique jusque dans les années 1850, entre les experts du corps des Ponts et les officiers de Marine, qui soumettent plan sur plan à leurs ministres respectifs. Alors que les campagnes de Poirel ne sont pas achevées, on lui conteste déjà la conception du début d'extension qu'il met en œuvre. Montluisant, ingénieur en chef et directeur des travaux hydrauliques de la Marine à Toulon, dépêché à Alger en 1835 pour donner un avis sur les solutions à adopter pour la prolongation des jetées, émettra quelques doutes sur les compétences de Poirel³. Mais le rapport de la Commission du Conseil des Ponts sur les rapports respectifs de Poirel et de Montluisant, daté de Septembre 1835 et signé de Loïc, Grosse et Baudre, salue la performance technique de Poirel : «nous avouerons même que le coulage des masses de béton au moyen de caisses sans fond échoués sur un sol d'enrochement rempli par conséquent de grandes irrégularités est une opération qui nous paraît hérissée de difficultés et que nous sommes surpris qu'on soit parvenu à effectuer en très peu de temps cette opération, à rendre

¹ POIREL, *o.c.*, p.

² *Ibidem*, p. 5.

³ Rapport du 20 juillet 1835, par Montluisant, Ingénieur en chef, Directeur des travaux hydrauliques de la marine à Toulon. A.N., F¹⁴ 7114.

les masses assez solides et à leur donner une assiette assez stable pour qu'elles aient pu résister pendant près de sept mois à la mer»¹.

Quel est le secret de Poirel? Son chantier est non seulement réglé comme une horloge, mais il repose encore sur un souple découpage technique qui équilibre les parts de l'empirisme et du contrôle systématique. La première étape consiste à couler sur place une sorte de colonne vertébrale, au moyen des caisses-sacs, formée de blocs dont le cube varie de 60 à 200 m³, par un système qui peut déjà préfigurer le coffrage glissant. Puis la plate-forme que constitue ce premier ouvrage sert de site où sont disposés des caisses-moules, qui permettent de produire en série des blocs d'un volume de 10 à 50 m³ que l'on jette à la mer de manière à former une ligne en avant de celle où l'on se trouve. L'intervalle est ensuite comblé de blocs naturels (pour économiser la pouzzolane, explique Poirel). A l'arrière enfin, on drague sur trois mètres de largeur pour couler un massif continu en béton. La composition du mortier est très sévèrement contrôlée par l'ingénieur et ses contre-maîtres, constituée d'une part de chaux grasse éteinte en pâte, deux de pouzzolane importée de Rome, et trois de sable de rivière. Le béton est composé de deux parts de pierraille pour une de mortier. Tout est régulièrement éprouvé sur échantillon et testé avec l'aiguille de Vicat, précise encore l'ingénieur.

Pourtant dans le dos de Poirel, les experts continuent de s'interroger sur l'opportunité des solutions techniques adoptées. L'ingénieur Montluisant suggère cette fois (en Mars 1836) de construire une jetée à claire-voie, solution que défendra à son tour l'ingénieur des Ponts Garella, alors responsable des travaux hydrauliques du Rhône. Ce dernier, dépêché à son tour à Alger par la Commission pour plus d'assurance, revient fort médisant envers Poirel, qui manifestement ne fait rien pour séduire ses inspecteurs. Comme il est question d'agrandir le port et de rallonger le môle de 500m, de houleuses discussions s'élèvent entre experts, ingénieurs et même marins, qui objectent à leur tour que le projet Poirel ne tient pas compte de certains facteurs nautiques pour instaurer le calme dans la baie². Garella par ailleurs estime trop faible la hauteur du nouveau môle et de son musoir telle que Poirel la projette, évoquant des arguments de protection défensive et de maniement de canonnière. Combinée avec un môle à claire-voie, il retrouve à la solution de la pierre perdue des vertus nouvelles (on acheminerait la pierre des carrières voisines au moyen de chemins de fer). Il critique le manque d'économie des caisses à béton qui, découpées selon le profil du sol, interdit

¹Rapport Loic, Gorse et Baudre, septembre 1835. A.N., *id.*

²Rapport Favre, Raffeneau de Lille, Murard et Berigny. Avril 1839. A.N., *ibid.*

leur réemploi. Enfin il calcule qu'il ne faudrait pas moins de 80 ans pour achever de construire le môle selon le procédé Poirel... Malgré tout, la Commission des Ponts confirme Poirel dans ses fonctions et ses travaux. La solution que ce dernier propose pour poursuivre l'allongement du môle continue de séduire l'administration : après tout, il a le chantier en main depuis cinq ans, et son système de blocs en béton ne connaît pas de défaillance. L'ingénieur s'emploie d'ailleurs à en détailler les avantages et à en peaufiner l'usage au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Qu'a-t-on gagné, répond Poirel à ses objecteurs ? « 1° une stabilité obtenue immédiatement, tandis qu'au contraire elle n'est jamais assurée avec les enrochements ordinaires; 2° une facilité incomparablement plus grande dans le transport des matériaux, généralement si pénible et si coûteux pour ceux que l'on extrait des carrières dès que leur volume dépasse 2 ou 3 m; 3° une diminution considérable dans la section du profil affecté par les jetées, et par suite une économie notable dans les dépenses; 4° enfin, une exécution applicable partout, aujourd'hui que les progrès opérés dans l'art des mortiers hydrauliques permettent de fabriquer des bétons dans toutes les localités»¹.

Si l'ingénieur dit vrai, c'est plus que d'une amélioration technique qu'il s'agit. Car le champ entier de l'objet technique est investi et, d'une certaine façon, redéfini; sur trois niveaux : celui de la stabilité, celui de la production et celui de la forme. Dans sa physique, dans sa mise en œuvre, dans son contour, l'ouvrage en béton induit une triple transformation, inhérente à une logique qu'il convient de dire *économiquement déterminée*. Non pas par des prouesses d'épargne, mais bien par des facteurs d'affectation, de distribution, d'organisation des tâches, qui concourent à définir un processus parfaitement inédit de transformation de la matière première en produit fini. Dans la préhistoire de notre matériau, cette performance n'est pas négligeable, dans la mesure où elle contribue à établir le prototype d'un *ars fabricandi* dont le modèle, pour une fois, ne procède pas de tradition ou de savoir-faire liés aux métiers du bâtiment, mais de la nature propre de la «technique» nouvelle qui s'élabore. En l'occurrence, le problème se pose en ces termes : il s'agit de construire une jetée linéaire en pleine mer, sur une largeur émergée de 6m et dans une eau profonde de 7 à 8 mètres. La technique qui consistait à lancer les blocs depuis la berge où ils étaient fabriqués, alors que l'on renforçait la darse, ne peut plus s'appliquer rentablement sur un front réduit, la disposition de 3 ou 4 blocs de front vers la mer n'autorisant guère plus que la production d'une quarantaine annuelle, compte tenu du temps de séchage avant immersion (un à deux mois). Il était donc nécessaire

¹POIREL, *o.c.*, p. 20.

de créer un chantier de préfabrication. La belle gravure du *Mémoire* de Poirel illustre parfaitement le soin et la précision de son atelier de plein air, où la rigueur des fonctions et des circuits préfigure les plus strictes hiérarchies organisationnelles de l'industrie.

Nous sommes en 1838. «Pour couler 4 blocs, il faut 60 à 70 hommes travaillant pendant huit heures. Les blocs sont placés à 1m de distance les uns des autres pour la facilité des manœuvres que leur transport nécessite. Trois charpentiers peuvent démonter et remonter une caisse en une heure. Les mêmes panneaux servent pour la fabrication de 50 blocs environ, moyennant quelques réparations»¹. Les banches sont récupérées au bout de 4 à 6 jours après le coulage, précise-t-on, et le transport des blocs s'effectue sur rails, qui avancent en même temps que le môle, ou encore par flotteurs². La fabrication du béton, opération charnière de l'entreprise est organisée avec la précision d'un métronome. Les matières premières, sable mis à part, arrivent déjà partiellement transformées : la chaux, confectionnée dans des fours installés pratiquement au lieu de débarquement des calcaires du Theil, la pouzzolane, en tonneau, déjà blutée, et les recoupes de pierrailles. Les «machines» à broyer, à malaxer, à bétonner, conçues pour le chantier, produisent 30 m³ de mortier par jour, conduites par 28 ouvriers (pour la seule fabrication du mortier). Le décompte de leurs tâches est décrit par Poirel : sur les 28, un ouvrier sort la chaux du bassin, un autre la charge dans un tonneau; deux ouvriers roulent le tonneau jusqu'à un relais situé à 30 mètres. Pendant ce temps, 5 ouvriers roulent les tonneaux de pouzzolane jusqu'au relais où 6 ouvriers rassemblent les matières dans une sorte de tonneau malaxeur (la bétonnière). Un ouvrier porte l'eau et la verse, et 10 ouvriers enfin tournent l'énorme manivelle qui entraîne le malaxeur. Le mortier frais qui en ressort est ensuite combiné au sable et aux pierres concassées pour former le béton proprement dit. Quarante ouvriers triturent au rabot la lourde matière, versée au fur et à mesure dans les caisses-moules, puis damée à la botte et à la spatule. L'atelier, divisé en 3 sections, arrive à produire et à stocker jusqu'à 15 blocs par jour. Enfin, les opérations de levage, de transport et d'immersion des blocs, à l'autre bout de la chaîne, occupent 78 hommes (36 pour le transport par terre, 42 par mer).

Le béton, au départ, n'a pas de forme induite logique, préférentielle. Il n'est que la traduction figée, substantifiée, d'un dispositif relativement simple, où l'on décompte quelques opérations élémentaires, une certaine

¹ *Idem*, p. 12.

² *Idem*, 2° Section.

hiérarchie fonctionnelle, ordonnée, disposée, des matières premières inertes, et un «programme» d'utilisation pour le moins banalisé à l'extrême : ces grands morceaux de sucre, lancés à l'eau, constituent le degré zéro du type, masse pure affectant les contours du moule le plus économique qui soit. Or c'est précisément à cet égard que ce chantier nous paraît inaugural, en ce sens où l'apparente simplicité du procédé et du processus compte pour une expérience qui radicalise toutes les composantes de son déroulement, n'en retenant que les plus évidentes nécessités, leur recomposition décrivant la pureté d'un organigramme parfaitement composé. Malgré les entraves jalouses que subit l'organisateur du chantier, ce dernier n'en poursuit pas moins obstinément son labeur, guidé par le seul souci d'optimiser la dynamique et l'énergétique de son atelier. Les conditions coloniales favorisent grandement son stratagème industriel, faisant de son atelier un véritable laboratoire à grande échelle : sur un site quasiment privé d'infrastructure, avec une population (indigène) considérée sans qualification et pour ainsi dire privée de droit (les manœuvres sont forcés ou prisonniers), avec un programme productif réduit au plus simple processus de standardisation, le chantier semble quasiment transparent à la théorie qui le définit et le spécifie.

Bien entendu, la dimension parfaitement singulière de cette construction d'un môle, dont la «technique» s'apparente plus à celle du déménageur qu'à celle du maçon, lui dénie son éventuelle valeur exemplaire en terme d'art de bâtir. L'originalité tient essentiellement à la façon dont la manipulation d'un matériau somme toute nouveau (même si on s'évertue à en souligner la paternité antique) engendre une logique manifestement non référencée pour sa mise en œuvre, ni empruntée, ni héritée. Ici, en un raccourci rare en ce domaine, la continuité de tout le processus, qui va du rassemblement des matières premières à l'ouvrage terminal en passant par toutes les phases de la préfabrication, ne semble pas reproduire ou aménager quelque modèle autrement éprouvé, sinon par le biais d'une imagination pragmatique, mue par la seule ambition d'aboutir. La diversité des tâches, des opérations afférentes à la matérialisation de l'ouvrage ne provient nullement de l'éclatement ou de la segmentation d'une entité de travail qu'on eût pu imaginer plus intègre, plus cohérente, mais d'une définition et d'une affectation initialement abstraites des actes de travail composant le processus dans son ensemble. On chercherait en vain l'artifice d'une décomposition prescriptive; la discontinuité et la fluidité qui en résultent ne sont pas contraintes par surdétermination, elles sont structurellement inscrites dans le dispositif qui associe un site, un ouvrage à construire, un ingénieur des Ponts, une population ouvrière, un contexte technique, en 1835. C'est sa

conception initiale qui fait de tout ce mécanisme manufacturier une «œuvre d'art économique», pour reprendre un mot de Marx, rassemblant le produit et sa production dans une entité indissociable. La constitution matérielle de l'objet ne peut guère se décrire qu'en vertu des *moyens* de sa constitution : une technique du mélange et du compactage de ses composants, une technique de stockage et de transport des objets jusqu'à leur destination terminale : à l'eau ! Le béton trouve alors là une certaine originalité de son emploi : d'être subitement englouti dans le milieu qui constitue pratiquement son antithèse élémentaire, il parvient, à force d'indéfectible labeur, qui ne connaît ni saison ni fatigue, mais seulement les rouages réguliers d'un mécanisme productif, à reconstituer l'idéal matériel d'une compacité continue : en somme l'élément d'où il est issu.

4/ Images de la résistance

«Une pierre ne s'arrache point d'un mur comme une dent d'une mâchoire», explique pédagogiquement J. P. Schmitt, auteur du Roret de l'archéologie chrétienne¹. Dissertant sur les qualités des substituts économiques que sont les «mastics et les ciments modernes» : mastic Dihl (très en vogue), ciments de Vassy, de Pouilly, de Bourgogne et ciments Parker, il met en garde le curé de paroisse «accoutumé à supputer les modiques revenus de l'église» contre l'apparente facilité de tels procédés. L'auteur conclut alors qu'une soigneuse réfection dépend de facteurs trop aléatoires et peu maîtrisables en pareille condition (qualité des matières, qualité d'exécution...) pour en préconiser l'emploi : «c'est donc peut-être aux petites localités où elle conviendrait le mieux qu'il faut la conseiller le moins»². Dans son emploi domestique, l'usage du ciment demeure donc encore assez confidentiel, même pour boucher les trous, alors qu'on le produit déjà par milliers de tonnes pour équiper le territoire en ports, en canaux et en ponts. Il faudra revenir sur le sens économique de cet usage, l'investissement dans le matériau «béton» se concentrant, à l'orée de la Révolution Industrielle, dans les infrastructures d'un secteur essentiellement lié à la circulation des marchandises. La pierre, chargée d'inertie millénaire, est à peine érodée par les tentatives d'émancipation du mortier, qui lui reste entièrement subordonné dans la construction civile, malgré l'acharnement précoce de défenseurs du béton comme F. M. Lebrun. Ce dernier, auteur en 1835 d'une *Méthode pra-*

¹J.P. SCMITT, *Nouveau manuel complet de l'architecte des monuments religieux, ou traité d'application pratique de l'archéologie chrétienne* (Nouveaux manuels Roret), Paris, 1845, p. 93.

²Idem, p. 103.

tique pour l'emploi du béton..., qu'il dédie à Vicat, et en 1843 d'un *Traité pratique de l'art de bâtir en béton*, fait plutôt figure d'original dans la grande famille des constructeurs. Il relate son obstination à promouvoir ce matériau «révolutionnaire», dont il expérimente même les possibilités architecturales à Gaillac dans le Tarn où il exerce ses activités. On reviendra sur le personnage, qui fait figure pour Collins de pionnier du béton avec Cointereaux, le théoricien de la construction en pisé¹.

La résistance à la généralisation de l'emploi du ciment et du béton est l'indice de plusieurs choses, dont la principale est certainement d'ordre sociologique : l'architecture, même dans son acception la plus banalisée, demeure symboliquement fortement chargée de valeurs qui consacrent la pierre comme seul matériau digne de mérite artistique, malgré quelques antécédents antiques mis à jour et l'usage obsessionnel du terme de «ciment romain»². Cette dimension est encore soudée à un enracinement de la structure productive qui ne connaît que le travail de la pierre. Ce barrage, à la fois culturel et économique, est à peine inquiété par la circulation de l'information technique, tant les organes susceptibles de vitaliser le matériau concurrentiel restent malgré tout confidentiels. On ne lit pas les *Annales des Ponts et Chaussées* dans les Salons ou dans les Cafés, ni même dans les Académies, semble-t-il³. Jusqu'en 1850 environ, le nouveau ciment, «romain», «aquatique», «Parker» ou «Portland», ne suscite guère l'enthousiasme des constructeurs, qui le confinent timidement dans leurs fondations, racines aveugles de leurs œuvres. Les premières «curiosités» à faire un peu de publicité seront la barque de Lambot et le bac à fleur de Monnier, brevetés respectivement en 1855 et 67, prototypes inconscients du béton armé qui sommeilleront bien une trentaine d'années encore, avant de faire figure de fétiches fondateurs⁴. Mais une autre dimension du matériau naissant pourrait fort bien justifier sa proscription culturelle, pour ne pas dire artistique. Cette dimension est un grand paradoxe de notre imaginaire

¹P. COLLINS, *Concrete, the vision of new architecture*, Londres, ????????

²«Il terine "cemento romano", che riaffiora nelle diverse produzioni succesivamente minescate nell'Europa continentale, richiama in modo significativo un ritorno all'antico, continuamente ricorrente fra sette e ottocento, proprio nei modi di formazzione della tecnologia dei clacstruzzi : fenomeno singolare, nel momento in cui nuove scienze, nuove tecnologie pare si affermino, proprio come negazzione al costante richiamo agli archetipi dell'antichità classica», E. TAMAGNO, *o.c.* p. 54.

³H. LIPSTADT, *Architectes et ingenieurs dans la presse, polémique, débat, conflit*. Contrat CORDA, 1980.

⁴Mises à part les expériences de Coignet à St Denis, les premières expériences significatives concernant l'application des brevets Monnier apparaissent dans les années 1880 au moment de la cession des brevets Monnier en Autriche puis en Allemagne. Cf. *Cent ans de béton armé*, supplément à la revue *Travaux*, n° 194bis, Paris, 1949. Sur les manifestations publiques du béton armé, cf. F. ROBICHON et T. VON JOEST, «le béton en représentation», *Monuments historiques*, n° 140, Aout-sept 1985.

technique : le béton, dans la phase encore indécise de son émancipation du statut de mortier, est quelque chose qui n'a ni forme, ni fonction, ni couleur. Pas de modèle non plus dont il pourrait retirer les vecteurs de sa maturation technique, pas de mythe d'origine pour en fonder l'existence et la nécessiter. Autant dire pas d'identité. Tel qu'il apparaît à cette époque, c'est un matériau encore virtuel malgré sa lourde composition, un «matériau moins», une existence dont il manquerait le contour, résorbant la chose dont il est fait dans sa faculté purement substantielle. Son seul paradigme tutélaire est celui de la compacité; or, c'est cette dimension qualitative de la matière qui va donner naissance à un *matériau*, n'ayant d'autre faculté constructive que celle de la pure concrétion. Comment alors se crée progressivement l'idée du matériau, par quels relais de l'imagination ce qui n'est encore qu'un secourable dérivé de la maçonnerie va devenir membre à part entière de la famille des matériaux de construction, c'est ce que nous allons voir à présent.

En ces temps de grande ambition industrielle et de grande foi technologique, le crédit de la positivité technique s'accommode des images les plus vertueuses, pourvu qu'elles soient garanties par une dose visible de scientificité. C'est l'impression que laisse la lecture de l'argument des convictions les plus assidues dans cette première moitié du XIX^{ème} siècle. Comme les «antagonistes du ciment» (Schmitt) restent très nombreux, leurs défenseurs forment presque une secte; ils se connaissent, se saluent, se parlent, ils sont solidaires, ils ont la même confiance dans l'avenir de leur matériau, dont ils sont les devins. Bien sûr, la première vertu dont s'honore le matériau est celle de la solidité. C'est là le germe originel, le degré zéro conceptuel de la possibilité de bâtir, ce qui rend pensable la construction, l'architecture. A cet égard, la figure négative de la solidité, la destruction, apparaît fréquemment dans l'argument technique. Ainsi le Général Treussard, officier du génie, auteur e, 1829 d'un *Mémoire sur les mortiers hydrauliques et les mortiers ordinaires*, vante-t-il la tenue à la bombe du béton : «l'action à la bombe est une sorte de pression par percussion, et ce corps, tombant avec une grande force, ne pourra pas produire d'ébranlement sensible dans une voûte en béton, tandis que dans toute autre, en pierre de taille, en meulière ou brique, cette puissante action devra nécessairement rompre la liaison des matériaux dans leur infinité de joints, et entraîner la ruine des maçonneries»¹. Il met d'ailleurs au point une «machine à rompre les mortiers», première du genre, nous y reviendrons. Lebrun, qui cite également ce passage de Treussard, rapporte un passage du *Mémorial de Ste Hélène* dans lequel

¹Général TREUSSART, *Mémoire sur les mortiers hydrauliques et sur les mortiers ordinaires*, Paris, 1829. Cité par LEBRUN, *Traité pratique de l'art de bâtir en béton*, o.c. p. 145.

l'Empereur se serait plaint de la faiblesse de la maçonnerie dans les fortifications. Il insiste encore sur cette faculté d'un matériau qui ne peut pas ruiner, allant jusqu'à préconiser l'usage du béton pour la construction des prisons : «les murs ainsi faits ne formeraient plus qu'une seule pierre sans assises ni joints, et (...) il serait pour ainsi dire impossible de pratiquer une ouverture quelconque autrement qu'avec de forts outils, qui ne sont pas ordinairement à la disposition des prisonniers»¹. Le mortier n'est plus cet agent aléatoire que le soin de l'appareil devait minimiser au mieux. Susceptible de perfection par la seule rigueur de sa confection et de son dosage, il rivalise avec la pierre pour ce qu'elle a finalement de plus essentielle : la dureté de la matière. Dès lors, il peut prétendre s'y substituer. Non pour l'imiter ou la remplacer, mais pour en compenser ce que l'on s'ingénue à percevoir comme son «défaut» majeur : la discontinuité de l'appareil, et, corrélativement la dépendance qualitative de sa mise en œuvre.

En ce siècle qui place sa confiance dans la science plutôt que dans le métier, on ne s'étonne pas trop devant ce genre de transfert. Pourtant, l'imagination résiste encore à la conception des facultés constructives autonomes du mortier. Ce qui est compréhensible, même si les exemples ne manquent pas où, dans un tel programme, la continuité compacifiée de la matière est préférable à la discontinuité appareillée du matériau : les fortifications, encore une fois. Mais on est prudent. Autant la construction en fer engendre des prouesses qui se surpassent l'une après l'autre, autant l'utilisation du béton reste prudemment confinée dans de timides expériences. On a bien sûr les catalogues des chantiers, comme celui de Vassy, qui propose déjà des gammes d'ouvrages tels que citernes, réservoirs, silos et bientôt ceux de Coignet. Mais chez les concepteurs, on ne connaît guère que Lebrun qui, jusque dans les années 50, bataille tant et mieux pour promouvoir l'usage de bétons compressés dans la construction de ponts, de voûtes, et même de bâtiments entiers. Ses prototypes ne sont pas toujours des succès : un temple protestant qu'il édifie dans la commune de Corbarier (Tarn et Garonne) en 1836 se fissure dangereux au moment du décintrage de la voûte. Mais le pont de Grisolles, sur un canal latéral à la Garonne, qu'il construit tout en béton l'année suivante (12m de portée), est un succès ; à tel point qu'il sollicite l'inspecteur général des Ponts pour en construire un nouveau à trois arches de 22m chacune, selon les modalités techniques acquises par ses expériences précédentes². L'inspecteur général, Bérard, lui oppose néanmoins son refus, objectant un manque d'antécédent dans ce type d'ouvrage, suspec-

¹LEBRUN, id. p. 146

²LEBRUN, *Méthode pratique pour l'emploi du béton*, o.c. p. 108.

tant les techniques de massivation du mortier, de décintrement, doutant de la bonne cohésion du matériau. «Pour avoir confiance dans la nouvelle méthode de construction, dit l'ingénieur, il faudrait avoir des expériences en grand, qui puissent donner la limite de la résistance et de l'écartement dont le massif de béton est capable»¹. Mais cette expérience, rétorque Lebrun, je vous la propose ! Il évoque «le système des ponts en fil de fer» que l'on a pu tester que lors de leur réalisation en grand. Dans son deuxième ouvrage, il remarque encore avec ironie, à propos de la chute spectaculaire du pont suspendu des Invalides construit par Navier en 1828 : «si les massifs auxquels étaient accrochées les chaînes eussent été construits en béton, ils auraient formé une seule masse homogène, inséparable»².

A part quelques expérimentateurs marginaux, on est encore loin d'imaginer que l'on puisse bâtir avec du ciment ou du béton. Fonder, oui, enraciner la maçonnerie, arrimer la construction par le biais d'une matière qui participe encore de l'indistincte nature du sol et qui s'accorde déjà avec la faculté lourde et compacte de l'édifice se conçoit encore. On imagine aussi des barrages, des digues, des jetées... Mais paradoxalement, le mortier n'est pas encore, dans l'imaginaire bâtisseur, une matière douée d'existence constructive. Il est une puissance concrète, il est poids, masse, compacité, il n'est pas encore force, forme. Il est doué de cohésion, mais pas d'expression. Si le béton a du mal à faire image dans l'ordre de la représentation construite, il offre en revanche sa matière brute à l'imagination formelle à une échelle où il n'est pas besoin de s'accomoder de canons esthétiques ou de conventions techniques. On a ajourné la vérification «en grand», il reste encore l'échelle microscopique...

Cherchant toujours à percer le secret de la dureté, de la pétrification, le savant, muni des nouveaux outils conceptuels de la chimie, de la minéralogie et de la cristallographie, compose des modèles descriptifs concourant à une nouvelle appréciation de la solidité, argumentée notamment par une vision «micromécanique» qui ordonne à son tour des considérations plus nuancées de la compacité, douées déjà d'un certain potentiel utilitaire. En amont, les «vrais» savants développent des modèles qui permettent de comprendre simultanément la formation et la structure des minéraux : Haüy le modèle géométrique, décrivant et hiérarchisant les classes de cristaux selon la récurrence de certaines régularités microgéométriques; Cronstedt le modèle chimique, classant les minéraux selon leur composition élémentaire,

¹ *Idem*, p. 108.

² LEBRUN, *Traité pratique de l'art de bâtir en béton*, o.c. p. 135.

leur réaction aux acides...¹. Ces modèles filtrent chez les ingénieurs et stabilisent des conceptions plus manipulables, plus pratiques, plus expérimentales, relatives aux mécanismes de la durcification des mortiers et bétons. L'expérimentateur développe par ailleurs des considérations nouvelles et plus efficaces à partir de la notion de dureté, comme l'adhérence, l'altérabilité, l'usure, la cassure, etc... La vision de Raucourt, par exemple, participe d'une certaine simplicité élémentaire, particulièrement productive pour ce qui est de son «programme» utilitaire concernant les différents emplois du mortier. «Toutes ces substances qui peuvent entrer dans la composition du mortier se divisent en deux parties distinctes : - les éléments chimiques, ou poudre impalpable qui, mêlées avec l'eau forment la partie liquide et enveloppante des mortiers ; - les éléments en grain ou sable, dont la présence ne peut changer la nature des poudres, des liquides et qui forment la partie solide et enveloppée des mortiers»². A la chimie des parties enveloppantes répondra la physique des parties enveloppées, clarification qui informera jusqu'à ses conceptions d'atelier (cf. *supra*). Le rapport est réduit à une loi simple, purement quantitative : «le minimum des parties enveloppantes doit être au moins égal à la somme des vides enveloppées»³. A partir de telles règles, l'opération du dosage, si sensible d'après tous les «théoriciens» du mortier, devient aisée. Une bonne part du *Traité* de Raucourt étalonne les dosages et les attribue à différents usages selon les rapports souhaités de résistance, de temps de prise, de plasticité à l'emploi, d'étanchéité, etc.. La seconde partie du *Traité*, «Applications...», détaille ainsi toutes sortes d'utilisations, différemment composées : abreuvoirs, silos, canalisations, pierre factice, jetées portuaires..., allant même jusqu'à imaginer la fabrication de toits-terrasse en béton «ornés d'arbrisseaux et de fleurs», qu'il suggère d'armer d'un réseau de fil de fer...⁴

Le minutieux échantillonnage de Raucourt s'ordonne en fonction de critères très divers, qui sont pour finir des critères d'usage (enduits, chappes, liants, blocs, radiers, fondements...). Mais il est un facteur générique, si l'on

¹H. METZGER, *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e à la fin du XVIII^e siècle*, Paris, rééd. 1969.

²RAUCOURT, *Traité sur l'art de faire de bons mortiers et d'en bien diriger l'emploi*, o.c. p. 4.

³*Idem* p 8.

⁴«Si l'on avait à couvrir par une terrasse des bâtiments, soit dans nos climats, soit même plus au nord, on pourrait procéder ainsi. Sur la dernière assise des murs arasés de niveau l'on placerait un chassis en charpente ou sablière (...) Des fils de fer menés perpendiculairement aux pièces, seraient attachées (sic) avec des clous à ce cadre (...) C'est sur ce réseau de fil de fer (...) qu'on appliquerait une couche de béton hydraulique de plusieurs pouces d'épaisseur: il serait doucement battu avec des battes en bois (...) On couvrirait pour quelques temps cette terrasse, en lui laissant des pentes propres à rejeter les eaux (...) Les cheminées pourraient s'élever sur les faces latérales, de manière à donner la jouissance entière de la terrasse, elle serait ornée d'arbrisseaux, de fleurs, et recouverte par une tente» Raucourt, *id.* p. 300-301.

veut, qui prime entre tous, la variété des mortiers se déclinant pour finir d'après «l'espèce des résistances» que l'on souhaite obtenir : «pour composer des mortiers qui résistent au frottement, qui soient difficiles à scier, qui aient beaucoup de dureté...», on composera avec un sable dur; pour résister aux efforts de traction, on utilisera des sables «à surface rugueuse», etc...¹. On retrouvera d'ailleurs des considérations analogues chez Treussart et chez Girard de Caudenberg. Mais comment qualifier et quantifier la résistance du mortier relativement à ces destinations diverses? Raucourt, qui traite du problème en deux endroits, avance en terrain encore peu fréquenté. Du point de vue théorique, l'ouvrage de référence est celui de Girard, *Traité analytique de la résistance des solides et des solides d'égale résistance* (1798). Et mise à part la machine de Treussart, rien sur le plan expérimental ne semble avoir été énoncé depuis les essais de Rondelet et de Gauthey, qui n'avaient d'ailleurs guère édicté de règles précises². Fidèle à sa grille, Raucourt distingue la résistance des parties enveloppées, la résistance des parties enveloppantes, et «la force d'adhésion des parties constituantes». Il s'attarde alors sur le critère de l'adhérence; dont il discerne deux espèces : «l'une provenant de la pénétration des parties enveloppantes dans les interstices des parties enveloppées, l'autre résultant des affinités qui peuvent exister entre elles»³. Cette attention portée à l'adhérence est relativement nouvelle. Ce n'est plus la reconnaissance d'une qualité éventuelle de la matière, mais une exigence désormais prescriptible. En l'occurrence chez notre ingénieur, selon les voies physiques ou chimiques. Il en naîtra alors toute une hiérarchie de manipulations : trituration, broyage, gâchage, massivation, etc..., mécaniques ou manuelles, ainsi que toute une gamme de machines (cf. *supra*), destinées à favoriser la micro-intimité des composants.

L'adhérence est un attribut spécifique du nouveau matériau, le gradient encore inédit de sa performance. Peu avant encore, l'idée eût été insensée : il fallait en effet que le regard porté sur l'intimité de la matière fût motivé par un souci opérationnel pour isoler un niveau de pertinence de cet ordre. Ou encore, cette dimension de l'adhérence, pour apparaître désormais pertinente dans le discours technique, devait être objet d'une certaine maîtrise opératoire. On a l'impression qu'il s'est opéré là une transposition de l'idée formelle de solidité à une échelle jusque là impensable : celle de la substance. La plasticité naturelle du matériau interdisait la possibilité d'une configuration de la solidité. Déplaçant l'échelle de son appréciation, gros-

¹ *Idem*, p. 28.

² S. TIMOSHENKO, *History of strength of materials*, New York, 1953.

³ RAUCOURT, *o.c.* p. 25.

sissant en quelque sorte son objet, tout en préservant la possibilité de sa manipulation (cf. ateliers, machines), Raucourt déplace l'obstacle en associant à la chimie de l'«impalpable», comme il la nomme si bien, une physique granulaire, où la taille, la forme, l'ordre, l'interstice des particules, constituent une sorte d'appareillage microscopique, échelle qui s'ajuste désormais aux facultés mécaniques «impalpables» du fluide enveloppant que l'on a pu mesurer par ailleurs (c'est là l'information des innombrables tableaux de Vicat, par exemple). La qualité de l'adhérence se révèle chez Raucourt comme une cause explicative de la résistance, alors qu'il cherche à en traiter l'action sur le mode «positif», selon les facultés agissantes des composants élémentaires du matériau. *A contrario*, si l'on peut dire, de la charge sémantique naturelle du terme, dont il développe par ailleurs l'application de façon plus traditionnelle.

La résistance, chez les théoriciens de la construction, s'est toujours évaluée en fonction des limites à la rupture du matériau éprouvé. Rondelet ordonne ainsi pratiquement toutes ses considérations «théoriques» (9ème Livre, «Théorie des constructions») à partir des seuils de rupture. C'est lorsque le matériau, l'assemblage ou la configuration s'effondre que sa résistance est évaluée. On connaît d'ailleurs plusieurs expériences en grand dans les années 20-30, relatives à la charge maximum que peuvent supporter les ouvrages en ciment. Brunel, le constructeur du tunnel sous la Tamise, réalise en 1828 le prototype d'une arche en brique d'une quinzaine de mètres de portée qu'il charge jusqu'à la rupture pour mesurer l'adhérence des mortiers¹. On a cité l'expérience de Lebrun à Montauban. En 1834, la compagnie des ciments de Vassy réalise une voûte expérimentale (9m de corde, 1,87 de flèche, 12 cm d'épaisseur) chargée jusqu'à 3 tonnes /m² «sans qu'aucun indice d'affaissement ne se manifeste»². Mais dans le phénomène de la prise du mortier, c'est quelque chose d'inverse qui se produit. Quelque chose de non agrégé, de sableux, de pâteux, engendre de la solidité. Là encore, l'imaginaire est piégé par la logique des apparences.

«Lorsqu'on veut avoir la résistance d'un corps, dit Raucourt, on peut : 1/ lui faire supporter un effort de traction; 2/ chercher à le rompre; 3/ le charger d'un poids pour l'écraser; 4/ reconnaître combien une tige soumise à une percussion constante peut le pénétrer; 5/ savoir combien il faut employer de force et de temps pour qu'un forêt puisse le percer»³. Cette gradation lui

¹L'expérience est rapportée par GALLOTTI, *L'entrepreneur à travers les ages*, Paris, 1921, p. 155.

²Idem, p. 154.

³RAUCOURT, *o.c.* p. 89.

permet de distinguer entre la «ténacité» du matériau et sa «dureté» (cette dernière ne se mesurant selon l'auteur qu'avec l'expérience du forêt). Cette distinction un peu flottante rejoint celle, quasi contemporaine, que donne un autre ingénieur, J. A. Borgnis, entre la «force» et la «dureté» des pierres : «la force et la dureté d'une pierre sont deux qualités différentes qu'on ne doit pas confondre. Par le mot force d'une pierre, nous distinguons sa résistance aux pressions; et par le mot dureté, celle qu'elle peut opposer aux frottements qui tendent à user et à séparer quelques parties de la masse dans un sens quelconque»¹. Même si les termes ne se superposent pas vraiment, ils sont le signe d'un intérêt tout particulier porté à l'expression des forces dans la masse a priori totalement inerte et passive de la substance compacte de la pierre ou du mortier. La compacité n'est plus tout à fait cette qualité articulée de la densité absolue. On perçoit dans son hétérogénéité des critères susceptibles de décliner, de hiérarchiser l'inertie qualitative apparente. Donc d'en contrôler les effets sans leur considération constructive, d'en optimiser les rendements. Dans un même ordre d'idée, on connaît les travaux de minéralogistes qui composent des nomenclatures de plus en plus sophistiquées pour décrire et analyser la compacité minérale. Elle aurait elle aussi ses classes, ses genres, ses espèces et ses variétés, comme tente de le montrer un étonnant tableau d'A. Brongnart en 1813, ingénieur des Mines². L'idée de la compacité éclate en un modèle arborescent d'allure généalogique. Neuf critères (inégaux) composent sa terminologie : la composition, la structure, la cohésion, la cassure, la dureté, la couleur, l'action chimique, l'altération naturelle et le «passage minéralogique» (la formation du gisement d'origine). Chacun d'eux se décompose en parties, sous parties, etc..., décrivant le diagramme exhaustif des agrégations solides, susceptible d'accueillir toutes les variétés minéralogiques. Considérez par exemple la «structure». Elle peut être «grenue», «entrelacée», «feuilletée», «empâtée», ou encore «cellulaire». La «grenue» peut être à son tour «uniforme», «irrégulière», «sphéroïdale», «cristallisée», ou «agrégée». Cette dernière peut l'être «sans aucun ciment», ou «par un ciment mince»...

Cette façon de traquer la raison du solide minéral dans sa forme, son dessin, son grain, sa brillance ou sa couleur, témoigne d'une attitude comparable à celle de l'ingénieur qui explore la matière invisible de son mortier pour en saisir le secret des configurations solides enfouies. La qualité de «substance» prend les traits d'une machine figée, potentiel de mouvements,

¹J.-A. BORGNIS, *Traité élémentaire de construction appliquée à l'architecture civile*, Paris, 1823, p. 3.

²A. BRONGNART, «Essai d'une classification minéralogique des roches mélangées», *Journal des Mines*, Paris, 1813.

de déformations, de ruptures stratifiés, dont l'état initial du mortier — au moment de sa manipulation — donnerait les traits encore en action, en agitation. Dans son épaisseur, la compacité du béton ou du mortier garderait en mémoire les mouvements qui l'auraient engendré. C'est d'ailleurs le modèle du frottement, tel que Girard l'a développé à la suite des travaux de Coulomb, que reprend un autre ingénieur, Girard de Caudemberg, quand il cherche à formaliser géométriquement l'effet de résistance à la rupture des bétons qu'il compose¹. Coulomb, dans son *Mémoire intitulé Théorie des machines simples* (1779 et réédité en 1821), expliquait que «le frottement ne peut venir que de l'engrenage des aspérités des surfaces, et la cohérence n'y doit influencer que très peu»². Girard de Caudemberg ne cite pas Coulomb, mais il associe explicitement cette idée avec la loi des plans de rupture, de Coulomb également (selon laquelle plus la section sur laquelle s'exerce l'effort est oblique par rapport à sa direction, plus l'effort nécessaire au mouvement est important) pour justifier d'une échelle de résistance des mortiers selon la taille et la forme des granulats qui le composent. L'auteur préférera ainsi des débris anguleux aux particules arrondies. De façon à offrir une configuration parfaitement rigide, en continuité idéale avec l'appareil que le mortier rend solidaire : «on voit (...) qu'on doit augmenter beaucoup la résistance d'un mortier, en y mélangeant des recoupes et des graviers, et ensuite en construisant avec le mélange une maçonnerie où des moellons sont soigneusement placés de manière à s'entrecroiser, et à couvrir les vides par les pleins»³.

Avec Girard de Caudemberg, avec Raucourt, la granulométrie malgré tout conserve quelque chose de sentimental; la mesure de l'adhérence, de l'impalpable et du grenu, ou la résistance assimilée à un super frottement, qualifient une matière solidifiée, inerte, figée, alors que la granulométrie moderne s'attachera plutôt à optimiser la mobilité des matières pendant la mise en œuvre des mortiers, dans les mouvements du dammage ou de la vibration. Mais il serait important de considérer à travers cette volonté de contrôle granulométrique, les effets de contrôle subséquents, relatifs notamment à la mise en œuvre. On a déjà vu avec les ateliers les manières de découpage et d'ordonnement des fonctions : approvisionnements, dispositions des postes de travail, circulation des matières. On a vu encore le déploiement imaginatif des ingénieurs pour établir des machines

¹GIRARD DE CAUDEMBERG, *Notice sur de nouveaux mortiers hydrauliques qu'on obtient avec les arènes ou sables fossiles argileux*, Paris, 1827.

²C.-A. COULOMB, *Théorie des machines simples et autres mémoires* (1779), Paris, 1821, p. 100.

³GIRARD DE CAUDEMBERG, *o.c.* p. 43-44.

spécialisées selon les opérations à réaliser : compactage, broyage, macération, blutage... Avec les microprescriptions, la fabrication voudrait prendre son visage définitivement industriel : non seulement leurs gestes n'appartiennent plus aux ouvriers, mais encore la raison matérielle de leur travail deviendrait quasiment invisible. S'agit-il encore d'une utopie d'ingénieur? Si Raucourt peut dire : «plus on s'éclaire sur la nature intime des éléments, et plus on peut laisser d'indépendance au fournisseur»¹, c'est que la qualité du matériau ne se garantit plus à partir du label de sa provenance, mais à partir de l'inventaire de ses particules dont la description analytique — poids, densité, finesse, homogénéité... — déciderait des dosages et de la composition du mortier, voire de l'appareil tout entier...

Les trente années qui succèdent à la découverte de Vicat sont des années d'inventaire. On dresse la carte précise des carrières à chaux hydraulique, on multiplie les tableaux comparatifs, on expérimente toutes sortes de mixtions, on enregistre dosages, compositions, on dénombre et on calcule les tâches nécessaires à la fabrication des mortiers, on projette des machines, on calcule même à l'échelle nationale l'économie qu'aurait amenée l'invention de Vicat². Ce sont des années encore où, dans le déploiement indistinct de la culture technique, l'idée du béton comme matériau de construction se substitue lentement à celle du mortier comme gâchis, comme liant. Dans cette métamorphose, dont témoigne l'enchaînement progressif des expériences, des notices techniques, des rapports d'ingénieurs, des appréciations savantes, une idée aussi, avons-nous vu, subit de perceptibles modifications : l'idée de compacité. Si elle ne s'enrichit pas encore d'expression formelle, si elle ne donne pas matière au *signe*, de façon tangible — pour paraphraser la linguistique, on dirait que la compacité n'est encore qu'à l'état de signifiant, elle n'a pas de signifié —, elle subvertit au moins explicitement son environnement sémantique, diversifiant, nuancant les images liées à sa considération. Quand on commence, progressivement, à en contrôler l'artifice, quand on lui fait subir certaines altérations expérimentales que l'on tente de modéliser, elle acquiert alors bientôt le statut probable d'une catégorie constructive. Certes, le «béton» n'est pas encore un matériau montrable : on l'enterre, on l'immerge. Il faudra attendre les années 50 et après, attendre Coignet et ses cascades de brevets pour que

¹ RAUCOURT, *o.c.* p. 255.

² «Si maintenant l'on récapitulait les économies faites sur la construction par suite des découvertes du grand ingénieur, on arriverait à un chiffre total de 187 millions 72 mille francs. Et c'est ce résultat que les représentants du pays récompensèrent en allouant à celui auquel on en était redevable une modeste pension viagère de six mille francs, accordée, à la vérité et sur la proposition de la commission, à titre de *récompense nationale*», Biographie universelle, «Vicat», *o.c.*

l'«aggloméré» s'érige en ouvrage visible, en architecture. Mais dans la mutation conceptuelle que subit ce représentant substantiel de l'idée de compacité — de «matière», il devient «matériau» —, il faut percevoir les signes correcteurs d'une refonte de l'imaginaire technique. Cette dimension appartient certainement au temps long : l'appréciation mentale dans ce domaine s'enracine sans médiation dans la culture intellectuelle et matérielle de l'homme. Quelque chose bougeait depuis bien un demi-siècle dans la considération de la solidité (les refontes institutionnelles de l'enseignement en témoignent avec ampleur). Mais là, dans un chapitre relativement discret, bien peu spectaculaire en tout cas, la pesante et inerte agrégation du mortier révèle à son tour, par un détour plus imaginé qu'expérimenté, des configurations internes spécifiques. Imaginaires ou réalistes, peu importe au fond. Leur pertinence provient surtout du relais qu'elles instaurent entre les programmes d'utilisation du matériau et sa considération «publique». C'est dans une telle spirale qu'une culture constructive arrive à se proférer, et bientôt à s'énoncer, à articuler la vie économique, et plus tard la pensée plastique. Le principe de la compacité s'ouvre aux configurations conceptuelles et expérimentales de la résistance; la masse renferme une dynamique potentielle, une articulation interne. Bientôt l'idée de substance ne sera plus vraiment antagonique de celle de structure, voire même de celle d'élasticité. Ce sera l'heure alors d'inventer le béton armé.

PHILIPPE POTIE

TRAIT ET ENTRELACS

Philippe Potié

- Résumé de la recherche
- Introduction
- Les entrelacs décoratifs du chateau d'Anet
- La voûte du porche d'entrée
- La coupole d'Anet
- La coupole sur plan carré
- Trompe l'œil
- La Chartreuse de Valbonne

De l'Art du Trait à la Stéréotomie

(résumé de la recherche)

Ces deux dernières années, notre attention s'est focalisée sur un problème très particulier du traité de Philibert de l'Orme : celui des épures. En effet, ces figures dont on n'omet pas d'évoquer la façon obscure ou énigmatique, n'ont jamais été analysées rigoureusement. Elles ont pourtant de quoi susciter quelques problèmes dignes du plus grand intérêt lorsqu'on s'attache à restituer les étapes significatives de la métamorphose d'un savoir-faire en savoir, métamorphose dont l'oeuvre de Philibert de l'Orme constitue un véritable emblème.

Rappelons que le projet de De l'Orme consiste à produire une méthode générique de tracé des épures (destinées à la taille des douelles et des joints) susceptibles d'être applicable à partir d'un plan quelconque. Or, cette ambition - qui d'une certaine façon signe le passage de l'art du trait médiéval à la stéréotomie moderne - accompagne précisément l'importation des manières de la Renaissance Italienne. On assiste donc là à une mutation simultanée des motivations de l'art et des outils conceptuels de sa matérialisation. Autant dire même que c'est d'une mutation de l'imaginaire architectural qu'il s'agit, car c'est à de nouvelles manières de penser, d'imaginer et de conduire un projet d'architecture que nous invite le traité de l'architecte, qui fonctionne comme un véritable traité de modernité. Mais à travers l'analyse des épures du traité d'architecture, nous tentons d'élucider une question encore plus singulière : comment fonctionne l'imaginaire constructif d'un constructeur-architecte de la Renaissance ? Les planches offrent en effet un intérêt particulier dans la mesure où elles restituent, une à une, les étapes de la conception et de la construction des épures que propose Philibert de l'Orme dans son projet de nouvelle méthode.

Une première analyse nous avait permis de suivre pas à pas celle de la construction de la trompe d'Anet que l'auteur utilise comme exemple pour sa démonstration. Bien entendu, le flou de l'appareil conceptuel utilisé oblige à recourir aux lectures postérieures et différemment motivées qu'en ont faites les grands continuateurs de la tradition stéréotomique : Durand, De La Rue, Frézier, qui tous ont repris, modifié ou critiqué la "méthode" de l'Orme. Le recours à la maquette s'est avéré également significatif pour nos restitutions.

La trompe d'Anet nous avait permis de poser les bases d'une analyse de l'imaginaire constructif propre à la voûte d'appareil. Le tracé des coupes auquel nous consacrons le présent travail nous permet avec plus de subtilité et de clarté, d'affirmer l'existence au sein de cet "imaginaire du trait

stéréotomique", de figures de pensée articulant l'énoncé du projet, à la manière dont la rhétorique guide la construction d'un discours. Ainsi, au procédé par "hybridation" qui associait le type médiéval de la "trompe de Montpellier" à celui italianisant du plan centré, pour créer le dessin de la trompe d'Anet, pouvons-nous aujourd'hui adjoindre un procédé par "entrelacs", propre au tracé simultané du décor et de l'appareillage d'une coupole.

En poursuivant l'identification de ces figures nous cherchons à décrire les contours de cet imaginaire constructif, dont les mécanismes restent largement méconnus et par la même sous-estimés. C'est en multipliant ces "identifications" que nous pourrions donner corps à cet univers de la pensée constructive dont se profilent les premiers traits. Deux autres figures de cet art sont en cours d'étude qui tenteront de parachever ce portrait.

Au regard de ces figures que peu à peu nous redécouvrons, deux thèses s'affirment qui conclueront notre travail: la première quant à la définition du statut du savoir-faire dans la constitution de la théorie architecturale; la seconde quant au mode de transformation de ce savoir-faire des corps de métier en savoir architectural.

Contre Alberti qui pouvait poser l'axiome d'une séparation de la théorie et de la pratique, nous affirmerons tout d'abord l'existence d'une seconde école de pensée, pour qui pratique et théorie son intimement et dialectiquement associées dans la définition d'opérations propres à articuler le projet architectural. Dans ce conflit, De L'Orme (contre Alberti), jouerait alors le rôle d'épigone de cette manière de pensée l'acte d'édifier.

Une seconde thèse nous verrait affirmer que la transformation du savoir-faire des corps de métier en savoir architectural (spécifique au projet), s'accomplit suivant des modèles de "transfiguration", modifiant formellement les géométries constructives (épures), tout en respectant à la fois les principes constructifs essentiels. Dans le cas qui nous retient, nous assistons à la reprise par De L'Orme de chacun des traits définis par l'art médiéval et à leur réélaboration formelle dans le cadre du répertoire figuratif de la Renaissance. Sans pour autant (tout au contraire) que la valeur constructive du trait d'épure soit perdue. La géométrie du projet ainsi conçue se base non sur une géométrie abstraite aux accents néoplatoniciens, mais au contraire sur celle des métiers (le trait) qui se trouve paradoxalement mise en valeur par des chef-d'œuvres de l'art (trompe et chapelle d'Anet, escalier des Tuileries), au moment même où l'architecture tente de s'en attribuer la pérennité exclusive.



Lanterne de la chapelle d'Anet: jeu d'appareil et couronne d'entrelacs
(Ill. R. Pfnor, "Monographie du château d'Anet", Paris, 1867)

"TRAITS" ET ENTRELACS.

Gottfried Semper, dont on doit à la sagacité d'un Joseph Rykwert¹ la pertinente relecture, émit l'idée inattendue mais au combien stimulante que les racines de l'oeuvre d'art trouvent leur fondement anthropologique dans le geste de tissage. "Der Stil"² s'ouvre ainsi sur la description de la guirlande tressée, proposée comme archétype de l'activité créatrice de l'homme. Certes, après les modernes travaux de Leroi-Gourhan, l'éloge de la main productrice et intelligente fait partie des lieux communs. Cependant, un siècle plus tôt et de surcroît appliqué au champ de l'Histoire de l'Art, un effort aussi novateur surprend et surprie en tout cas si bien son époque que nul disciple ne sut reprendre la thèse. Parmi les heureuses intuitions de Semper sur le rapprochement entre l'art du tissage et l'architecture, une d'entre elles nous retient tout particulièrement, qui pose le parallélisme entre les jeux de l'entrelacs et ceux de l'appareillage stéréotomique. Souscrivant à cette vision, nous essaierons de montrer de quelle manière l'art de l'entrelacs, du noeud, du tissage, de cette capacité de l'esprit humain à tramer, croiser, lier, rend le mieux compte de l'art d'appareiller la pierre qui caractérise l'architecture française du XVIème au XVIIIème siècle et dont Philibert de L'Orme fut l'initiateur. Peut-être réussirons-nous aussi à relativiser la lecture mongienne à laquelle la stéréotomie est abusivement réduite...

En même temps qu'il livrait au public le secret des tracés d'épures si jalousement conservés par les maîtres maçons, de L'Orme avait l'intention, dans les célèbres livres III et IV de "l'Architecture", de promouvoir un nouvel imaginaire constructif. La fécondité formelle de cet univers devait rivaliser à ses yeux avec la richesse décorative des ordres antiques. C'est avec la description de la trompe d'Anet, dont il se proclame avec véhémence "l'inventeur", qu'il tente de fonder en théorie le nouveau statut de la "création constructive". Certes, cet effort de formalisation ne saurait aboutir en cette seconde moitié du XVIème siècle à l'énoncé d'un corps de

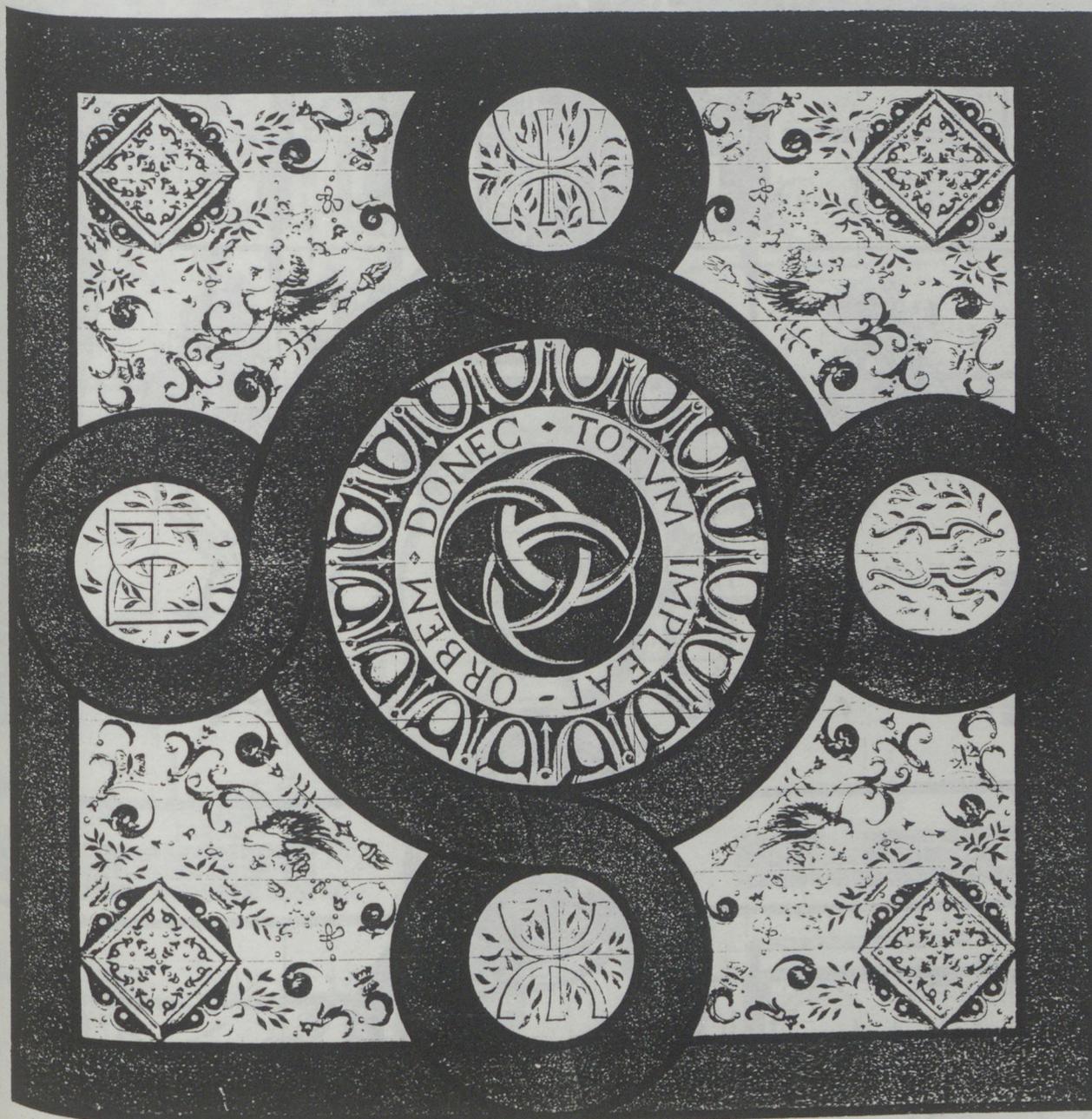
¹ Joseph Rykwert, Gottfried Semper et la question du style, *Maacala* 5/6, Paris 1979

² G. Semper, *Der stil in den technischen und tektonischen Künsten oder Praktische Aesthetik*. München, 1863.

concept savamment élaboré. Cependant, sous la plume du premier architecte français, la manière dont est pensée "l'invention" étonne par sa méthode. De L'Orme, à défaut de théorie, anime son récit par l'idée maîtresse que la géométrie de l'épure constitue la matrice à partir de laquelle peuvent se dessiner, "s'inventer" de nouvelles formes architecturales. Plus encore, le jeune architecte doit, selon lui, s'exercer à "excogiter" à partir de la grammaire géométrique du trait un récit architectural qui sache s'émanciper de son modèle et sortir de la typologie médiévale. Ainsi la trompe d'Anet figure-t-elle une variation sur le thème canonique de la trompe de Montpellier, poncif du "trait" médiéval. Inlassablement, Philibert de L'Orme va répéter que l'architecte, à la différence du maître-maçon, ne doit pas se contenter de reproduire les modèles légués par la tradition mais au contraire produire une différence, une "invention" qui fonde en retour le statut de sa profession. Cette production de la différence est générée dans le cas de la trompe d'Anet par l'introduction d'un plan centré à l'italienne dans le tracé de l'épure de la "trompe de Montpellier". Cette interférence des deux modèles définit la genèse de "l'invention" -de la création- telle que la conçoit De L'Orme. Les deux livres consacrés à la stéréotomie, ou plus exactement à l'art du trait, décrivent ainsi les diverses manières de combiner plusieurs modèles afin d'inventer des formes nouvelles. Une lecture abusivement technicienne n'a voulu retenir de ces pages que la seule leçon de géométrie projective. Leçon qui, jugée à l'aune de la description Mongienne, est vite et péjorativement qualifiée de "recette". Une telle erreur d'interprétation est d'autant plus regrettable que De L'Orme avait lui-même pris soin de distinguer les deux parties de la leçon: la première, purement géométrique il est vrai, mais dont il laissait au "mathématiciens" le soin de reformuler de façon plus synthétique et "Euclidienne" les postulats (afin de ne pas "leur couper l'herbe sous le pied")¹; la seconde, plus architecturale, vers laquelle vont tendre tous ses efforts pédagogiques pour enseigner aux jeunes apprentis l'art d'inventer à partir de la géométrie du "trait" des combinatoires nouvelles qui feront de lui un créateur et de sa manière un style.

1 Ph. De L'Orme, *l'architecture*.. fol. 62. : "J'emploieray (mon temps) aussi à revoir Euclide et à accomoder sa théorique avec la pratique de notre Architecture, luy accompagnant Vitruve, et le réduisant à une certaine méthode, laquelle j'aperçois en ses livres estre fort indigeste et confuse. Quelques uns pourront dire que sans cause et pour néant je m'emploieray à revoir Euclide pour accomoder plusieurs propositions et démonstrations de sa théorique avec notre Architecture, veu qu'il y a tant d'hommes doctes qui font profession de le lire et interpréter divinement le dit Euclide. Je ne feray autre réponse, sinon que je révère et honore tous les professeurs et interprètes d'Euclide, soient de nostre temps ou du passé, et les prie de vouloir persévérer à l'illustration d'iceluy; et d'abondant me vouloir couper l'herbe sous le pied, ainsi qu'on dict communément, c'est à dire, vouloir anticiper sur ce que je prétends, qui est de conjoindre la pratique d'Architecture, avec la théorique du dict Euclide. Ce faisant ils me relèveront d'une grande peine, et m'obligeront, comme aussi toute la postérité à leur porter honneur, et rendre telles grâces qu'ils mériteront."

Cet art de l'invention, nous voudrions faire sentir, comme nous y invite Semper, de quelle manière la figure de l'entrelacs peut mieux que toute autre en rendre compte. A propos des escaliers d'Anet et de Fontainebleau, De L'Orme a ces mots: "... il est encore plus difficile, car il y a trois sortes de traicts ensembles,..., tous *encathénez et liés ensembles*, non sans grand artifice et merveilleuse difficulté." Enchaîner, lier, entrelacer, nous allons voir que tel est le modèle qui "trace" l'invention De L'Ormiennne.



LE CHATEAU

D'ANET ET DE FONTAINEBLEAU

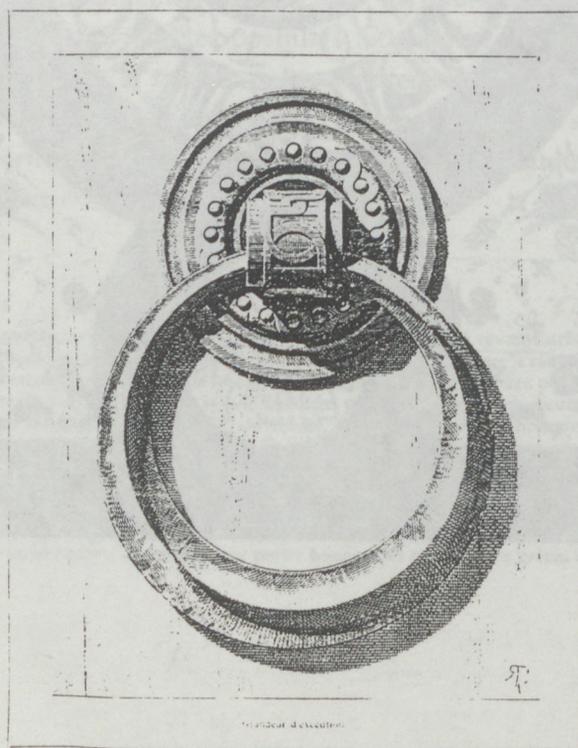
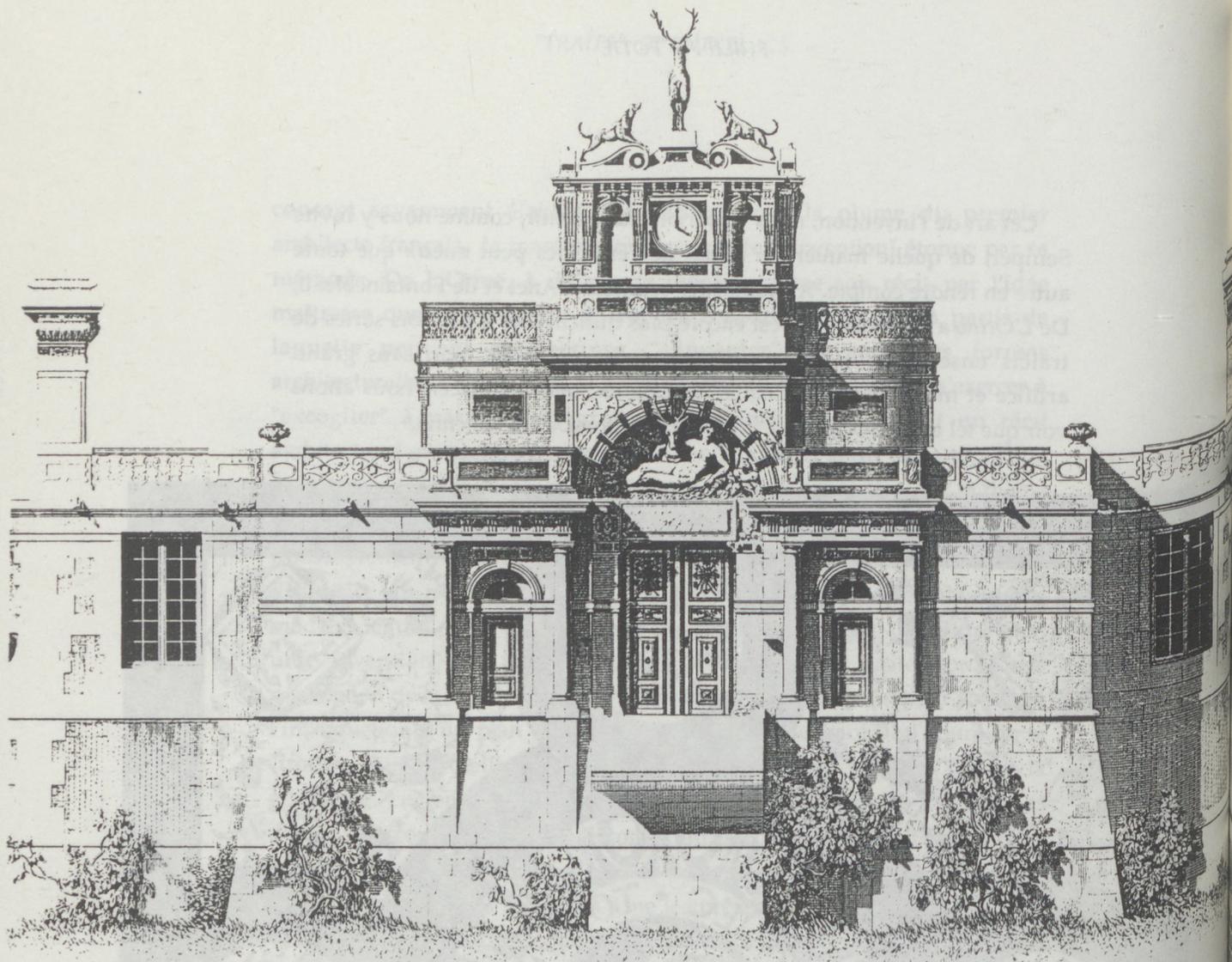
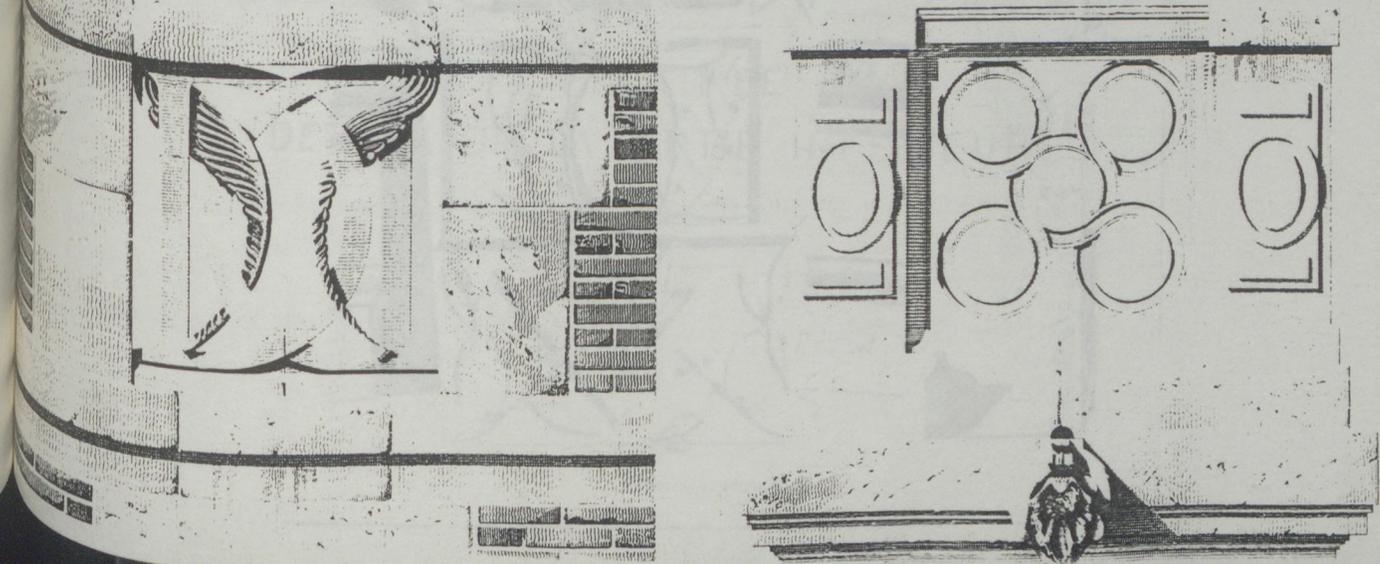
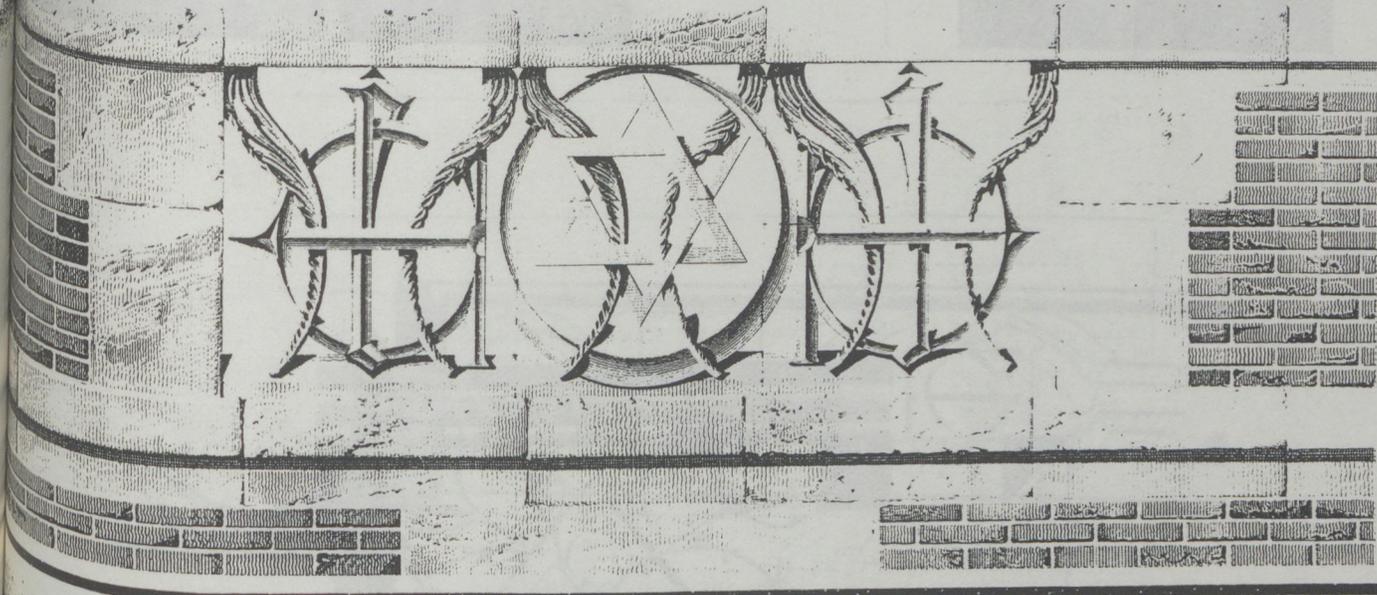
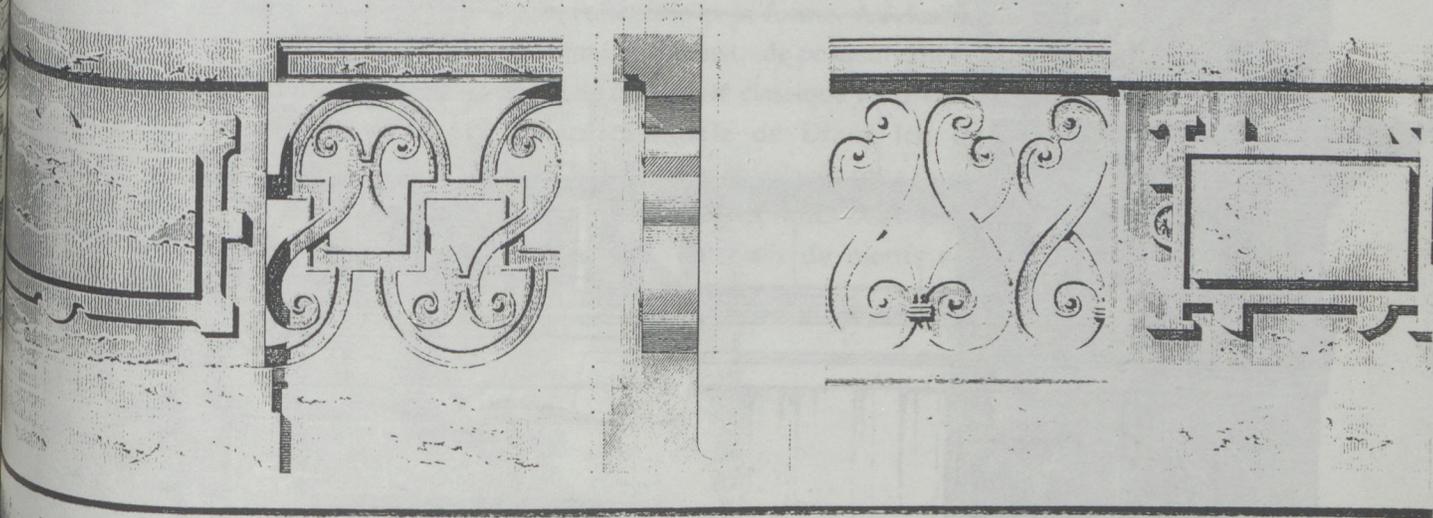
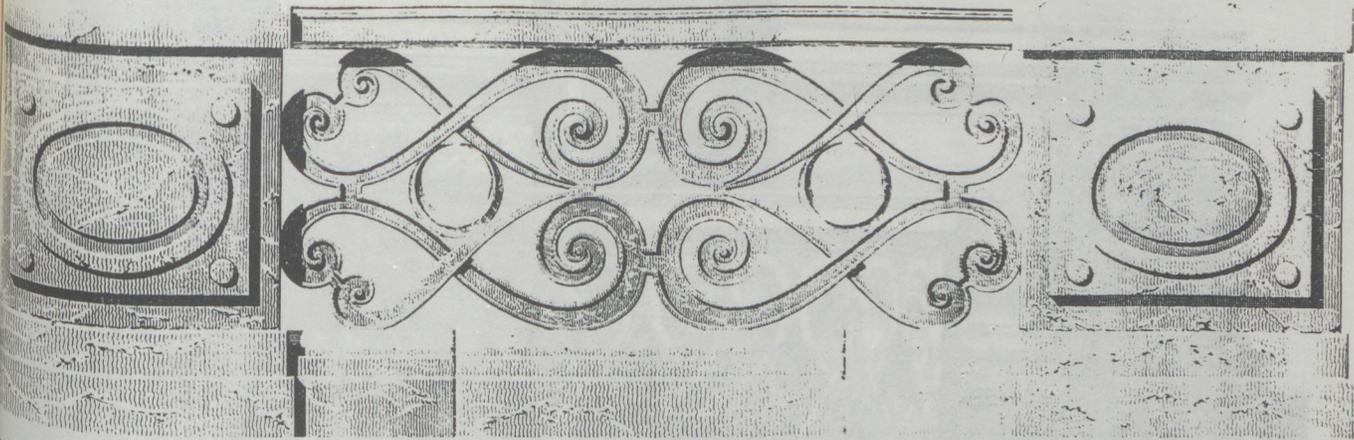


Fig. 13. — Heurtour du guichet de la grande porte



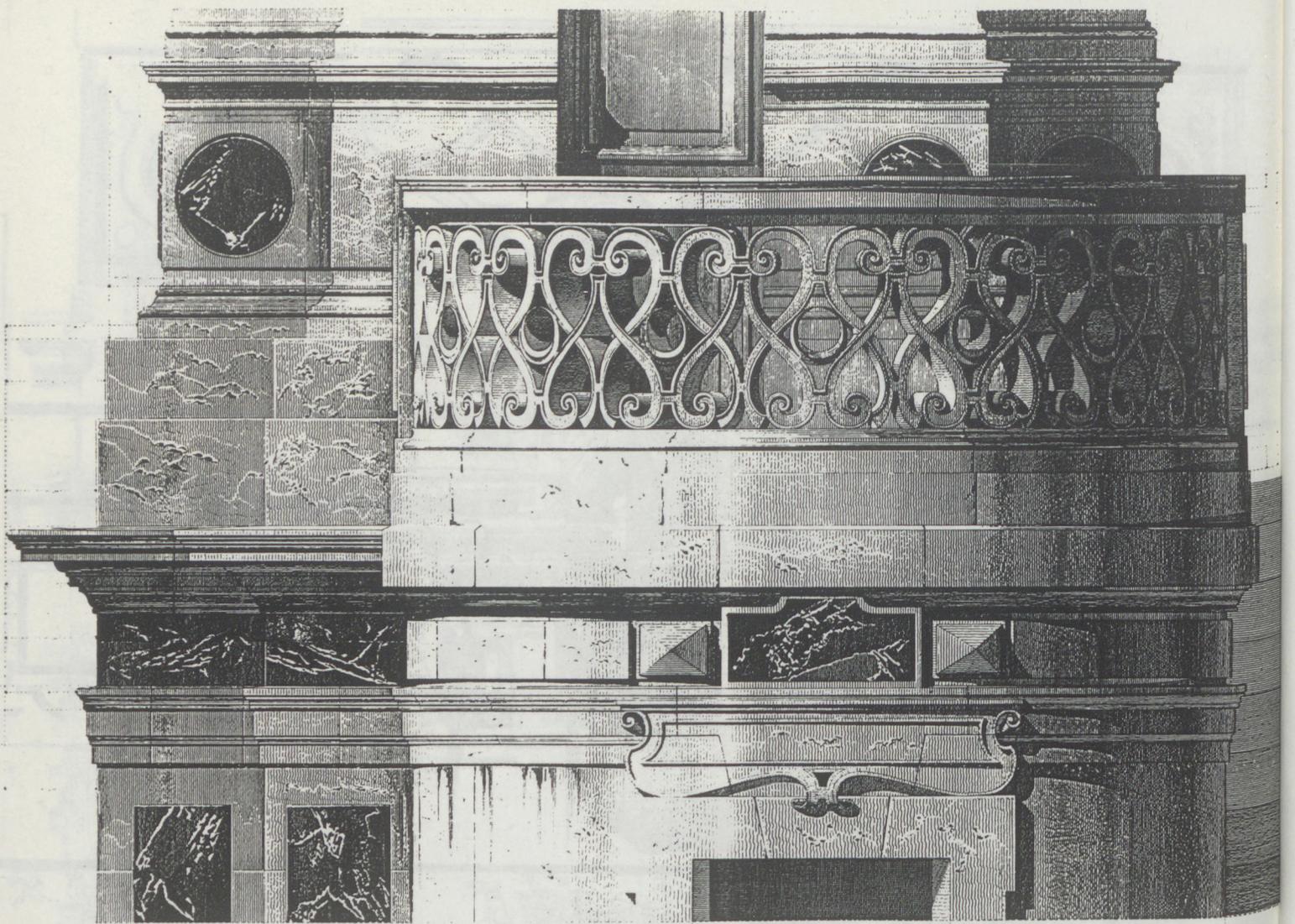


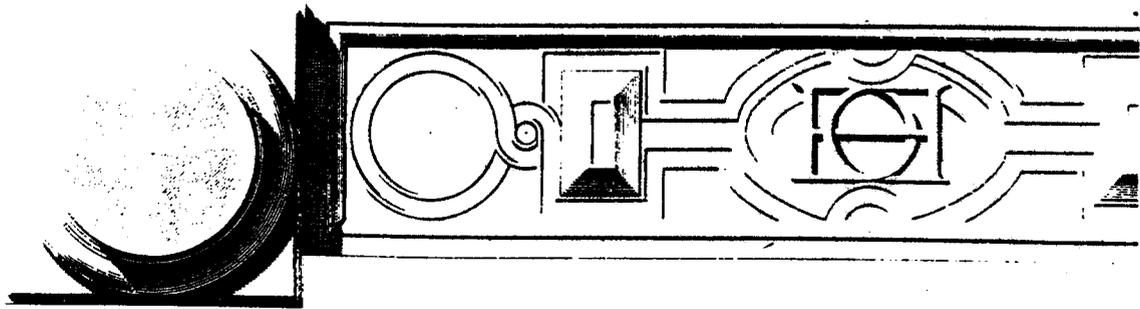
Fig. 1.



Au cinquième de l'exécution

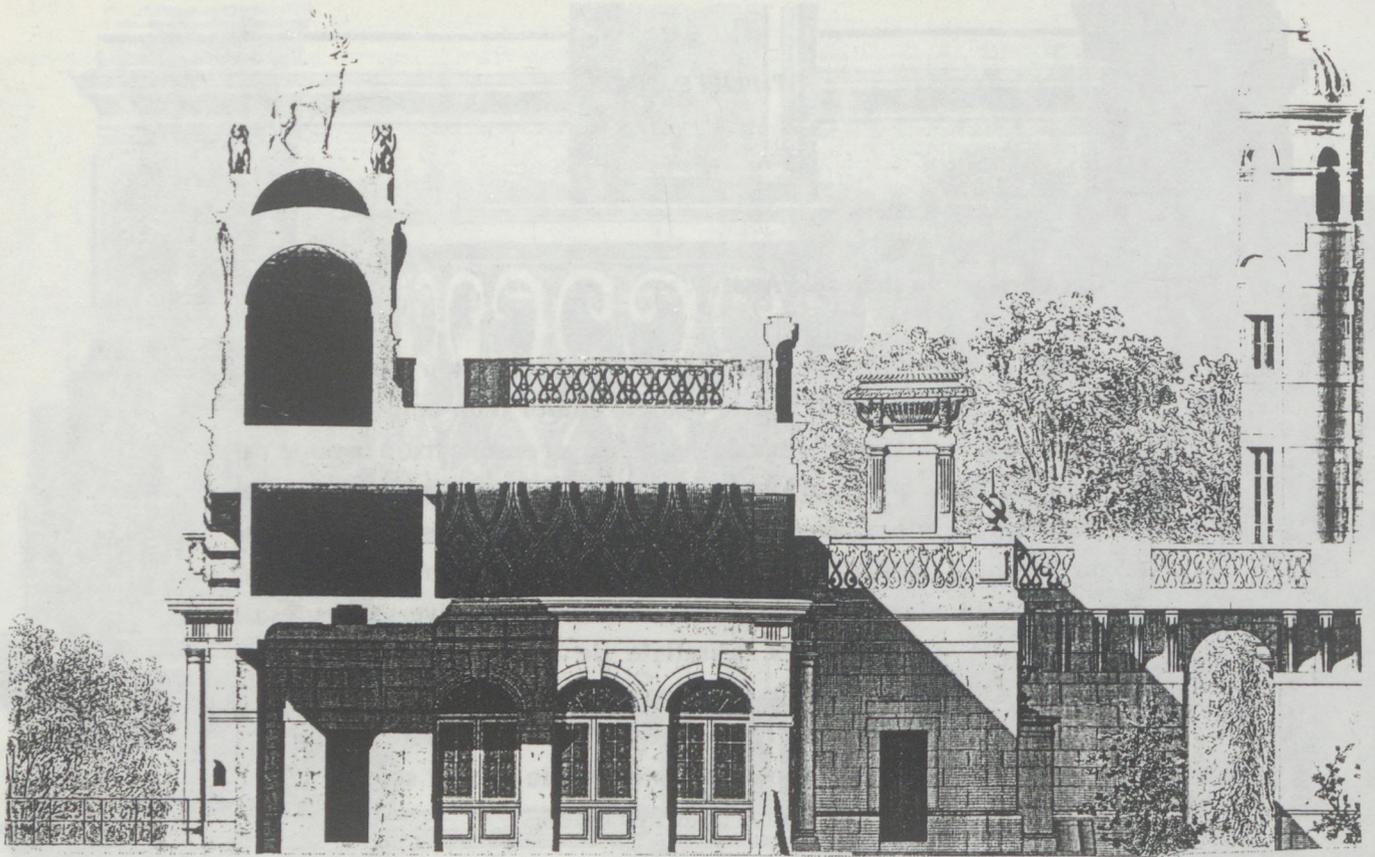
Les entrelacs du château d'Anet

Celui qui frappe à la porte d'Anet fait jouer un heurtoir aux formes du croissant allégorique de Diane de Poitiers autour d'un anneau fait d'un entrelacs de D majuscules. L'anneau lui-même est ensuite fixé à la porte par une tresse à deux brins qui l'encercle. L'esprit d'Anet résonne déjà de ce plaisir d'entrelacer le signe, l'allégorie et la forme. Au-dessus de la porte et couronnant le pavillon d'entrée, la balustrade poursuivant sur ce registre, décline contre toute solution de continuité classique les diverses figurés de la rhétorique de l'entrelacs. L'initiale de Diane ici, les symboles allégoriques de la duchesse, les triangles entrelacés sous formes d'étoile et cernés du croissant plus loin... Puis les degrés variés des dessins d'entrelacs: entrelacs simple à quatre boucles, entrelacs de motifs semblables ou dissemblables, entrelacs de motifs et de symboles....



AV. DIXIEME DE L'EXECUTION

L'ENTREE
DETAILS DE LA PARTIE INFÉRIEURE



Coupe sur la voûte du porche d'entrée (Ill. Pfnor)

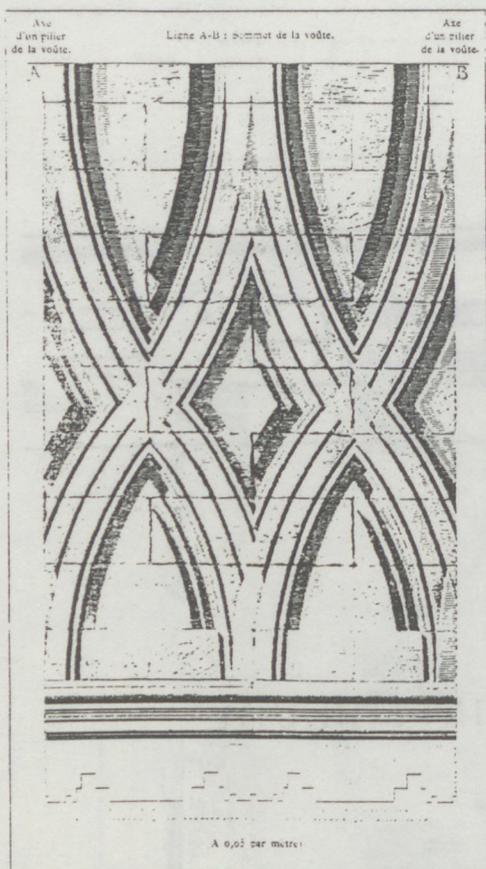
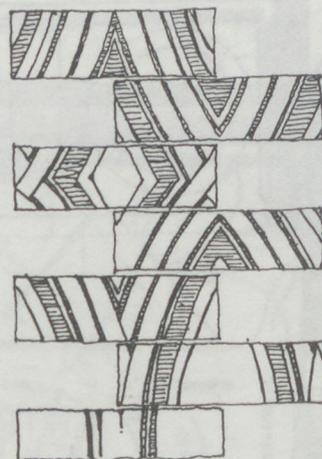


Fig. 14. — Partie de la voûte développée de l'entrée.



Système de distribution des panneaux

La voûte du porche d'entrée

L'architecture d'Anet est ainsi parcourue de lacs et de noeuds aux géométries sagement inscrites dans le rythme rigoureux des ordres antiques qui leur servent de cadre. Ce plaisir de l'esprit et de la main qui trace ces liens, nous le retrouvons tout d'abord en entrant sous le porche. Le visiteur rejoignant la cour d'honneur passe sous une voûte en berceau que soutient une solide arcade d'ordre dorique. C'est la première occasion saisie par De L'Orme pour donner libre cours à son goût pour l'entrelacs. Des nervurations s'entrecroisent pour couvrir la voûte d'une résille dont la trame diagonale semble alléger la poussée du lourd appareil en berceau. Ce motif d'entrelacs imaginé par De L'Orme, on voudra le rattacher au modèle de la nervuration gothique. On retrouvera également l'esprit de la renaissance allemande et l'on pensera par exemple à la crèche autrefois attribuée à Dürer ou encore aux gravures de Dieterlin... Mais aussi nombreuses et riches que puissent être les sources d'inspiration auxquelles puisent De L'Orme, ce ne sont point celles-ci qui articulent son projet, "nécessitent" ce geste décoratif. Décorer, ciseler, entrelacer, Semper comme Leroi-Gourhan nous le rappellent, s'inscrivent à l'origine dans la continuité d'un faire qui transforme l'outil, le meuble ou l'étoffe en "objet d'art" par l'ordre "nécessaire" du plaisir qu'éprouve l'esprit à voir prolonger l'effort de la main dans un geste improductif mais pour cela même signifiant. L'objet de ce décor, c'est ici non pas la voûte mais le voussoir. C'est la même continuité du geste à la fois productif et décoratif qui, nous allons le voir, compose la nervuration de cette voûte.

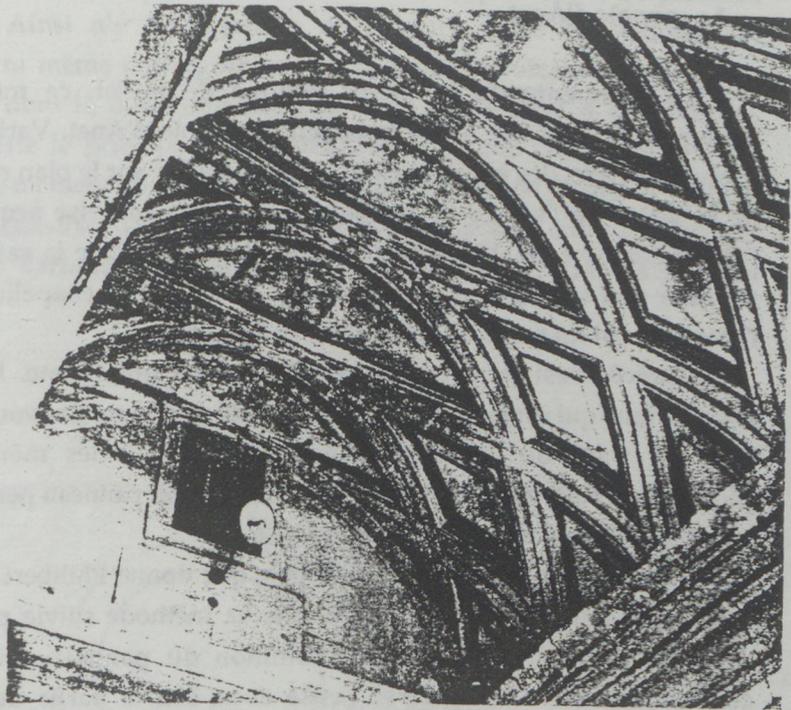
A l'observer, on s'aperçoit que deux trames s'y superposent. La première, orthogonale, est constituée par les joints des voussoirs appareillés en quinconces (selon le plan habituel d'une voûte en berceau). La seconde, orientée à 30° par rapport à la première, dessine l'entrelacs décoratif qui s'y superposera. Structure et décor ainsi décrits semblent s'opposer, le dessin de l'entrelacs étant simplement projeté sur la voûte dont il contredit l'appareil constructif. Mais si l'on regarde de plus près l'appareil de la voûte, on remarque que tous les voussoirs d'une même assise sont en fait identiques et portent le même élément de décoration. En réalité, par un jeu subtil de géométrie que nous allons détailler, les deux trames, structurelle et décorative, se superposent parfaitement en jouant l'une par rapport à l'autre. Pour comprendre la démarche de Philibert de L'Orme, il faut prendre le problème à rebours, et partir de la production d'un voussoir et non de la forme de la voûte et de son décor.

L'art stéréotomique tourne autour d'un outil majeur: le "panneau" ou gabarit. La taille d'un voussoir consiste d'abord et essentiellement dans le tracé de ses panneaux. C'est dans la continuité du tracé des panneaux que le

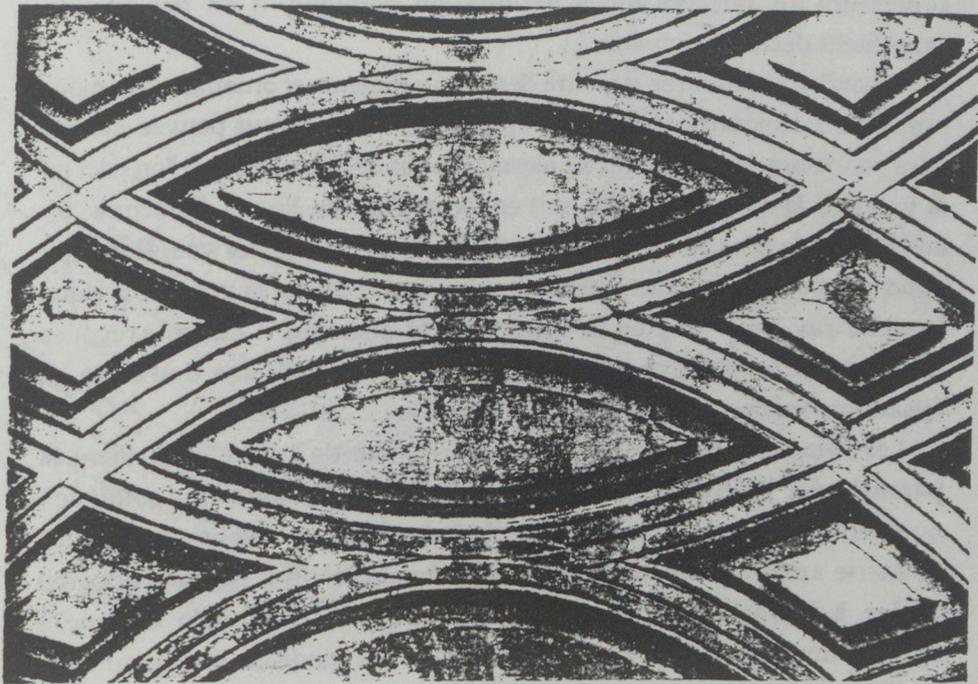
dessin d'entrelacs de Philibert de L'Orme trouvera son ordre et sa pertinence. La logique et l'économie de la production des panneaux nécessaires à la construction d'une voûte veulent qu'on limite le plus possible leur nombre. Ainsi l'application d'un décor sur une voûte, s'il ne s'accorde pas avec l'unité constituée par le voussoir, contraint à la multiplication des panneaux nécessaires au report des fragments de dessin. En conséquence, le décor devient particulièrement onéreux pendant que l'ordre constructif et l'ordre décoratif en viennent naturellement à s'opposer; l'un masquant et "niant" l'autre au grand dam des Rationalistes et autre Adolf Loos.

C'est ce piège que ne rencontre pas de l'Orme, qui tout au contraire en prenant pour module le voussoir, crée une trame entrelacée différente de celle que dessine l'appareil de la voûte mais qui lui est "harmonique". De ce fait, un seul panneau permet le tracé des 24 voussoirs d'une même assise ; dix panneaux suffisent au tracé des 228 voussoirs. Ainsi l'ordre productif, que matérialise le voussoir, offre par l'intermédiaire du panneau le module commun qui articulera l'appareil orthogonal de la voûte en même temps que l'entrelacs décoratif qui lui répond dans un contrepoint habilement rythmé. Loin de masquer l'appareil, le décor ici le souligne par une "figure d'opposition" qui le met en valeur. La "figure" est ici des plus simples puisqu'elle consiste à faire pivoter de 30° la trame de l'appareil constructif. Bien qu'élémentaire, il semble bien que cette opération de pivotement, nous le verrons plus loin, constitue une des figures essentielles de la rhétorique de la "stéréotomie décorative".

La logique de l'entrelacs joue donc ici à un double niveau. Il décrit tout d'abord l'opération qui lie autour d'un même "module", trame productive et décorative dans la production d'un panneau unique, pour fournir ensuite le motif du décor lui-même. Si l'on veut bien suivre l'intuition de Semper, on pourrait dire que d'une certaine manière l'entrelacs rend compte à la fois du modèle décoratif et du modèle productif.



Anet. Entrée. Voûte.



Anet. Entrée. Voûte.

La coupole d'Anet

C'est bien entendu la même logique de projet, ce même plaisir "d'entrelacer", qui fait naître la fameuse coupole d'Anet. Variation sur le thème du cercle, des jeux d'entrelacs mis en oeuvre sur le plan rectangulaire de la voûte de l'entrée, la coupole magnifie la maîtrise acquise par de l'Orme dans cet art. Virtuose accompli, il s'offre même la satisfaction de dévoiler son stratagème en plaçant au centre de la chapelle l'épure de l'entrelacs qui lui sert à tracer le décor de sa coupole.

Le procédé est le même que dans la voûte précédente. Une "trame" concentrique qui divise le cercle, sert au tracé de l'épure des voussoirs d'une part, au tracé de l'entrelacs d'autre part. Pour les mêmes raisons géométriques que dans l'exemple précédent un seul panneau permet donc de tracer tous les voussoirs d'une même assise.

La description du tracé de la coupole que donne Philibert au folio 112 fait mieux comprendre cette démarche. La méthode suivie pour la taille des voussoirs est basée sur la définition du panneau d'intrados. La construction de la coupole se pense donc bien à partir des panneaux d'intrados qui "trament" la logique du projet.

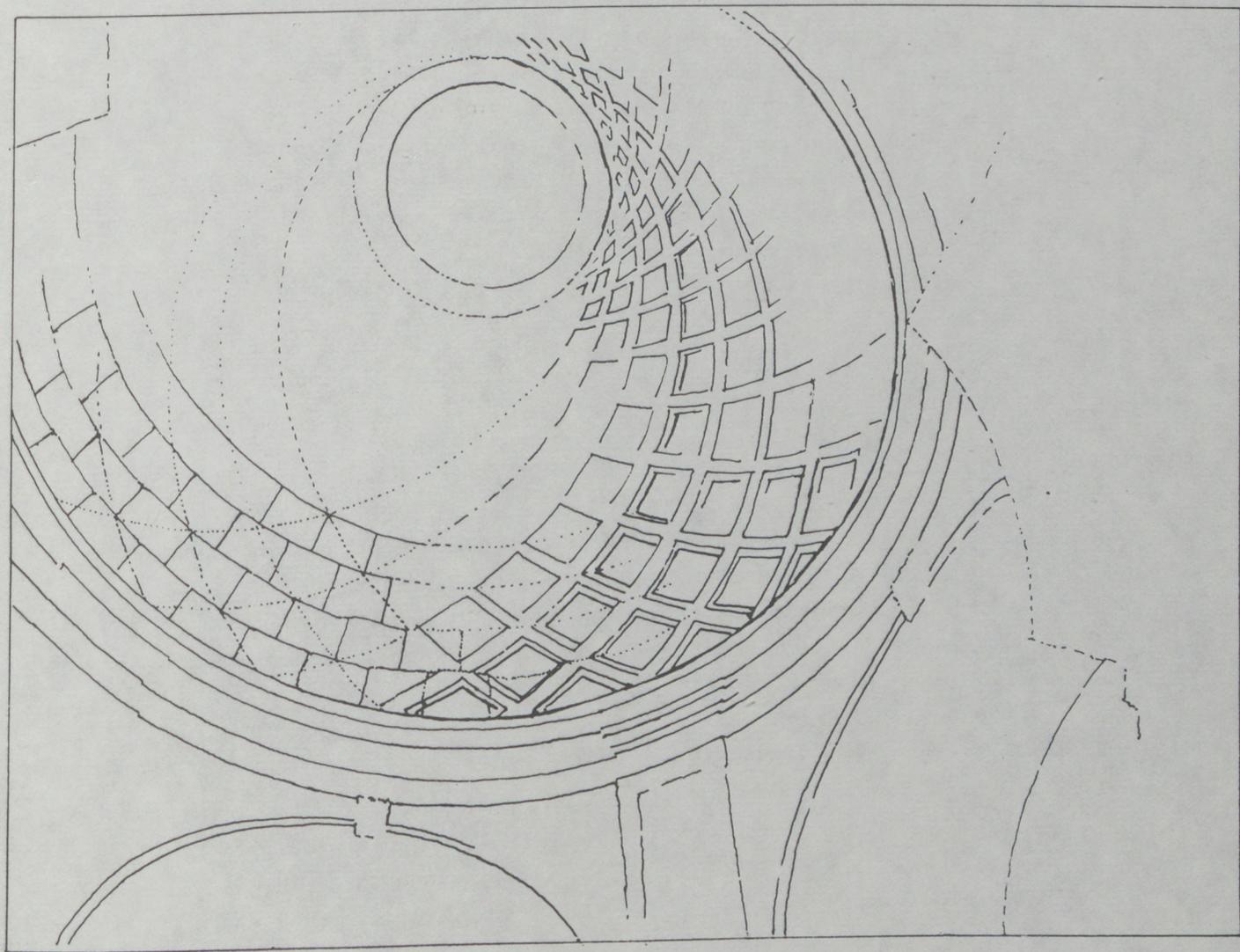
Vantant les mérites de cette méthode d'appareil qu'il considère comme supérieure au système de la nervuration gothique, il en tire ensuite l'argument décoratif suivant :

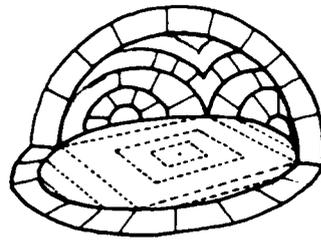
"Quand vous voudrez y mettre des compartiments et ornements de moulures,...vous le pourrez faire beaucoup plus richement... Vous pouvez encores faire par dessous le pendentif de mesmes sortes de branches, que l'on fait en la voûte de la mode Française, soit en façon d'ogives, liernes, tiercerons, ou autres... et de plus grande grâce que l'on n'a point encores veu. Ceux qui voudront prendre la peine, cognoistrant ce que je dy par la voûte sphérique laquelle j'ay fait faire en la chappelle du chasteau d'Annet, avecques plusieurs sortes de branches rempantes au contraire l'une de l'autre, et faisant par mesme moyen leurs compartiments...." fol. 112.

Les "branches rempantes au contraire l'une de l'autre" confirment la parenté avec l'entrelacs de la voûte de l'entrée. Cet entrelacs "gothique", ou selon son auteur à la "mode Française", de l'Orme veut nous montrer qu'il se marie aussi bien avec la nouvelle technologie de la voûte d'appareil (grâce à la méthode par panneaux), qu'avec le modèle antique à "compartiments" dont le panthéon offre l'un des modèles; mais pour créer finalement un nouveau modèle "de plus grande grace que l'on n'a point encores veu".

Ce chapitre XI montre clairement comment s'articule et s'entrelace le tracé du voussoir, l'entrelacs des nervures "françoises", et les compartiments

antiques, à partir d'une partition commune donnée par l'épure du panneau d'intrados. Ainsi n'y a-t-il jamais de rupture entre construction et décoration, ni même entre gothique et antique. Manifestement, le geste constructif, dont la définition des panneaux nécessaires à la taille des voussoirs offre le principe ordonnateur, inscrit dans une continuité remarquable le moment du décor. Plus encore, on comprend de quelle manière cet ordre du construit (les panneaux) invite l'imagination à composer sur son modèle une variation thématique dont l'entrelacs fournit l'argument favori.



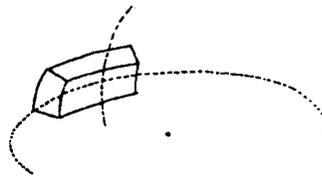


La coupole sur plan carré

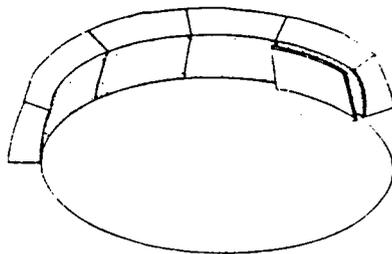
L'entrelacs auquel nous voulons emprunter le modèle pour décrire le fonctionnement de la pensée constructive/décorative de Philibert nous a guidé de l'entrée d'Anet à la chapelle, à travers des figures remarquables de tresses et de trames. Ces étapes introductives vont nous permettre de mieux faire sentir le véritable enjeu de son projet constructif. Sa recherche, que nous avons placée sous l'effigie du dessin de l'entrelacs, le chapitre XI consacré au tracé de la coupole en révèle la parenté.

Ce chapitre XI est le premier consacré à l'épure d'une coupole, c'est aussi la première fois que le récit de la construction d'une coupole appareillée se trouve révélée au public. Par simple souci d'efficacité pédagogique on attend comme leçon inaugurale la description du cas élémentaire d'une coupole appareillée sur un plan circulaire. Or, il n'en est rien. De manière surprenante, De l'Orme choisit d'ouvrir son propos par le cas déjà complexe et paradoxal d'une coupole appareillée sur plan carré. (ill. p. 75)

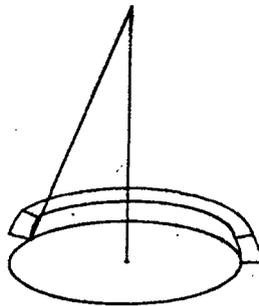
Pour comprendre ce choix, il faut revenir à l'expérience acquise par les maîtres de la corporation dans le tracé du cas "simple" d'une coupole appareillée sur plan circulaire. Le problème posé par la taille d'un voussoir de coupole réside dans l'impossibilité de construire la projection en plan de son intrados : celui-ci étant en effet défini par une double courbure.



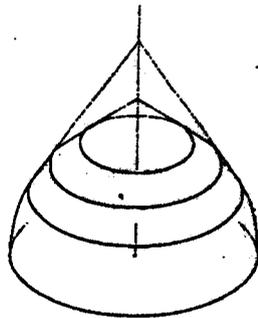
La solution apportée à cette "aporie géométrique" est tout à fait remarquable. Les maîtres, procédant en deux temps, vont rechercher un tracé géométrique leur permettant d'obtenir en premier lieu le développement en plan d'une surface ne s'incurvant que selon les seules courbures des assises horizontales.



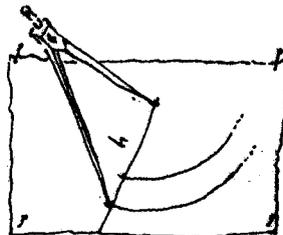
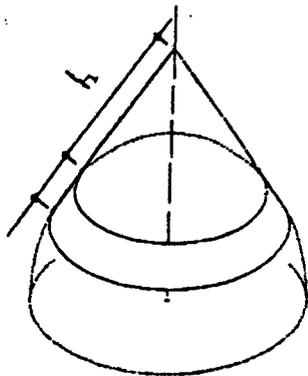
Le panneau ainsi recherché suivra la seule incurvation horizontale. La manière dont est obtenu le développement de cette surface nous révèle un peu mieux encore la capacité de vision dans l'espace dont les maîtres avaient acquis la science géométrale. Réduite à ses deux assises horizontales, la surface ainsi décrite définit une section de cône.



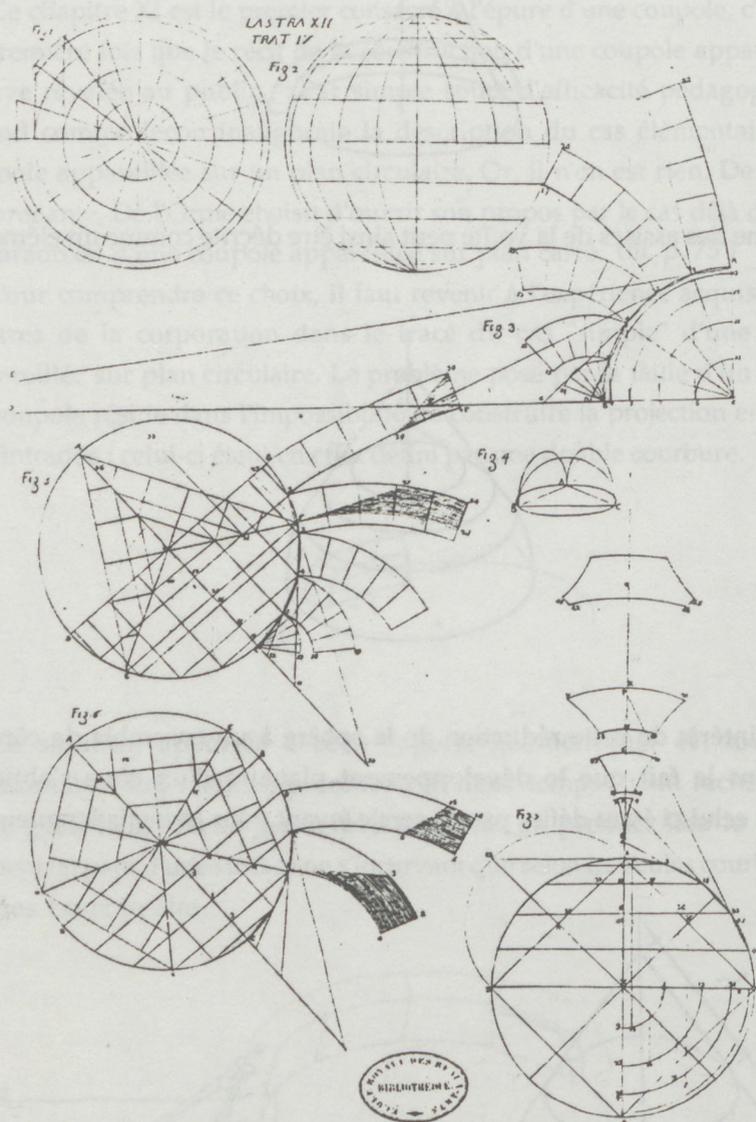
Chacune des assises de la voûte peut ainsi être décrite comme un élément de cône.



Tout l'intérêt de cette réduction de la sphère à un ensemble de cônes, réside dans le fait que le développement planaire d'un cône s'obtient aisément : celui-ci étant défini par un cercle (ayant pour rayon la longueur h du cône).



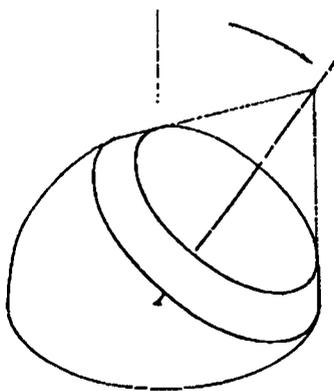
Guarini, qui étudia la stéréotomie auprès des maîtres parisiens, fut sensible à cette leçon comme en témoignent les gravures de son traité. Il illustre de manière détaillée cette construction géométrique connue depuis trop longtemps en France pour que ni de l'Orme ni Derand ne se donnent la peine d'autant d'explications. La description de l'épure nécessaire au tracé du développement des panneaux coniques leur semble amplement suffisant.



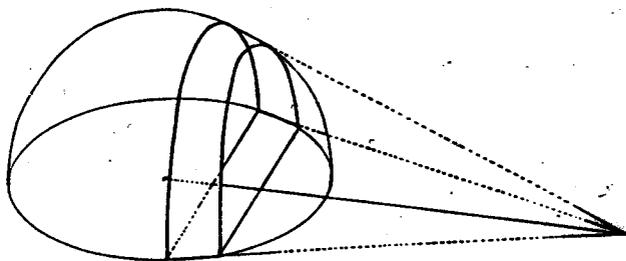
(G. Guarini, "Architettura civile",

Il est vrai qu'une fois le principe de la réduction conique de la sphère compris et visualisé mentalement, la lecture de l'épure est relativement simple. Le plan et la coupe de la coupole étant déterminés, il s'agit de trouver l'intersection de l'axe (AB) du cône avec la "tangente"(CD) de l'assise. Cette intersection fixe la "hauteur" du cône qui est alors développé (C'D') pour tracer le panneau. C'est ce même panneau qui dans la coupole d'Anet permettait le report du décor modulaire de l'entrelacs sur les voussoirs, en même temps que leur construction. Autour du panneau module de pensée architecturale s'articulaient la trame de l'appareil et celle de l'entrelacs. La coupole sur plan d'appareillage carré à laquelle Philibert attribue un statut inaugural, nous allons le comprendre, articule la même ambivalence du constructif et du décoratif, mais cette fois avec une subtilité qui caractérise l'esprit de la stéréotomie française avant que le rationalisme ne s'en empare.

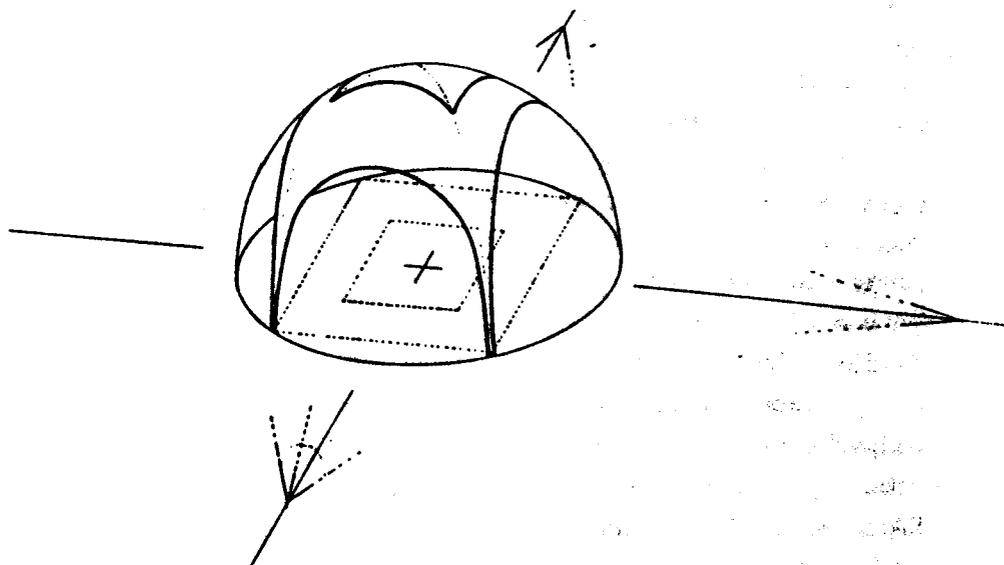
"L'invention" de la coupole sur plan carré pourrait être restituée de cette manière. Une fois admise l'idée que la sphère peut être réduite à un ensemble de cônes tous situés dans l'axe vertical de la coupole, on comprend très vite qu'il est possible de faire pivoter cet axe autour du centre de la sphère.



Quelle que soit la position de l'axe des cônes ces derniers décrivent toujours une partie de la coupole. La différence introduite étant évidemment la position inhabituelle des assises qui se trouvent de biais par rapport à la base de la coupole. La position de l'axe produit une position des assises remarquable lorsque celui-ci se trouve à l'horizontale, rabattu en quelque sorte à 90° par rapport à son axe vertical "naturel". Comme on peut le remarquer, les assises, horizontales dans le cas précédent, se placent verticalement. En conséquence, la projection au sol des plans d'assises sont des droites et non plus des cercles.



Il est donc possible de "décrire" la sphère, dont le cercle est la projection "naturelle", par des droites. De l'Orme, si friand des jeux de représentations entrelacées, ne pouvait laisser échapper une telle "fortune" géométrique. Une fois envisagé ce positionnement vertical des assises, dont la projection au sol est une droite, on passe aisément au dessin d'un plan d'assise carré. Il suffit de considérer que l'axe vertical est "rabattu" quatre fois, déterminant ainsi, non plus une, mais quatre séries de cônes qui se rencontrent dans le plan des diagonales du carré.



L'aspect le plus surprenant de cette construction réside dans le tracé de l'épure dont le dessin reste en fait identique à celui de la coupole assise sur un plan circulaire. En effet, les panneaux étant dans les deux cas des développements de cônes identiques, leurs profils le restent également.

Cette dernière particularité nous explique pour quelle raison De l'Orme peut se permettre d'éluder l'analyse de la coupole à assise circulaire pour traiter directement le cas de la coupole sur plan carré. Mais l'économie d'une explication n'est pas la raison essentielle de cette ellipse cavalière.

Ici comme dans le cas inaugural de la trompe d'Anet, Philibert saisit l'opportunité qui lui est offerte de démontrer de quelle manière s'opère "l'invention" architecturale qu'il revendique : en faisant pivoter l'axe vertical "naturel" sur le plan horizontal, le modèle "constructif" se métamorphose en "modèle décoratif". Les plans d'assises désormais verticaux dessinent sur la coupole un motif en éventail et à chevrons dont nous analyserons plus loin l'effet décoratif surprenant. Mais cette fois-ci la continuité observée à Anet entre panneaux constructifs et décoratifs est totale : le même panneau dessine le voussoir et son "décor". L'appareil joue le rôle décoratif de l'entrelacs de la coupole d'Anet.

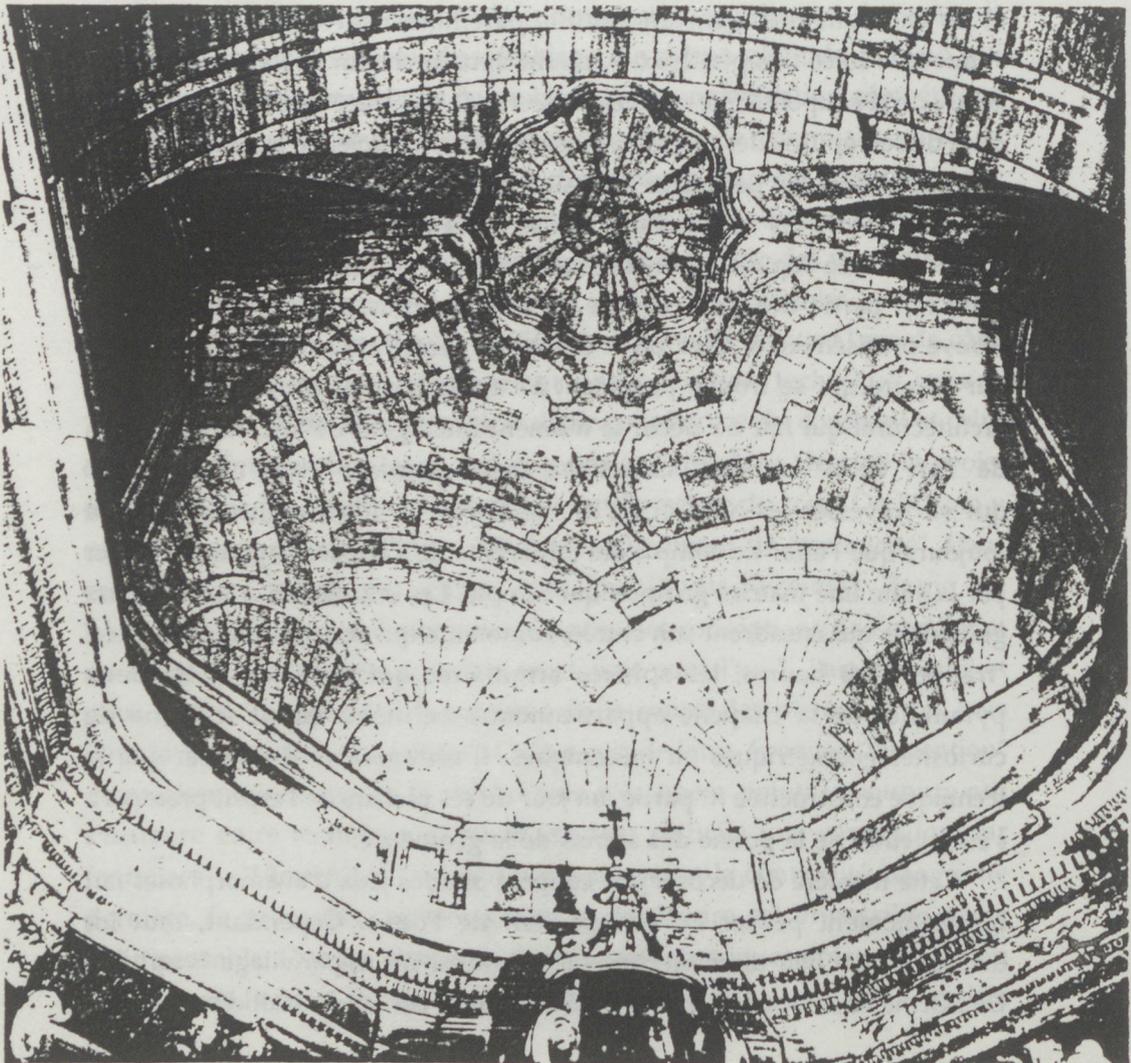
La comparaison que nous voulions établir entre l'entrelacs et l'art du trait prend ici toute sa valeur, au moment même où De l'Orme n'utilise plus le dessin de l'entrelacs proprement dit. C'est l'identité des procédures qui cette fois est remarquable. L'art de l'entrelacs ou de la tresse décorative réside dans la capacité à créer un motif à partir d'une contrainte de fabrication constituée par la cordelette dont quelques principes de tissage et de nouages règlent les jeux d'assemblage. Le même geste de la main qui croise ou noue plusieurs brins ensemble crée en une opération géométrique (topologique) commune la "structure" matérielle de l'entrelacs ou de la tresse et son motif décoratif. Avec le dessin de la coupole appareillée sur plan carré, la même continuité s'opère entre la géométrie proprement constructive qui fixe les règles d'assemblage et de coupe des voussoirs et le motif décoratif. La ligne qui définit les assises des voussoirs leur sert de décor. Pour obtenir cet effet il a suffi à de l'Orme de rabattre l'axe de cône sur le plan horizontal, transformant une opération technique en une "invention" où il est vain de vouloir distinguer l'ordre du construit et celui du décor. Cette ambivalence, qui caractérise l'entrelacs, dessine le projet contenu dans les chapitres consacrés à la géométrie du trait. De l'Orme y recherche une source "d'inventivité" et aucunement de "technicité". Pour cette raison même ces pages font partie du "Premier Tome de l'Architecture". Nous sommes aux antipodes des conceptions de Rondelet et de Frezier pour lesquels ce même art définit pour l'un "...l'art de bâtir" et pour l'autre "la théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voûtes". Qu'à partir de leurs époques "l'invention" disparaisse du champ de la stéréotomie n'étonnera point: la coupure qui s'instaure entre technique et décor rendant difficile une conception par "entrelacs". "L'invention" requiert nécessairement la continuité. Sans cette dernière, le processus que nous venons de décrire est impossible parce qu'impensable. Que les dernières œuvres stéréotomiques voient le jour au moment où Frezier, Rondelet et Monge se mettent à écrire est à ce titre démonstratif.

Trompe -l'oeil

Mais il se trouve que les effets décoratifs de cet appareillage possèdent d'autres propriétés géométriques remarquables. En se déplaçant, le spectateur voit l'image de la coupole se transformer. Placé à une distance respectable, on ne perçoit uniquement qu'un dessin d'arcature s'élevant sur la coupole. Mais en avançant ces arcs semblent s'aplanir. Arrivant sous la coupole, ces arcatures se métamorphosent enfin en une série de carrés circonscrits par la base circulaire du dôme. L'entrelacs "parfait" de la trame d'appareillage avec la trame décorative produit très exactement une anamorphose, un trompe-l'oeil. Par une de ces fortunes géométriques dont Philibert, nous l'avons vu, saisit avec art l'opportunité, il se trouve que l'appareillage de cette coupole révèle son secret en même temps que le spectateur s'avance dans la nef et se rapproche d'elle. De loin les arcatures et les chevrons dessinent un motif apparemment fort complexe dont on suppose le tracé très périlleux. Arrivant dans le chœur et s'arrêtant sous le centre de la coupole, celle-ci révèle le secret de son tracé en même temps que celui de son épure : des carrés circonscrits par un cercle. Le lecteur du *Songe de Poliphile* ne dut pas rester insensible à ce parcours initiatique qui révèle une fois encore les vertus inépuisables de la quadrature du cercle. Cette "révélation" de l'épure, géométrie secrète, mise en scène ici par le trompe-l'oeil fait partie des jeux de l'art du trait. Sa plus célèbre expression se trouve précisément à Anet, où là encore le "secret" de la coupole est révélé par l'épure qui se trouve justement à l'aplomb de la coupole. Ce plaisir architectural qui fait du décor le moment intelligent de la compréhension de "l'art" de la "fabrique", caractérise spécifiquement "l'idée constructive" qui va traverser les XVII et XVIIIème siècle. La ligne maîtresse en sera toujours que l'effet de complexité apparente de l'appareillage doit révéler par la suite une matrice géométrique simple. Les entrelacs d'Anet, les deux gnomones qui encadrent son entrée, l'automate qui sous la forme d'un cerf "frappe" les heures, les sphères armillaires qui couronnent les deux pyramides de la chapelle appartiennent à ce même esprit si fécond de curiosités géométriques ou mécaniques. Il est agréable de penser que la technique constructive fit partie un jour de ces plaisirs de l'esprit prompts à s'émerveiller de la poésie des secrets de la géométrie.

Cette manière de décorer une coupole par des jeux d'anamorphoses fait inévitablement penser au trompe-l'œil de Pozzo. Cependant, tout les distingue. Au lieu d'architectures feintes c'est un appareillage "vrai" que De l'Orme nous donne à voir. Nul besoin dans cet art du trait d'ajouter au

spectateur un point de vue unique d'où la déformation perspective s'éclipse. Il s'agit de découvrir en se déplaçant les transformations que subit "l'entrelacs" du carré et de la sphère. L'esprit des architectures française et italienne expriment encore une fois ici leur différence. Philibert (et une longue lignée d'architectes français jusqu'au XVIIIème siècle) "inventent" le décor à partir d'une géométrie constructive : le "trait". Pozzo l'imagine à partir de la construction géométrique de l'image: la perspective. Le premier part du geste du travail et de ses savoirs, le second du point de vue du spectateur. L'art du trait et "l'invention" de Philibert ne riment pas avec le disegno et le concetto italiens. La dualité entre une architecture visuelle conçue à partir du geste productif ou à partir du point de vue du spectateur s'exprime clairement à travers ce détail décoratif en retrouvant les conclusions de Semper rappelées par J. Rykwert.



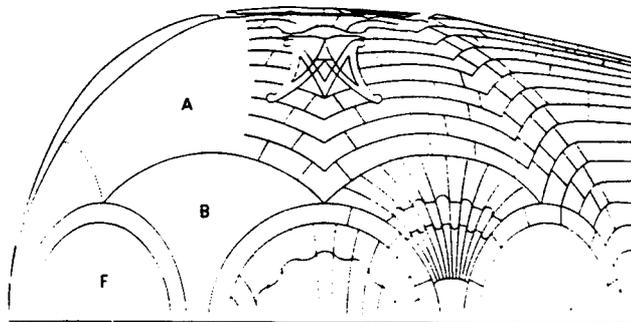
Chartreuse de Valbonne, le cul de four

La Chartreuse de Valbonne

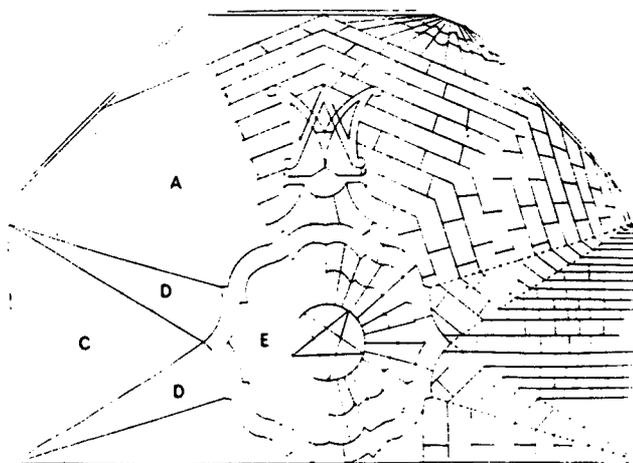
Pour donner aux célèbres coupoles de Pozzo un pendant stéréotomique qui illustre cette opposition, il nous faut rechercher un exemple que De l'Orme ne nous a malheureusement pas légué. On ignore en effet de quelle manière il appareilla les coupoles de Villers Cotteret et de St Léger. Cependant, lorsqu'on voit avec quelle dextérité un Guillaume Lissorgues son contemporain joue de ce répertoire au château de Bournazel, il n'est pas unimaginable que de l'Orme ait pu faire de même. Les exemples ne vont pas manquer à partir de cette date, depuis le fameux pendentif de Valence, pour régner dans la France entière et tout particulièrement en province. C'est le même esprit que l'on retrouve aux XVII et XVIIIème siècles chez les Giral à Montpellier, Victor Louis à Bordeaux, les Franque à Marseille et Avignon. Il est remarquable que le plus grand nombre des exemples recueillis soit provinciaux. En effet, à Paris, bien que la stéréotomie se développe avec les Mansart, les Lemercier et Soufflot, les jeux décoratifs à partir des plans d'appareillages semblent peu à peu disparaître au profit de la performance technique, augurant déjà de sa disparition. Ainsi rattacherons-nous volontiers à cette vision "technicienne" la fameuse voûte de l'hôtel de ville d'Arles dont Hardouin Mansart aurait fourni le modèle. L'effet ici réside dans la portée atteinte par cette voûte plate dont l'appareillage souligne simplement les assises horizontales des modèles canoniques de la stéréotomie qui la constitue. C'est le même esprit que l'on retrouve dans la crypte de Sainte Geneviève de Soufflot. Un goût nouveau pour le perfectionnisme technique et géométrique qui, de Desargues à Frézier et Monge, traverse la stéréotomie parisienne, fait oublier ce plaisir du jeu sur les "traits" qui caractérise le geste et "l'invention" architecturale. Les modèles de pensée de l'ingénieur et le souci d'exactitude du mathématicien s'insinuent dans l'imaginaire des Soufflot et Rondelet, qui devront rappeler à grand renfort de néoclassicisme des modèles décoratifs à projeter sur les voûtes stéréotypées du Panthéon que la performance technique arrive tout juste à stabiliser. Nul étonnement donc que ce soit en province qu'ait pu se perfectionner l'art constructif dont de l'Orme a établi le modèle. Aussi au XVIIIème siècle, ce sont Avignon et Bordeaux plus que Paris qui verront se construire les chefs-d'oeuvre de l'art du trait.

L'oeuvre de J.B. Franque à la Chartreuse de Valbonne près d'Avignon illustre peut être mieux que toute autres par sa richesse expressive le degré de perfection atteint par les descendants de Philibert. Chargé de rebâtir l'église, Franque conçoit une nef unique d'un raffinement baroque dont la sobriété rappelle les premiers et les plus beaux exemples romains. Le point d'orgue en est la demi sphère, ou cul de four, qui couvre le chœur et dont le

dessin captive le regard; déclinant sous la forme d'un appareillage savant plusieurs ordres de récits.



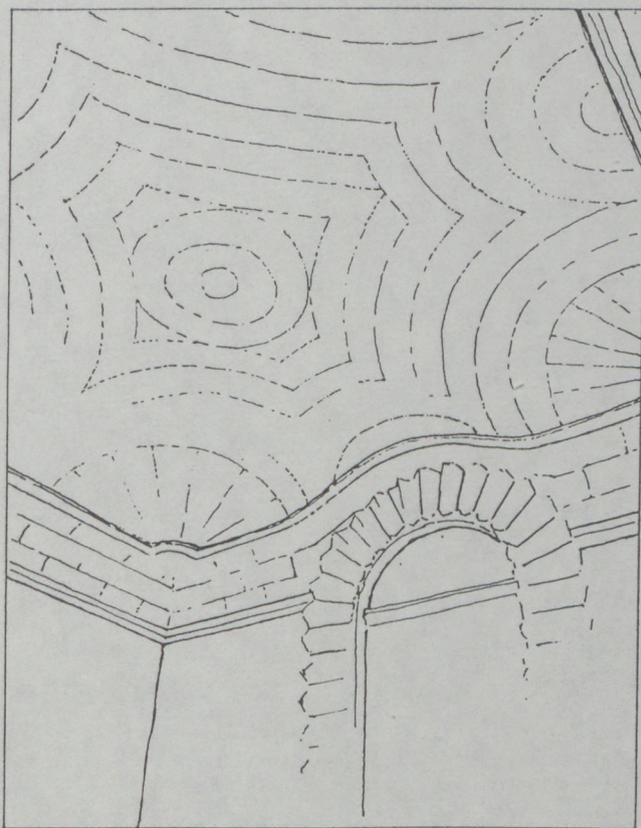
Sur le mode constructif l'appareillage dessine à l'aplomb des pilastres un rythme d'arcature qui se développe ensuite sur la coupole en produisant l'effet caractéristique que nous avons décrit. Finalement au sommet de la voûte retrouvant cet amour pour l'entrelacs des monogrammes qui liait les H et les D d'Henri et de Diane à Anet, le V et le M de la Vierge Marie à laquelle est consacrée l'église de l'ordre des Maristes, profilent la marqueterie de l'appareillage des voussoirs qui ferment la voûte.



Lorsque l'on se trouve sous le cul de four, les arcatures s'évanouissent pour laisser apparaître le plan d'appareillage octogonal qui constitue la projection au sol des assises. L'amour pour ces jeux d'entrelacs et de métamorphoses captive à ce point J. B. Franque qu'il en "invente", pour couvrir le hall sur lequel s'ouvre le chœur, une voûte qui est le négatif en tout point du cul de four. Au contraire de la forme sphérique du cul de four, cette voûte est plate. Aussi, suivant cette même manière de composer par figure d'opposition, le plan d'appareillage ne suit plus le dessin rectiligne du polygone précédent mais celui curviligne d'une rosace polylobée qui "reproduit" sur la voûte plate l'image des arcatures qui apparaissent sur le cul de four sphérique. Cette architecture en négatif nous confirme dans

l'intuition que les figures d'opposition si souvent rencontrées dans l'art du décor constructif de Philibert constituent peut-être le modèle énonciatif de la composition décorative de l'architecture du trait.

Entrelacs ou trompe-l'oeil, l'esprit de l'art du trait enseigné par De l'Orme doit être associé à ces termes autant qu'à ceux de technique ou de géométrie projective. Pour cette raison, les leçons de Philibert de l'Orme enseignent l'architecture avec la géométrie. Un glissement va se produire dès le XVII^{ème} siècle. L'esprit de géométrie devenant aveugle au trompe-l'oeil et réfractaire aux jeux d'entrelacs (si ces derniers ne sont clairement séparés de toute réalité productive et placés sur un plan abstrait), l'art du trait va peu à peu être expurgé de ces jeux sur les signes géométriques qui manifestent cet esprit de finesse propre à l'architecture. La terminologie sanctionne ce déplacement, "l'art du trait" devenant "stéréotomie", au geste (art) maître du signe (trait) se substitue la science, en racine grecque énoncée, de la coupe (stéréo) des volumes (tomie). Nul étonnement donc que nous soyons devenus sourds à la véritable leçon contenue dans les livres de Philibert. Son message était pourtant clair qui expliquait au jeune architecte que pour "inventer", il suffisait de transformer la géométrie "nécessaire" du trait constructif en celle arbitraire, d'un jeu de signes dont l'esprit se fait toujours un plaisir d'entrelacer les lignes .



Chartreuse de Valbonne, voûte plate du vestibule