

MATÉRIAUX ET TECHNIQUES DE CONSTRUCTION CHEZ VIOLLET-LE-DUC

Direction scientifique

Arnaud TIMBERT, historien de l'art, université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Comité scientifique

Maria Rita CAMPA, faculté d'architecture polytechnique de Bari (Italie)

Jean-Michel LENIAUD, École des chartes et École pratique des hautes études (France)

Jean-Paul MIDANT, École nationale supérieure d'architecture de Paris-Belleville (France)

Isabelle PALLOT-FROSSARD, directrice du laboratoire de recherche des Monuments historiques (LRMH) (France)

Comité d'organisation

Eva GRANGIER-MENU, administratrice du château de Pierrefonds (France)

Lorraine MAILHO-DABOUSSI, conservateur en chef du patrimoine, Centre des monuments nationaux (France)

Arnaud TIMBERT, historien de l'art, université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Isabelle LEMESLE, président du Centre des monuments nationaux, 2008-2012 (France)

OUVERTURE DU COLLOQUE

Arnaud TIMBERT

En marche vers l'avenir

I. VIOLLET-LE-DUC INTIME DE LA MATIÈRE

Président Jean-Michel LENIAUD

Interventions Martin BRESSANI
Le rôle du matériau dans l'acte créatif selon Viollet-le-Duc

Richard ETLIN
La poésie de l'innovation et l'invention poétique chez Viollet-le-Duc

II. VIOLLET-LE-DUC ET LE CHOIX DES MATÉRIAUX

Président Isabelle PALLOT-FROSSARD

Interventions Viviane DELPECH
Les matériaux de construction et d'ornementation au château d'Abbadia

Florie ALARD
L'utilisation du métal dans la reconstruction du château de Pierrefonds par Viollet-le-Duc

Christine BONGART
La pierre et sa mise en œuvre à Pierrefonds : les choix et les méthodes de Viollet-le-Duc

MATÉRIAUX ET TECHNIQUES DE CONSTRUCTION CHEZ VIOLLET-LE-DUC

Marie DEROUETTE

La pierre dans le chantier de restauration de Viollet-le-Duc
à la cathédrale Notre-Dame d'Amiens

Nicolas NAVARRO

Les matériaux de Viollet-le-Duc dans le chantier de la cathédrale de Clermont-Ferrand

Marie-Clémentine BONNIN, Jean-Pierre GÉLY, Michaël WYSS

Viollet-le-Duc et l'emploi de la pierre dans les travaux de la basilique de Saint-Denis

Annie BLANC, Jannie MAYER

L'élaboration d'une doctrine de restauration :
la façade ouest de la cathédrale Notre-Dame de Paris

Francesca LUPO

Les voûtes de la basilique Sainte-Marie-Madeleine de Vézelay

III. UN PASSÉ PORTEUR D'AVENIR : Viollet-le-Duc et les techniques de construction

Président Étienne PONCELET

Interventions Arnaud TIMBERT

Formes, matériaux et techniques de construction à l'église Saint-Denis-de-l'Estrée
de Viollet-le-Duc

Giuseppe FALLACARA, Luc TAMBORERO, Maurizio BROCATO

Viollet-le-Duc et les ossatures constructives mixtes :
spéculations morphologiques-constructives sur le thème de l'arc armé

Maria Rita CAMPA

Viollet-le-Duc : innovation et tradition en architecture.

Langage de forme et structure dans la conception de voûtes polyédriques en pierre et métal

VIOLET-LE-DUC, MATERIALS AND BUILDING TECHNIQUES

Scientific Supervision

Arnaud TIMBERT, art historian, Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Scientific Committee

Maria Rita CAMPA, Polytechnic University of Bari (Italy)

Jean-Michel LENIAUD, École des Chartes and École pratique des Hautes Études (France)

Jean-Paul MIDANT, École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Belleville (France)

Isabelle PALLOT-FROSSARD, Monuments Historiques Research Laboratory (France)

Organisation Committee

Eva GRANGIER-MENU, Head administrator of château de Pierrefonds (France)

Lorraine MAILHO-DABOUSSI, chief curator, Centre des monuments nationaux (France)

Arnaud TIMBERT, art historian, Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Isabelle LEMESLE, president of the Centre des monuments nationaux, 2008-2012 (France)

INTRODUCTION

Arnaud TIMBERT

Looking toward the future

I. VIOLET-LE-DUC INTIMATE KNOWLEDGE OF MATERIALS

Presiding chair Jean-Michel LENIAUD

Interventions Martin BRESSANI

Viollet-le-Duc's view of the role of materials in the creative act

Richard ETLIN

The poetry of invention in structure and materials in Viollet-le-Duc

II. VIOLET-LE-DUC AND THE CHOICE OF MATERIALS

Presiding chair Isabelle PALLOT-FROSSARD

Interventions Viviane DELPECH

Viollet-le-Duc's architectural and ornamental eclecticism at the Château d'Abbadia

Florie ALARD

The use of metal in Viollet-le-Duc's reconstruction of Pierrefonds Castle

Christine BONGART

Stone and its implementation at Pierrefonds: Viollet-le-Duc's choices and methods

Marie DEROUETTE

Stone in Viollet-le-Duc's restoration work at Notre Dame cathedral in Amiens

VIOLLET-LE-DUC, MATERIALS AND BUILDING TECHNIQUES

Nicolas NAVARRO

Viollet-le-Duc's building materials and his work on completing the cathedral of Clermont-Ferrand

Marie-Clémentine BONNIN, Jean-Pierre GÉLY, Michaël WYSS

Viollet-le-Duc and the use of stone in the restoration work at the basilica of Saint-Denis

Annie BLANC, Jannie MAYER

Elaborating a restoration doctrine: the western façade of Notre Dame cathedral in Paris

Francesca LUPO

Viollet-le-Duc and the vaults of the Basilica of St. Mary Magdalene in Vézelay

III. THE PAST AS HARBINGER OF THE FUTURE

Viollet-le-Duc and building techniques

Presiding chair Étienne PONCELET

Interventions Arnaud TIMBERT

Forms, Materials and Construction Techniques: the Church of Saint-Denis-de-l'Estrée by Viollet-le-Duc

Giuseppe FALLACARA, Luc TAMBORERO, Maurizio BROCATO

Viollet-le-Duc and composite structural frames: morphological-constructive speculations on the theme of the reinforced arch

Maria Rita CAMPA

Innovation and tradition in architecture: the language of form and structure in Viollet-le-Duc's concept of polyhedral stone and steel vaults

Sommaire

English contents below

OUVERTURE DU COLLOQUE

ET REMERCIEMENTS

Arnaud Timbert

Historien de l'art,
université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

En marche vers l'avenir

Résumé | Abstract

VIOLLET-LE-DUC INTIME DE LA MATIÈRE

Martin Bressani

Professeur, université McGill, Montréal (Canada)

Le rôle du matériau dans l'acte créatif selon Viollet-le-Duc

Résumé | Abstract

Richard Etlin

Professeur, école d'architecture
de l'université du Maryland
(États-Unis)

La poésie de l'innovation et l'invention poétique

chez Viollet-le-Duc

Résumé | Abstract

VIOLLET-LE-DUC ET LE CHOIX DES MATÉRIAUX

Viviane Delpech

Docteur en histoire de l'art, chercheur associée
au laboratoire ITEM EA 3002, université de Pau
et des pays de l'Adour (France)

Les matériaux de construction et d'ornementation

au château d'Abbadia

Résumé | Abstract

Florie Alard

Diplômée de l'École du Louvre,
associée au programme de recherche
« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-
université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

L'utilisation du métal dans la reconstruction du château de Pierrefonds

par Viollet-le-Duc

Résumé | Abstract

Christine Bongart

Diplômée de l'École du Louvre,
associée au programme de recherche
« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-
université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

La pierre et sa mise en œuvre à Pierrefonds :

les choix et les méthodes de Viollet-le-Duc

Résumé | Abstract

Marie Derouette

Diplômée de l'École du Louvre,
associée au programme de recherche
« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-
université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

La pierre dans le chantier de restauration de Viollet-le-Duc

à la cathédrale Notre-Dame d'Amiens

Résumé | Abstract

Nicolas Navarro

Diplômé de l'École du Louvre,
associé au programme de recherche
« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-
université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Les matériaux de Viollet-le-Duc dans le chantier

de la cathédrale de Clermont-Ferrand

Résumé | Abstract

Sommaire

Marie-Clémentine Bonnin

Diplômée de l'École du Louvre (France)

Jean-Pierre Gély

Paris I, Laboratoire de Médiévisiologie
Occidentale de Paris, UMR 8589 (France)

Michaël Wyss

Unité d'archéologie
de la Ville de Saint-Denis (France)

**Viollet-le-Duc et l'emploi de la pierre dans les travaux
de la basilique de Saint-Denis**

Résumé | Abstract

Annie Blanc

Laboratoire de recherche
des monuments historiques (LRMH) (France)

Jannie Mayer

Conservateur en chef honoraire
du patrimoine (France)

**L'élaboration d'une doctrine de restauration :
la façade ouest de la cathédrale Notre-Dame de Paris**

Résumé | Abstract

Francesca Lupo

Université polytechnique de Turin (Italie),
associée au programme de recherche
« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-
université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Les voûtes de la basilique Sainte-Marie-Madeleine de Vézelay

Résumé | Abstract

UN PASSÉ PORTEUR D'AVENIR :

Viollet-le-Duc et les techniques de construction

Arnaud Timbert

Historien de l'art,
université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

**Formes, matériaux et techniques de construction
à l'église Saint-Denis-de-l'Estrée de Viollet-le-Duc**

Résumé | Abstract

Giuseppe Fallacara

Professeur de composition architecturale,
faculté d'architecture polytechnique de Bari (Italie)

Luc Tamborero

Tailleur de pierre, compagnon du Devoir
du tour de France, chercheur associé du
laboratoire GSA de l'École nationale supérieure
d'architecture Paris-Malaquais (France)

Maurizio Brocato

Professeur, École nationale supérieure
d'architecture Paris-Malaquais et École nationale
des ponts et chaussées (France)

**Viollet-le-Duc et les ossatures constructives mixtes :
spéculations morphologiques-constructives sur le thème de l'arc armé**

Résumé | Abstract

Maria Rita Campa

Faculté d'architecture polytechnique
de Bari (Italie)

**Viollet-le-Duc : innovation et tradition en architecture.
Langage de forme et structure dans la conception de voûtes
polyédriques en pierre et métal**

Résumé | Abstract

Contents

Sommaire français

INTRODUCTION

AND ACKNOWLEDGEMENT

Arnaud Timbert

Art historian,

Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Looking toward the future

Résumé | Abstract

VIOLLET-LE-DUC INTIMATE KNOWLEDGE OF MATERIALS

Martin Bressani

Professor at McGill University, Montreal (Canada)

Viollet-le-Duc's view of the role of materials in the creative act

Résumé | Abstract

Richard Etlin

Distinguished University Professor,
School of Architecture, Planning and Preservation,
University of Maryland (USA)

The poetry of invention in structure and materials in Viollet-le-Duc

Résumé | Abstract

VIOLLET-LE-DUC AND THE CHOICE OF MATERIALS

Viviane Delpech

Art historian,
ITEM Laboratory, Université de Pau
et des Pays de l'Adour (France)

Viollet-le-Duc's architectural and ornamental eclecticism at the Château d'Abbadia

Résumé | Abstract

Florie Alard

Graduate of the École du Louvre
Associated with the research program
"Les matériaux chez Viollet-le-Duc", LRMH-
Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

The use of metal in Viollet-le-Duc's reconstruction of Pierrefonds Castle

Résumé | Abstract

Christine Bongart

Graduate of the École du Louvre
Associated with the research program
"Les matériaux chez Viollet-le-Duc", LRMH-
Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Stone and its implementation at Pierrefonds: Viollet-le-Duc's choices and methods

Résumé | Abstract

Marie Derouette

Graduate of the École du Louvre
Associated with the research program
"Les matériaux chez Viollet-le-Duc", LRMH-
Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Stone in Viollet-le-Duc's restoration work at Notre Dame cathedral in Amiens

Résumé | Abstract

Nicolas Navarro

Graduate of the École du Louvre
Associated with the research program
"Les matériaux chez Viollet-le-Duc", LRMH-
Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Viollet-le-Duc's building materials and his work on completing the cathedral of Clermont-Ferrand

Résumé | Abstract

Contents

Marie-Clémentine Bonnin

Graduate of the École du Louvre (France)

Jean-Pierre Gély

Paris I, Laboratoire de Médiévisiologie
Occidentale de Paris, UMR 8589 (France)

Michaël Wyss

Unité d'archéologie
de la Ville de Saint-Denis (France)

**Viollet-le-Duc and the use of stone in the restoration work
at the basilica of Saint Denis**

[Résumé](#) | [Abstract](#)

Annie Blanc

LRMH (Historical Monuments
Research Laboratory) (France)

Jannie Mayer

Honorary Head Curator
of France's National Heritage

**Elaborating a restoration doctrine:
the western façade of Notre Dame cathedral in Paris**

[Résumé](#) | [Abstract](#)

Francesca Lupo

Polytechnic of Turin University (Italy)
Associated with the research program
"Les matériaux chez Viollet-le-Duc", LRMH-
Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Viollet-le-Duc and the vaults of the Basilica of St. Mary Magdelene in Vézelay

[Résumé](#) | [Abstract](#)

THE PAST AS HARBINGER OF THE FUTURE

Viollet-le-Duc and building techniques

Arnaud Timbert

Art historian,
Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

**Forms, Materials and Construction Techniques:
the Church of Saint-Denis-de-l'Estrée by Viollet-le-Duc**

[Résumé](#) | [Abstract](#)

Giuseppe Fallacara

Professor of Architectonic Composition,
Polytechnic School of Architecture, Bari (Italy)

Luc Tamborero

Stone cutter, compagnon du Devoir du Tour
de France research associate of the GSA
Laboratory at the École Nationale Supérieure
d'Architecture Paris-Malaquais (France)

Maurizio Brocato

Professor at the École Nationale Supérieure
d'Architecture Paris-Malaquais and the École
nationale des ponts et chaussées (France)

**Viollet-le-Duc and composite structural frames:
morphological-constructive speculations on the theme of the reinforced arch**

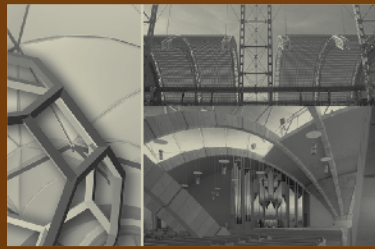
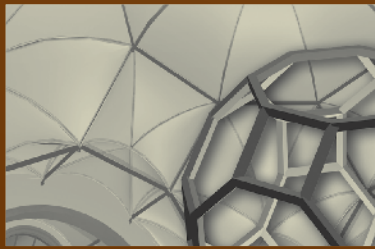
[Résumé](#) | [Abstract](#)

Maria Rita Campa

Polytechnic University
of Bari (Italy)

**Innovation and tradition in architecture: the language of form and structure
in Viollet-le-Duc's concept of polyhedral stone and steel vaults**

[Résumé](#) | [Abstract](#)



[Sommaire >>](#)

[Contents >>](#)

OUVERTURE DU COLLOQUE

Remerciements

Ce II^e colloque international, bâti autour d'un sujet qui pourrait paraître un peu grave et sec, doit beaucoup au courage de plusieurs personnes que je tiens à remercier chaleureusement. Madame Isabelle de Gourcuff, tout d'abord, pour avoir répondu favorablement à ce projet alors qu'elle était administratrice du château de Pierrefonds.

Mesdames Isabelle Lemesle alors présidente du CMN, et Eva Grangier-Menu à l'époque, nouvelle administratrice du domaine, ensuite, pour avoir relayé et appuyé ce projet jusqu'à sa réalisation.

Ma reconnaissance va également à Jean-Paul Ciret, Aicha Bensalem et Stéphanie Lacroix pour l'organisation matérielle parfois complexe de cette réunion ainsi qu'aux membres du comité scientifique, Maria-Rita Campa, Jean-Michel Leniaud, Jean-Paul Midant et Isabelle Pallot-Frossard.

J'ai, par ailleurs, une gratitude particulière pour les intervenants de ces deux journées ; ils se sont fait l'écho d'un appel à communication devenu très vite international comme en témoigne la diversité des nationalités représentées, de l'Italie au Canada en passant par les États-Unis.

Enfin, je remercie avec bonheur les personnes de l'auditoire sans lesquelles ce genre de réunion serait confiné aux couloirs poussiéreux de nos universités et aux conversations contrites de ses enseignants-chercheurs.

Arnaud Timbert



EN MARCHE VERS L'AVENIR

Arnaud Timbert

Historien de l'art, université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

RÉSUMÉ

Cet ouvrage est issu des actes du deuxième colloque international consacré à Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc (1814-1879), qui s'est tenu au château de Pierrefonds les 24 et 25 septembre 2010. Il explore, de la perception empirique et poétique du matériau constructif jusqu'à son façonnage et sa mise en œuvre, les déclinaisons des actes intellectuels et manuels de Viollet-le-Duc bâtisseur, maître d'œuvre, et non plus seulement théoricien.

D'une part, en amont de l'acte constructif, il s'agit d'investir le rapport intime et théorique que Viollet-le-Duc entretient avec les matériaux, et de saisir ce qui relève plus de l'acte poétique que de l'accomplissement théorique.

D'autre part, notamment par l'analyse des sources, souvent inédites, inhérentes à l'histoire des chantiers entrepris par Viollet-le-Duc (parmi lesquels Amiens, Vézelay, Sens, Pierrefonds, Clermont-Ferrand), il s'agit d'appréhender la réalité matérielle du chantier viollet-le-ducien : démarches engagées pour l'achat de la pierre ou des essences de bois ; critères de choix des carrières, des entrepreneurs, des matériaux ; évaluation de la place et du rôle du métal dans la restauration... Cette rencontre invite également à s'interroger sur les techniques de façonnage et de mise en œuvre, ou encore sur le rôle déterminant de la couleur, comme outil mais aussi comme expression ornementale.

LOOKING TOWARD THE FUTURE

Arnaud Timbert

Art historian, Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

ABSTRACT

This book is the outcome of the Second International Viollet-le-Duc Symposium at the Château de Pierrefonds on September 24–25, 2010. Its contributors investigate the different forms of Viollet-le-Duc's intellectual and practical accomplishments as builder and overseer, not only as a theoretician, from his empirical and poetic perception of building materials to their shaping and implementation.

We have striven, on the one hand, to investigate Viollet-le-Duc's personal and theoretical relationship to his materials, prior to his actual work with building, and have sought to understand aspects of his work that have more to do with poetic creation than with implementing theory.

On the other hand, we have endeavored to understand the physical reality of Viollet-le-Duc's building projects, notably by analyzing often unpublished documents relating to the history of his restoration and construction sites (among them Amiens, Vézelay, Sens, Pierrefonds and Clermont-Ferrand). We have examined his efforts to acquire stone and timber; the criteria guiding his choice of quarries, building contractors and materials; his assessment of the place and role of metal in restoration work. Our 2010 encounter was also an invitation to probe Viollet-le-Duc's techniques of stonecutting and building, not to mention the decisive role of color as a tool and a means of ornamental expression.

EN MARCHÉ VERS L'AVENIR

Arnaud Timbert

Historien de l'art, université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Les Actes de ce deuxième colloque international de Pierrefonds s'inscrivent dans la continuité des recherches engagées sur Viollet-le-Duc depuis l'exposition de 1965. L'ouvrage produit à cette occasion par Pierre-Marie Auzas dévoile les diverses facettes de l'architecte en traitant, sur le fondement d'une abondante documentation, du voyageur, du restaurateur, du constructeur et de l'écrivain. Apparurent alors avec plus de netteté que par le passé le caractère protéiforme de Viollet-le-Duc et la difficulté de le confiner dans une de ces catégories : le romantique passionné semblait s'opposer au théoricien rationaliste, le restaurateur se confondait au constructeur, le promoteur de l'art moderne au défenseur du néogothique. Viollet-le-Duc était, pour reprendre l'expression de François Loyer, « mis en morceaux ».

La génération des années 1970 amplifia le phénomène, chaque chercheur, selon sa formation et les orientations méthodologiques du temps – nous songeons en particulier à l'interprétation sémiotiques de ses écrits – puisa dans l'homme comme l'on choisit des objets précieux dans les tiroirs d'un médaillier. Les uns étudiaient le théoricien et l'auteur des *Entretiens* tandis que les seconds envisageaient l'archéologue et l'auteur du *Dictionnaire de l'architecture avant d'entreprendre celui du Dictionnaire du mobilier*. Ainsi, les publications, entre autres, de Geert Bekaert, de Françoise et Philippe Boudon, de Louis Grodecki, de Jacques Gubler et d'Hubert Damish déployaient sur toute son étendue l'éventail de la diversité viollet-le-ducienne.

L'étude de l'œuvre théorique finit cependant par l'emporter et favoriser la production d'analyses, d'une rare sensibilité, abordant l'intimité de l'homme, son imaginaire, sa poétique, sa pensée scientifique et politique à la faveur d'une remise en contexte dans le XIX^e siècle. Ces études, offertes par Laurent Baridon, Martin Bressani, Pierre Frey, Jean-Michel Leniaud ou encore Jean-Paul Midant ont considérablement renouvelé notre regard. Si Viollet-le-Duc reste cependant le terrain de débats vigoureux, l'homme nous apparaît aujourd'hui débarrassé de la lourde gangue du temps : il se détache de ses œuvres pour rejaillir sur elles et favoriser leur interprétation ; il s'extrait de la masse épaisse du XIX^e siècle de telle sorte que l'on comprend mieux ce que l'un doit à l'autre. Reste cependant que l'homme de la matière, l'architecte, le restaurateur en tant que praticien, est moins connu que l'architecte et le restaurateur en tant qu'écrivain. Le constat surprend pour celui qui fut « l'auteur de la seule réforme que connut l'École des Beaux-Arts au XIX^e siècle », réforme qui tenta de déplacer un enseignement fondé sur les valeurs esthétiques vers les réalités matérielles et techniques de la construction. Il paraissait donc légitime d'en revenir à des sujets peut-être moins intellectuels en apparence mais plus fondamentaux et d'aborder l'homme frontalement en proposant un thème précis : le choix des matériaux et des techniques de construction.

En tant que spécialiste de l'architecture médiévale, si ce sujet m'a paru évident, ce n'est peut-être pas le cas pour tous. Qu'il me soit donc permis d'insister sur le fait que c'est un médiéviste, Louis Grodecki, qui a participé au renouveau des études sur Viollet-le-Duc tandis que d'autres, de la même formation, tels Francis Salet, Jacques Henriot et, plus récemment Peter Kurmann, l'investissaient d'une manière plus ponctuelle mais avec autant d'acuité. Les investigations à orientations matérielles de ces chercheurs sont inhérentes à celle du médiéviste, dont la méthode implique d'asseoir le raisonnement sur « une critique d'authenticité », à savoir : sur l'analyse précise des modifications et restaurations effectuées, après le Moyen Âge, sur le monument étudié.

Cette démarche possède en elle-même un non-dit pervers, celui d'estimer qu'il n'est rien d'authentique dans l'édifice en dehors de l'œuvre médiévale, faisant ainsi peser sur les restaurations de monuments historiques en général, et sur l'œuvre de Viollet-le-Duc en particulier, un jugement néfaste. En revanche, cette méthode impose de connaître la nature des matériaux employés par les restaurateurs, les outils utilisés pour les façonner, les techniques choisies pour les mettre en œuvre de manière à pouvoir distinguer avec précision ce qui, dans l'œuvre médiévale, revient aux artisans du Moyen Âge et à ceux des périodes postérieures. Le médiéviste a donc une approche matérielle et archéologique du XIX^e siècle que n'ont pas les autres chercheurs, dont la préoccupation est principalement liée à l'histoire des chantiers de construction et à l'étude des formes.

À cette réalité, fondée sur la méthode propre à l'histoire de l'art, il faut associer le développement, depuis les années 1980, des outils proposés par l'archéologie du bâti. Celle-ci a défini avec précision les champs de l'analyse stratigraphique appliquée aux élévations, fixé les objets et les limites de l'analyse matérielle, tout en s'interdisant les jugements de valeur et les partitions chronologiques. Cette prise de possession globale des monuments suscite ainsi une étude aussi précise des strates médiévales que des strates contemporaines.

C'est dans la perspective identique d'une investigation non cloisonnée que, en 2006, nous avons agrégé nos compétences avec celles d'Isabelle Pallot-Frossard afin d'investir les monuments restaurés ou construits par Viollet-le-Duc à travers les matériaux et les techniques de construction. Jusqu'en 2011, douze mémoires ont été soutenus sur le sujet grâce à l'aide des ingénieurs du Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH) – Lise Leroux en particulier¹. Il s'agissait non pas d'étudier l'organisation du chantier des monuments investis et d'en écrire l'histoire mais de comprendre quels étaient les critères (archéologiques, économiques, architectoniques, esthétiques, voire historicistes) retenus par Viollet-le-Duc pour le choix des matériaux et des techniques. Il convenait à la fois de mieux connaître le praticien et son imaginaire, de confronter les méthodes du bâtisseur et celles du restaurateur.

Ce colloque est donc né de ce programme de recherche mais également de l'intérêt de plus en plus marqué des historiens de l'art pour la matérialité du bâti. Il s'inscrit à cet égard dans la continuité des journées d'étude initiées par B. Baudez sur les « Grands chantiers et matériaux » ou par B. Phalip et J.-F. Luneau sur « Restaurer au XIX^e siècle » et fonctionne de concert avec l'émergence d'une discipline en recherche d'identité : l'histoire de la construction. Ce second colloque de Pierrefonds, à la fois, donc, s'intègre dans le prolongement des recherches offertes sur Viollet-le-Duc depuis 1965 et emprunte la voie du renouvellement thématique et méthodologique.

1. Quesnoit (Antoine), « L'église Sainte-Marie-Madeleine à Vézelay : identification et recherche de l'origine des pierres de taille employées lors de la restauration de l'édifice entre 1840 et 1859 », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, L. Cadot-Leroux, A. Timbert. Bongart (Christine), « La pierre dans le chantier de reconstruction du château de Pierrefonds », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2008, 2 vol. Bonnin (Marie-Clémentine), « La pierre dans le chantier de restauration de l'abbatiale de Saint-Denis », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2008, 2 vol. Burette (Nicolas), « Les matériaux dans le chantier de construction de la sacristie de la cathédrale de Paris », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2008, 2 vol. Derouette (Marie), « La pierre dans le chantier de restauration de la cathédrale Notre-Dame d'Amiens », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2008, 2 vol. Leonet (Pauline), « La pierre dans le chantier de construction de l'église Saint-Denis-de-l'Estrée », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2008, 2 vol. Navarro (Nicolas), « Les matériaux dans le chantier d'achèvement de la cathédrale de Clermont » mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2008, 2 vol. Paumier (Cathie), « La polychromie à Pierrefonds : interprétation matérielle et analyse formelle », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2008, 2 vol. Alard (Florie), « Fer, fonte et plomb chez E.-E. Viollet-le-Duc : l'exemple de Pierrefonds », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2008, 2 vol. Decamps (Aline), « La couleur de l'architecture chez E.-E. Viollet-le-Duc : la faïence, la tuile vernissée et le vitrail », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2008, 2 vol. Durox (Cyrielle), « Le décor polychrome des chapelles de la cathédrale Notre-Dame d'Amiens : œuvre d'E.-E. Viollet-le-Duc », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2008, 2 vol. Ribaneneira (Marie-Laure), « La mise en couleur des chapelles rayonnantes de la cathédrale Notre-Dame de Paris : œuvre de Viollet-le-Duc », mémoire de master I, 4^e année, sous la dir. d'I. Pallot-Frossard, A. Timbert, 2011, 2 vol.

Ainsi, à travers des monuments aussi divers que les cathédrales de Clermont-Ferrand, de Paris et d'Amiens, les châteaux de Pierrefonds et d'Abbadia ou encore les basiliques de Saint-Denis et de Vézelay, les contributions du présent volume investissent la réalité matérielle du chantier Viollet-le-Ducien par le biais des démarches engagées pour l'achat de la pierre. Elles appréhendent les raisons qui contribuèrent au choix des carrières, évaluent les critères qui présidèrent à celui des essences de bois – bois dont on parle peu, pour le XIX^e siècle industriel mais qui reste très présent sur le chantier pour les cintres, les échafaudages, les outils de levages et de calages. Les interventions s'attachent par ailleurs à mesurer la place et le rôle du métal dans la restauration (boulon, liaisonnage au plomb...) autant que l'apport de nouveaux matériaux comme le zinc et le goudron et, plus largement, des nouvelles méthodes de protection telles que la silicatisation. Ces contributions proposent enfin de prolonger les regards au-delà de la nature des matériaux pour identifier et analyser les outils de façonnage (manuel ou mécanique) et les techniques de mise en œuvre.

La démarche sérielle qui consiste à égrener les monuments en les soumettant au même protocole d'analyse pourrait paraître peu séduisante, voire ennuyeuse. Elle est néanmoins nécessaire. Il en résulte les données essentielles à l'approche comparative, seule capable d'éclairer les constances et les inconstances de l'architecte dans le choix d'un matériau, d'une technique ou le maniement d'un outil. Elle procure aussi des informations sur la porosité que Viollet-le-Duc autorise entre les chantiers de construction et de restauration : les charpentes hybrides, à bois et métal, d'Aillant-sur-Tholon, Pierrefonds, Saint-Denis-de-l'Estrée ou Vézelay en témoignent. Cette agrégation d'informations illustre sa volonté de prolonger, au-delà des formes, la nature géologique des monuments restaurés, en retournant aux ventres de ces derniers par une recherche assidue des carrières. Enfin, l'étude systématique des chantiers rend compte d'un nombre limité d'entrepreneurs engendrant, par conséquent, une certaine uniformité matérielle de production.

Une approche du praticien ne pouvait être menée par les seuls archéologues, historiens et historiens de l'art. C'est pourquoi le dernier volet de ces Actes s'attarde sur le façonnage actuel de la matière. Cette dernière étape, qu'il était logique de placer sous les regards d'Étienne Poncelet, rappelle l'influence exercée par l'œuvre théorique de Viollet-le-Duc sur la recherche architecturale contemporaine. Comme le souligne parfaitement Pierre de Lagarde en son temps, Viollet-le-Duc reconnaissait « une incontestable parenté entre les bâtisseurs des cathédrales et les constructeurs des premiers buildings américains agençant comme des ogives leurs poutrelles de fer ». L'influence que ces écrits théoriques exercèrent sur Le Corbusier, Perret, Wright ou Sullivan en témoignent. La source d'inspiration qu'ils constituent encore aujourd'hui, comme le laissent apprécier les contributions de Maria Rita Campa, Luc Tamborero, Giuseppe Fallacara et Maurizio Brocato, confirme que le génie particulier de Viollet-le-Duc est d'avoir compris que l'étude du passé, outre le fait de nourrir et de construire le présent, est le plus sûr moyen de bâtir l'avenir.

Il ne s'agit pas, toutefois, de limiter l'investigation à ces seules questions. Comme l'indique la première partie de ces Actes, réservée à Martin Bressani et Richard Etlin, une place est offerte aux démarches à vocation introspective. Aussi convenait-il d'investir, en amont de l'acte constructif, le rapport intime, poétique, théorique, mystique et, parfois, quasi alchimique que Viollet-le-Duc entretient avec les matériaux, dévoilant un homme dont le rationalisme est un prétexte à la profondeur. Martin Bressani décrit ainsi un Viollet-le-Duc attentif à la nature extrinsèque et intrinsèque de la matière tandis que Richard Etlin fait le portrait d'un architecte pour qui la poésie de l'esthétique et celle de la structure sont au cœur de la pensée architecturale. En somme, comme en témoigne par ailleurs la vocation quasi anthropologique de ces chantiers de restauration, Viollet-le-Duc projette dans les monuments sa quête d'immatériel, son romantisme en espérance de vérité.

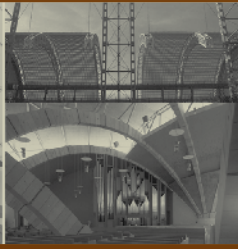
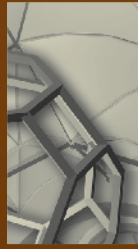
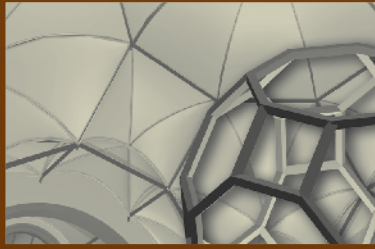
De la perception empirique et poétique du matériau constructif à son façonnage et à sa mise en œuvre, les déclinaisons des actes intellectuels et manuels du bâtisseur sont ainsi le lieu commun des échanges. Par la multiplicité des regards, le sujet traité, nous l'espérons, servira l'écriture de l'histoire et viendra alimenter les recherches en cours sur Viollet-le-Duc.

Ces Actes, en effet, ne sont jamais qu'un maillon dans une chaîne opératoire d'une rare densité. Il y a, autour de Viollet-le-Duc, une dynamique en marche de par le monde ; aussi attendons-nous avec impatience l'ouvrage que lui consacre Martin Bressani autant que les thèses de Suzann Schlesinger de l'université de Tübingen, de Yusuké Enami de l'Institut technologique de Kyoto, ou encore de Viviane Delpéch de l'université de Pau. Il faut également souhaiter la publication des mémoires soutenus sur le sujet² autant que celle du travail d'habilitation de Solange Michon sur « Viollet-le-Duc, imagier du Moyen Âge (université de Berne, 2006) et de la thèse de Francesca Lupo³.

Comme l'écrit Bruno Foucart : « Viollet-le-Duc n'est pas seulement à revisiter, mais à découvrir. »

2. J. van Brevem, *Viollet-le-Duc und die Alpen*, université de Hambourg, 2005 ; G. Magni, *La Façade occidentale de la cathédrale de Clermont-Ferrand*, université de Fribourg, 2003.

3. F. Lupo, « Les techniques de voûtement dans les monuments bâtis par Eugène Viollet-le-Duc », thèse de doctorat sous la dir. de Rosalba Ientile, université polytechnique de Turin (Italie) et Arnaud Timbert, université Charles-de-Gaulle-Lille 3, 2009.



[Sommaire >>](#)

[Contents >>](#)

I.

VIOLLET-LE-DUC INTIME DE LA MATIÈRE



LE RÔLE DU MATÉRIAU DANS L'ACTE CRÉATIF SELON VIOLLET-LE-DUC

Martin Bressani

Professeur, université McGill, Montréal (Canada)

RÉSUMÉ

Le matériau occupe une place paradoxale dans la doctrine du style de Viollet-le-Duc. D'une part, ce dernier insiste à plusieurs reprises sur le respect que doit l'artiste à la nature du matériau. D'autre part, fidèle à l'étymologie du mot style, il demande que le matériau porte la « marque » du créateur. Dans l'article « Style » du *Dictionnaire raisonné*, Viollet-le-Duc explique que l'homme doit se servir des produits naturels comme de « matériaux » auxquels il impose un ordre qui n'y existe pas préalablement. L'artiste doit donc faire « perdre à la nature son style » pour y substituer « celui que son génie sait parfois évoquer. » Il conclut : « Pour que le style repa- raisse, il faut qu'un nouveau principe, comme un souffle, vienne animer ces matériaux. » L'œuvre qui a du style – celle qui est produite par un acte créatif authentique – suppose donc que le matériau « perde sa nature » afin que l'œuvre se dote d'une vie propre. Une « réanimation » du matériau est le principe de base.

La communication suit les conséquences de ce paradoxe sur deux aspects importants de la théorie du gothique et de l'histoire de l'architecture en général selon Viollet-le-Duc : premièrement, sur la différence qu'il établit entre le roman et le gothique vers 1852 ; deuxièmement, sur la distinction qu'il fera plus tard entre les traditions constructives sémitiques et aryennes. C'est en suivant la pensée de Viollet-le-Duc sur cette dernière polarisation entre Aryens et Sémites – donc en abordant son discours sur la race – qu'il conviendra de dégager comment, chez lui, le matériau et ses techniques d'utilisation sont dépositaires d'une mémoire séculaire.

VIOLLET-LE-DUC'S VIEW OF THE ROLE OF MATERIALS IN THE CREATIVE ACT

Martin Bressani

Professor at McGill University, Montreal (Canada)

ABSTRACT

Materials are assigned a paradoxical place in Viollet-le-Duc's doctrine of style. On the one hand, the architect repeatedly stresses the respect that the artist owes to the nature of the material. On the other, in keeping with the etymology of the word "style," he wishes the material to bear the artist's "mark." In an article on "Style" in his *Dictionnaire raisonné* (Analytical Dictionary), Viollet-le-Duc explains that man must use natural materials, to which he brings an order that was not present before. The artist must thus "divest nature of its style" to replace it with "that which his genius is sometimes able to evoke." He concludes with these words: "For style to reappear, a new principle, a new breath of life, must be imparted to the material." Thus, by implication, a work possessing style – one that is produced by a genuine creative act – is one in which the material is "stripped of its nature," allowing it to take on a life of its own. The fundamental principle is that of "breathing new life" into materials.

My paper investigates the repercussions of this paradox on two important aspects of Viollet-le-Duc's theory of the Gothic style and of architectural history in general. Firstly, I look at the difference he establishes around 1852 between the Romanesque and Gothic styles. Secondly, I examine his subsequent distinction between Semitic and Aryan building traditions. By addressing his thought on the latter polarity – thus touching on his discourse on race – I will attempt to show how in his view building techniques and materials are depositaries of an age-old memory.

LE RÔLE DU MATÉRIAU DANS L'ACTE CRÉATIF SELON VIOLLET-LE-DUC

Martin Bressani

Professeur, université McGill, Montréal (Canada)

De tous les théoriciens de son siècle, Viollet-le-Duc est celui qui a le plus insisté sur l'idée selon laquelle l'architecture doit se conformer à la nature des matériaux. Ni Pugin ou Ruskin en Angleterre, ni Schinkel, Boetticher ou Semper dans le monde allemand, ni même les rationalistes Labrouste ou Reynaud en France, n'ont accordé autant d'importance à ce précepte. La pensée de Viollet-le-Duc sur le sujet peut se résumer à la formule suivante :

« Construire, pour l'architecte, c'est employer les matériaux en raison de leurs qualités et de leur nature propre, avec l'idée préconçue de satisfaire à un besoin par les moyens les plus simples et les plus solides¹. »

Cette phrase sentencieuse, tirée de l'article « Construction » du *Dictionnaire raisonné*, a été écrite vers la fin de l'année 1858 – donc à la période de maturité de Viollet-le-Duc. Mais dès ses premiers écrits, celui-ci insiste sur l'importance de l'emploi correct des matériaux. En 1845, dans les *Annales archéologiques*, il écrit : « L'architecture [doit] savoir, non pas soumettre les matériaux d'une manière absolue à la forme, mais elle-même se prêter à leurs qualités et en profiter [...]. [La cathédrale de Chartres est] l'œuvre de gens entreprenants et maîtres de la matière². »

Nous reviendrons sur l'expression *maître de la matière*, qui évoque la dénomination à connotation maçonnique, en vogue au XIX^e siècle, *magister de lapidibus vivis* (le maître des pierres vives). Pour le moment, retenons que, selon Viollet-le-Duc, la forme architecturale doit se soumettre à la nature des matériaux. Ce précepte est tellement simple qu'on peut supposer qu'il a toujours été inhérent à la discipline. On le retrouve, par exemple, dans le *Cours d'architecture* de Jacques-François Blondel : « [L'architecte doit] connaître la qualité, les propriétés & l'emploi des différents matériaux qui doivent être unis ensemble dans la bâtisse. Sans [cela], il ne saurait y avoir d'architecture véritablement habile³ [...]. »

On doit souligner cependant que ce passage de Blondel est tiré du tome V de son *Cours d'architecture*, volume dédié à la construction et aux aspects pratiques de la discipline. Le respect des matériaux est absent des préceptes généraux de l'art énoncés dans les premiers volumes du célèbre cours. On peut d'ailleurs saisir la valeur toute relative du discours sur les matériaux dans la théorie néoclassique en parcourant les leçons de Jean Louis Nicolas Durand. Ce dernier écrit bien, au début de son *Précis des leçons d'architecture*, qu'« il faut que les matériaux qui servent à la construction [...] soient employés avec intelligence⁴ ». Mais, plus loin, quand il s'étend plus longuement sur cet aspect, il tend à relativiser l'importance de la nature des matériaux : « On peut ranger les formes et les proportions [en architecture] en trois classes : celles qui naissent de la nature des matériaux et de l'usage des objets à la construction desquels ils sont employés; celles dont l'habitude nous a fait en quelque sorte un besoin, telles que les formes et les proportions que l'on remarque dans les édifices antiques; enfin, celles qui, plus simples et plus déterminées que d'autres, doivent obtenir chez nous la préférence, à cause de la facilité que nous avons à les saisir. Les premières sont les seules essentielles; mais elles ne sont pas tellement fixées par la nature des choses, que l'on ne puisse y ajouter, y retrancher, en sorte que rien n'empêche d'y allier les deuxièmes, celles des édifices antiques : et, comme celles-ci varient beaucoup dans les édifices grecs qu'ont imités

1. Viollet-le-Duc, 1854-1868, vol. 4, p. 1.

2. Id., 1845, p. 324.

3. Blondel, 1877, t. V, p. 137.

4. Durand, 1823, vol. 1, p. 37.

les Romains, [...] on est libre de choisir entre elles les formes et les proportions qui, étant les plus simples, sont les plus propres, en apportant de l'économie dans les édifices, à satisfaire davantage l'œil et l'esprit⁵. »

En bref, la nature des matériaux doit être considérée, mais cet aspect n'est pas assez déterminant pour forcer l'architecte à abandonner l'ordonnance classique et, surtout, la simplicité géométrique préconisée par Durand. Ce passage résume bien la pensée néoclassique sur le thème de la « nature des matériaux » véhiculée autant par Blondel et Boullée que plus tard par Rondelet et Quatremère de Quincy.

Ce très bref détour historique vers le néoclassicisme – dont le corpus théorique constitue la première formation de Viollet-le-Duc – permet de saisir combien l'importance grandissante conférée à la nature des matériaux au XIX^e siècle est un phénomène spécifique à celui-ci. L'histoire de la progression de l'idée au début du siècle serait trop longue à entreprendre ici ; qu'il suffise de mentionner que le respect des matériaux acquiert de l'importance au début des années 1830 dans les écrits de Léonce Reynaud et Gabriel Laviron, et bien sûr dans l'enseignement d'Henri Labrousse. Mentionnons aussi qu'au sein de la Commission des monuments historiques on accorde une nouvelle importance aux matériaux dans une perspective de conservation des bâtiments.

Quelles que soient les sources du précepte au début du XIX^e siècle en France, on connaît la portée qu'il aura par la suite dans l'architecture moderne. La « nature des matériaux » devient une sorte de mantra pour les modernistes. Dans les écrits de Louis Sullivan et de Frank Lloyd Wright, par exemple, la doctrine acquiert un caractère quasi mystique. Ainsi le raconte Wright dans son autobiographie à propos de sa découverte de la nature des matériaux : « [...] j'ai alors commencé à étudier la nature des matériaux, à apprendre à les voir. J'ai appris à voir la brique comme brique, à voir le bois comme bois, et à voir le béton, ou le verre ou le métal. Voir chacun de ces matériaux comme une chose en soi, entièrement spécifique. [...] Une forme appropriée pour un matériau ne le serait pas du tout pour un autre. Du moins, pas suivant l'idéal spirituel de simplicité en tant que plasticité organique. [...] il ne pouvait y avoir une architecture organique si on ne tenait pas compte de la nature des matériaux [...] »⁶.

Wright souligne les termes *plasticité organique*. Ailleurs, il explique ainsi le concept : « Ce mot essentiel de *plastique* veut dire que la qualité et la nature des matériaux sont mises en forme de manière « fluide et croissante » (« *flowing and growing* » *into form*) plutôt que d'être utilisé de façon additionnelle, en tant qu'éléments détachés [...] »⁷.

Ces passages de Wright illustrent comment le discours sur la « nature des matériaux » aura tendance à glisser, tout au long du XIX^e siècle, vers une sorte de mystique de la matière, produit d'une lecture vitaliste et théosophique du monde dont, aux États-Unis, Louis Sullivan sera le principal thuriféraire. Une architecture qui respecte la « nature des matériaux » en est une qui se forme de façon organique, comme une plante.

Les sources de cette pensée vitaliste sont extrêmement variées, mais il ne fait aucun doute que l'influence de l'école française, en particulier de Viollet-le-Duc, ait été déterminante. Essayons donc d'approfondir comment Viollet-le-Duc conçoit ce précepte du « respect de la nature des matériaux ». Les citations de Wright nous sont utiles parce qu'elles nous permettent de prendre conscience que cette conception n'est peut-être pas si transparente qu'elle paraît au premier abord.

5. Durand, 1823, vol. 1, p. 53-54.

6. Wright, 1943, p. 148 (trad. Martin Bressani).

7. Id., 2008, p. 80 (trad. Martin Bressani).

Disons d'emblée que les matériaux sont une des plus grandes préoccupations de Viollet-le-Duc : à peu près tous les articles du *Dictionnaire raisonné* abordent la question. Il faut dire que ce manuel en dix volumes était conçu comme un guide pour les architectes diocésains ; il devait donc aborder cette dimension éminemment pratique du travail du restaurateur. Si l'on analyse en détail ce discours – c'est ce que j'ai fait en relevant systématiquement tous les passages où il aborde la question dans son *Dictionnaire raisonné* et ses *Entretiens* –, on se rend vite compte que c'est le respect de la nature du matériau qui prime sur toute autre considération. L'idée peut paraître évidente, mais ce n'est pas toujours le cas. Chez le théoricien allemand Gottfried Semper, par exemple, ce sont les transpositions formelles d'un matériau à un autre qui l'intéressent. D'ailleurs, bien que rebattue, la doctrine du respect des matériaux n'est pas sans une certaine ambivalence chez Viollet-le-Duc. Comparons par exemple les deux citations suivantes, tirées respectivement des volumes 1 et 2 du *Dictionnaire raisonné* : « Non-seulement [sic] l'architecture française du XIII^e siècle adopte des formes diverses en raison des besoins auxquels elle doit satisfaire, mais encore nous la voyons se plier aux matériaux qu'elle emploie. Si c'est un édifice de brique, de pierre ou de bois qu'elle élève, elle donne à chacune de ces constructions une apparence différente, celle qui convient le mieux à la nature de la matière dont elle dispose. [...] Le judicieux emploi des matériaux distingue les constructions du XIII^e siècle entre celles qui les ont précédées et suivies⁸. »

« [...] à cette époque [dernières années du XIII^e siècle], l'architecture adoptée est tellement impérieuse, absolue, qu'elle ne tient plus compte de la nature des matériaux, même dans l'exécution des détails de la sculpture⁹. »

Voici deux citations qui se contredisent l'une l'autre, et je pourrais multiplier les exemples : d'une part, Viollet-le-Duc répète que l'architecture gothique du XIII^e siècle inaugure une nouvelle époque dans l'histoire de l'architecture par son souci du respect des matériaux ; d'autre part, il répète presque aussi fréquemment que le gothique cherche à transcender cette « nature des matériaux ». On saisit bien l'idée d'une transcendance du matériau dans la description suivante de l'aventure gothique selon Viollet-le-Duc : « Voici des rationalistes (qu'on me passe le mot), des artistes qui suivent un principe vrai, à tout prendre, en se conformant aux règles les plus rigoureuses de la logique ; qui prennent, pour bâtir, de la pierre de taille, c'est-à-dire une matière qui est formée de manière à être employée par superposition, par assises, en un mot : par conséquent, les lignes principales de leurs constructions doivent donc être horizontales. Point ; après un demi-siècle de recherches, de combinaisons toutes plus ingénieuses les unes que les autres, ils arrivent, au contraire, à faire dominer dans leurs édifices la ligne verticale sur la ligne horizontale, et cela sans cesser un instant de suivre les conséquences du principe vrai qu'ils ont posé¹⁰. »

Les artistes gothiques suivent un principe avec une logique rigoureuse, et cette rigueur du principe les pousse même à dépasser la logique inhérente à la nature des matériaux. Parmi les passages les plus explicites sur le sujet, sont ceux où Viollet-le-Duc compare l'architecture antique à celle du Moyen Âge, par exemple : « [...] les architectes laïques en France [...], les premiers, [...] commencent, dans l'ère moderne, la grande lutte de l'homme intellectuel contre la matière brute. Les constructeurs de l'antiquité sont les alliés et souvent les esclaves de la matière, ils subissent ses lois ; les constructeurs laïques du moyen âge se déclarent ses antagonistes, ils prétendent que l'esprit doit en avoir raison, qu'il doit l'assujettir, et qu'elle obéira¹¹. »

8. Viollet-le-Duc, 1854-1868, vol. 1, p. 153-154.

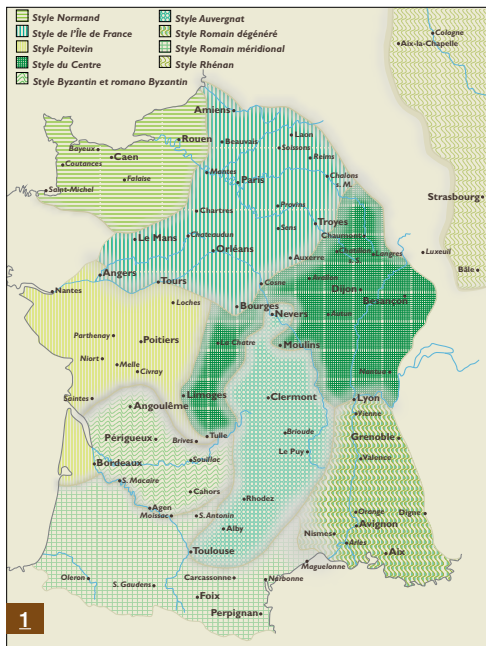
9. Id., 1854-1868, vol. 2, p. 538.

10. Id., 1854-1868, vol. 4, p. 242.

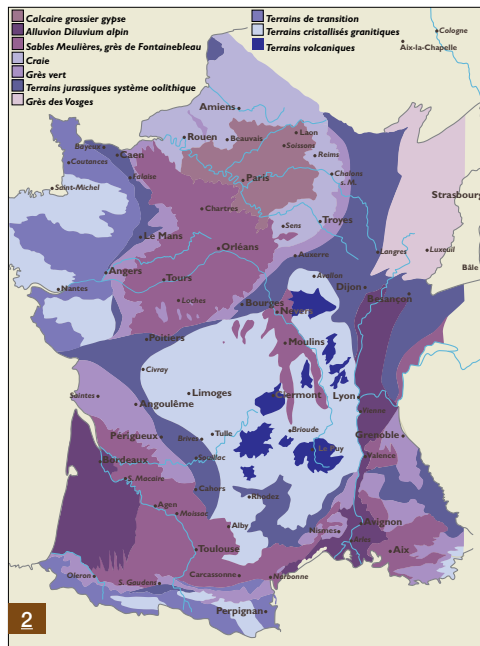
11. Id., *ibid.*

LE RÔLE DU MATÉRIAU DANS L'ACTE CRÉATIF SELON VIOLLET-LE-DUC

Martin Bressani



1. Viollet-le-Duc, dessinateur, et F. Penel, graveur, *Revue de l'architecture et des travaux publics*, 1852, « Division de la France, par styles pendant les XI^e et XII^e siècles », pl. 14.



2. Viollet-le-Duc, dessinateur, et F. Penel, graveur, *Revue de l'architecture et des travaux publics*, 1852, « Division géologique de la France », pl. 15.



3. Viollet-le-Duc, dessinateur, et F. Penel, graveur, *Revue de l'architecture et des travaux publics*, 1852, « Division féodale de la France », pl. 16.

Cette idée se trouve déjà dans l'article que Viollet-le-Duc publie dans la *Revue générale de l'architecture* en 1852, un an avant le début de la publication du *Dictionnaire raisonné* : « On reconnaît par cette définition sommaire les différences profondes qui séparent et sépareront toujours [les] civilisations [antiques et modernes] : dans l'une, le culte de la matière, la soumission à ces lois ; dans l'autre, au contraire, l'état permanent de révolte contre la matière, la prépondérance de la science, et la victoire du spiritualisme¹². »

Cette distinction radicale entre les civilisations antique et chrétienne, Viollet-le-Duc la retrouve à même le Moyen Âge : elle sépare le roman du gothique. Alors que l'architecture romane est assujettie à un respect presque servile des matériaux, l'architecture gothique transcende la matière en poursuivant cet élan national qui se développe d'abord dans les communes de l'Île-de-France, de la Champagne et de la Bourgogne, et ensuite à travers tout le pays. Voilà comment il explique cette différence : « [...] à l'époque [féodale] où l'art de bâtir se développait séparément dans chaque province, la nature géologique du sol [a] eu une grande influence sur les constructions. Tandis que plus tard, lorsque tous ces efforts séparés se furent réunis pour former un art central qui à son tour réagit sur les provinces, les matériaux durent se prêter jusqu'à un certain point à la loi commune¹³. »

Pour illustrer son propos, Viollet-le-Duc fait graver dans la *Revue générale* trois cartes de la France à l'époque féodale : la première montre la division du territoire par styles architecturaux (ill. 1) ; la seconde, par zones géologiques (ill. 2) ; la troisième illustre les divisions politiques au X^e siècle (ill. 3). En comparant ces trois planches, Viollet-le-Duc démontre que la division par styles se rapproche plus de la division géologique que de la division politique. Autrement dit, les architectes de l'époque féodale suivent la nature des matériaux qu'ils trouvent dans le sol de leur région : le « génie provincial » est à l'œuvre. Au contraire, à l'époque gothique, les architectes, aspirés par un mouvement irrésistible à l'échelle du pays, délaissent la logique des matériaux.

12. Viollet-le-Duc, 1852, col. 246.

13. Id., 1852, col. 351.

C'est un phénomène historique sans précédent. À partir de ce moment, décrit Viollet-le-Duc : « le génie provincial perd de son originalité pour se fondre dans une seule architecture, qui s'étend successivement sur toute la superficie de la France¹⁴ ».

Le foyer de cette transformation se trouve en Île-de-France, mais le mouvement s'étend rapidement, si bien que dans les régions les plus éloignées du centre sont érigés des édifices qui, en relation avec leur contexte, « sont de véritables exceptions, des monuments exotiques ne se rattachant pas aux constructions indigènes de ces contrées¹⁵ ». Le processus d'unification de la France, car c'est évidemment de ce phénomène politique qu'il s'agit, est conçu par Viollet-le-Duc comme une énergie vitale qui parcourt le pays entier, territoire conçu comme un corps organique tel que l'avait décrit Michelet dans son remarquable *Tableau de la France* de 1833.

À l'époque romane, les architectes respectent ainsi les matériaux trouvés localement ; à l'époque gothique, les maçons laïques dépassent la logique du matériau. Dans un cas, l'architecte est assujéti au matériau ; dans l'autre, il le transcende. On arrive ainsi à comprendre que ce qui, plus tôt, apparaissait comme une contradiction reflète en fait deux façons différentes de comprendre la matière : une relation « passive » face aux matériaux est remplacée par une relation « active », ce contraste entre « passif » et « actif », d'inspiration vaguement alchimique, étant la clé de voûte de la pensée viollet-le-ducienne.

Il est intéressant de suivre cette idée, ou cette distinction, chez Viollet-le-Duc. Elle se retrouve au cœur de sa doctrine du style, autrement dit au cœur même de sa théorie de la créativité. Le « style », pour Viollet-le-Duc, décrit cette qualité particulière qu'acquiert les ouvrages humains quand ils sont le produit d'un acte créatif véritable, analogue aux productions de la nature vivante. On retrouve dans la définition du style de Viollet-le-Duc la même aporie que l'on a observée dans sa description de l'architecture gothique. D'une part, il suppose le respect des matériaux : « Le style ne s'obtient qu'à ces conditions, savoir : que la matière étant donnée, la forme d'art qu'elle revêt ne soit que la conséquence harmonieuse de ses propriétés adaptées à la destination ; que l'emploi de la matière soit proportionnel à l'objet¹⁶. » Mais quelques pages plus loin, il est redéfini comme un principe qui doit transcender le matériau : « Dans l'ordre créé qui nous entoure, et qui est mis, pour ainsi dire, à notre disposition, tout ce que l'homme touche, arrange, modifie, perd le style, à moins que lui-même ne puisse manifester un style en introduisant un ordre sorti de son cerveau au milieu du désordre qu'il a produit. [...] Pour que le style reparaisse, il faut qu'un nouveau principe, comme un souffle, vienne animer les matériaux¹⁷. »

Une fois appropriées par l'architecte, les pierres perdent leur style naturel, en quelque sorte. Pour que le style reparaisse, un souffle doit réanimer les matériaux ; mais quelle est la nature de ce souffle qui anime ?

On pourrait être tenté de restreindre la portée de l'expression et de n'y voir qu'une image pour décrire un principe de nature rationnelle. Mais ce serait oublier que cette expression du « souffle qui anime » est très familière dans la tradition ésotérique. Les stoïciens, les hermétistes, tout autant que les alchimistes, soutiennent que le *pneûma* (c'est-à-dire le souffle générateur) habite et anime les corps, et l'on n'a que l'embaras du choix pour trouver une citation pertinente. En voici une tirée de la belle traduction, par le poète et helléniste Louis Ménéard, du corpus d'Hermès Trismégiste publié en 1866, l'année même où Viollet-le-Duc écrit l'article « Style » : « [...] après avoir fourni les forces créatrices et le souffle générateur pour l'universalité des êtres à venir, [Dieu] se retira, promettant de joindre aux œuvres visibles un souffle (in)visible et un principe reproducteur [...]¹⁸. »

14. Viollet-le-Duc, 1854-1868, vol. 1, p. 150.

15. Id., 1854-1868, vol. 1, p. 223.

16. Id., 1854-1868, vol. 8, p. 486.

17. Id., 1854-1868, vol. 8, p. 489.

18. *Hermès Trismégiste*, 1866, p. 184.

LE RÔLE DU MATÉRIAU DANS L'ACTE CRÉATIF SELON VIOLLET-LE-DUC

Martin Bressani

Viollet-le-Duc qui, dans son atelier de la rue Condorcet, aimait à porter une toge et un chapeau dignes de Merlin, aimait les vieux grimoires. Il possédait dans sa bibliothèque les écrits d'Hermès Trismégiste, c'est-à-dire le *Corpus Hermeticum*, source de la pensée alchimique, dans une rare traduction italienne de la Renaissance, datant de 1549¹⁹. Mais a-t-il vraiment eu le temps de lire ce vieil ouvrage en italien ? Je crois plutôt qu'il aura tiré l'expression du *Timée* de Platon, dialogue dans lequel l'âme est décrite comme souffle de vie générateur, réalité intermédiaire entre le sensible et l'intelligible, cause de mouvement et amenant la connaissance.

Mon but cependant n'est pas de suivre la pensée de Viollet-le-Duc jusque dans ses sources ésotériques. L'important est de savoir quel intérêt il pouvait trouver à s'amuser avec de telles références. Le souffle dont il parle n'est évidemment ni celui de Platon ni celui de Plotin ou d'Hermès Trismégiste. Il s'agit de quelque chose de plus moderne, l'expression d'une volonté technique, qui coïncide de façon approximative avec le mythe démiurgique de la création dans la philosophie néoplatonicienne. Viollet-le-Duc conçoit en effet l'acte créatif comme l'instauration d'une nouvelle vie au sein des matériaux : « Le style est, pour l'œuvre d'art, ce que le sang est pour le corps humain ; [...] et comme l'on dit : le sang humain, [...], on doit dire : le style, quand il s'agit de cette puissance qui donne un corps et la vie aux œuvres d'art²⁰. »

Le style est une puissance vitale et le matériau, le véhicule de cette puissance. Viollet-le-Duc pose ainsi les termes d'une esthétique de la volonté. L'idée trouve son articulation la plus claire dans un passage de l'article « Serrurerie » du *Dictionnaire raisonné* écrit la même année que l'article « Style » : « Plus la matière est revêche, plus, lorsque l'homme la travaille, elle doit s'imprégner de la marque de sa volonté. Elle n'exprime la puissance de cette volonté que si l'artisan tient compte des propriétés mêmes de cette matière, que s'il la rend docile en manifestant clairement ces propriétés²¹. »

Ici le souffle qui anime devient la « marque » de la volonté humaine. La notion de « marque » s'accorde d'ailleurs bien à l'étymologie du mot *style* qui désigne le stylet, ou poinçon de fer dont on se servait dans l'Antiquité pour écrire sur de la cire. Particulièrement intéressante dans ce passage est la deuxième phrase : « La matière n'exprime la puissance de cette volonté que si l'artisan tient compte des propriétés mêmes de cette matière, que s'il la rend docile en manifestant clairement ces propriétés. » L'on ne peut assujettir ou rendre docile que ce que l'on saisit parfaitement. L'artiste technicien doit ainsi trouver, comme l'alchimiste, la clé qui délie la matière et la transforme en une substance active. On retrouve ainsi cette plasticité fluide dont parlait Frank Lloyd Wright.

19. *Il Pimandro di Mercurio Trimegisto*, 1880, p. 129.

20. Viollet-le-Duc, 1854-1868, vol. 8, p. 476.

21. *Id.*, 1854-1868, vol. 8, p. 329.

BIBLIOGRAPHIE

BLONDEL (J. F.), *Cours d'architecture*, Paris, 1877.

DURAND (J. L. N.), *Précis de leçons d'architecture*, Paris, 1823.

Hermès Trismégiste, trad. complète de Louis Ménard, Paris, 1866.

Il Pimandro di Mercurio Trimegisto, trad. de Tommaso Benci, Florence, 1549, item 974 dans le « Catalogue des livres composant la bibliothèque de feu M. E. Viollet-le-Duc », Paris, 1880.

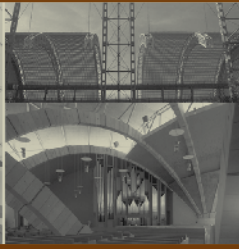
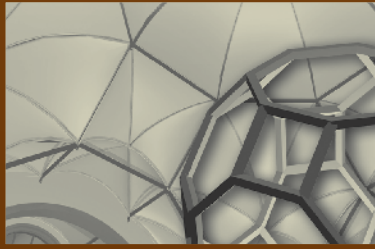
VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, Paris, A. Morel, 1854-1868.

VIOLLET-LE-DUC (E. E.), « Essai sur l'origine et les développements de l'art de bâtir en France, depuis la chute de l'Empire romain jusqu'au XVI^e siècle », *Revue générale de l'architecture et des travaux publics*, vol. 10, 1852, col. 35-42, 74-81, ch. 1, col. 134-146, 242-253, 343-352.

VIOLLET-LE-DUC (E. E.), « De la construction des édifices religieux en France depuis le commencement du christianisme jusqu'au XVI^e siècle », *Annales archéologiques*, vol. 2, 1845, p. 318-330.

WRIGHT (F. L.), *An autobiography*, Petaluma (CA, USA), 1943.

WRIGHT (F. L.), « Kahn Lectures, January 1931 », in *Modern Architecture*, Princeton, 2008.



[Sommaire >>](#)

[Contents >>](#)

II.

VIOLLET-LE-DUC ET LE CHOIX DES MATÉRIAUX



LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION AU CHÂTEAU D'ABBADIA

Viviane Delpech

*Docteur en histoire de l'art, chercheur associée au laboratoire ITEM EA 3002,
université de Pau et des pays de l'Adour (France)*

RÉSUMÉ

C'est sur un promontoire verdoyant dominant l'Océan, au cœur du Pays basque, que Viollet-le-Duc édifia de 1864 à 1879 un château pour un personnage au vécu romanesque, Antoine d'Abbadie. Tandis que l'influence de ce dernier fut déterminante dans l'esthétique finale de l'édifice, l'architecture sut y adapter ses savoir-faire spécifiques.

Le 3 janvier 1810, naît à Dublin Antoine d'Abbadie, fils d'un émigré basque et d'une fille de médecin irlandais. À l'âge de 25 ans, après avoir effectué ses études supérieures en France, il part pour l'Irlande et la Grande-Bretagne, un retour aux sources qui révèle en lui un goût certain pour les châteaux et le Moyen Âge. Deux ans plus tard, c'est vers l'Éthiopie que se tourne Antoine d'Abbadie. Il y séjourne onze années afin d'étudier le peuple éthiopien et, surtout, de réaliser son premier rêve d'enfant : découvrir les sources du Nil. Bien qu'ayant échoué dans cette quête mythique, il consacra tout le reste de sa vie à l'Éthiopie.

En 1864, A. d'Abbadie fait appel à E. E. Viollet-le-Duc pour la réalisation du second de ses rêves de jeunesse : la construction d'un château néogothique. Assisté par son jeune « aide de camp » Edmond Duthoit – une association qui œuvra parallèlement à la restauration du château de Roquetaillade –, l'architecte va concevoir pour son commanditaire une création à la mesure de sa complexe personnalité de et des méthodes qu'il prônait en tant que maître d'œuvre.

En effet, Abbadia est loin d'être un édifice ordinaire. Viollet-le-Duc a su y conjuguer harmonieusement les désirs les plus exigeants d'Antoine d'Abbadie, tout en mettant en application ses principes rationalistes et en y cultivant l'illusion médiévale. C'est particulièrement par les techniques de construction et la diversité des matières, traditionnelles ou novatrices, que se caractérisent l'architecture et l'ornement d'Abbadia. S'y côtoient aussi bien des peintures murales, des stucs, des tapisseries, des céramiques que des toiles peintes et des boiseries murales. Quoique plus rare, l'utilisation du fer est également présente à Abbadia, se faisant l'illustration concrète de certains principes énoncés par Viollet-le-Duc dans ses *Entretiens*. En outre, la diversité de la pierre, du point de vue de l'origine géologique autant que des méthodes de mise en œuvre, porte la marque incontestable de l'architecte restaurateur de Pierrefonds et de Notre-Dame de Paris. En raison de cette variété de matériaux, la polychromie n'est pas en reste : qu'elle soit produite par une même matière ou par la coordination des divers éléments architecturaux, elle se fait le prisme et la voix de l'expression architecturale propre à Viollet-le-Duc.

Aussi convient-il de s'interroger. En quoi ce monument constitue-t-il la concrétisation des enseignements techniques de Viollet-le-Duc relatifs aux matériaux et au rationalisme architectural ? Comment s'articule la richesse de ces matériaux ? Que révèle leur provenance ? En quoi ces spécificités matérielles et techniques font de cet édifice une œuvre résolument contemporaine ?

Par ces questionnements, nous tenterons de lever le voile sur la thématique de la matière, encore inédite à Abbadia, et de mettre en valeur l'application concrète des principes architectoniques de Viollet-le-Duc sur un édifice dont il est intégralement l'auteur.

VIOLLET-LE-DUC'S ARCHITECTURAL AND ORNAMENTAL ECLECTICISM AT THE CHÂTEAU D'ABBADIA

Viviane Delpech

Art historian, ITEM Laboratory, Université de Pau et des Pays de l'Adour (France)

ABSTRACT

Atop a green headland overlooking the ocean, in the heart of the Basque country, Viollet-le-Duc built a castle between 1864 and 1879 for Antoine d'Abbadie, a colorful figure whose life resembled that of a character in a novel. Although the latter exerted a decisive influence on the building's final aesthetic appearance, the architect was nevertheless able to adapt his specific expertise to this project.

D'Abbadie was born in Dublin on January 3, 1810, the son of a Basque immigrant and an Irish physician's daughter. At the age of twenty-five, after completing university studies in France, he left for Ireland and Great Britain, returning to his roots and discovering in himself a passion for castles and the Middle Ages. Two years later he shifted his sights to Ethiopia. He spent eleven years there, studying the Ethiopian people and, chiefly, fulfilling his childhood dream of exploring the sources of the Nile River. Although he failed in this mythical quest, he devoted the rest of his life to Ethiopia.

In 1864, d'Abbadie commissioned Viollet-le-Duc to realize another childhood dream, building a neo-Gothic castle. Assisted by his young "aide de camp" Edmond Duthoit – who worked with him concurrently on restoring the Château de Roquetaillade – the architect designed a building commensurate with d'Abadie's complex personality and with the methods he himself favored as architect and overseer of the project.

Abbadia is indeed no ordinary edifice. While cultivating a medieval look, Viollet-le-Duc managed to combine harmoniously d'Abbadie's most exacting requirements with his own rationalist principles. The castle's architecture and ornamentation are marked in particular by the techniques and the diversity of materials, both traditional and innovative, used in building it. Murals occur in combination with stuccowork, tapestries, ceramics, painted wall hangings and wood paneling. Although less frequent, ironwork is also found at Abbadia, providing a concrete illustration of certain principles set forth in the *Discourses on Architecture*. Moreover, the diversity of the stone, both in terms of its geological origin and the manner in which it is rendered, bears the unmistakable hallmark of the architect-and-restorer of Pierrefonds and Notre Dame Cathedral. Owing to the variety of its materials, the edifice displays a remarkable degree of polychromy, whether produced within a given material or resulting from coordinated architectural elements. It is both the prism and the voice of Viollet-le-Duc's unique architectural expression.

We must thus ask ourselves to what extent this monument is a concrete expression of Viollet-le-Duc's technical lessons concerning materials and architectural rationalism? How are its rich materials combined? What can we learn from their origins? In what way do these material and technical specificities render this building a distinctly contemporary work?

By asking these questions I hope to shed light on the novel thematic of materials at Abbadia and to highlight the architectonic principles that Viollet-le-Duc implemented in a construction that is entirely his own making.

LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION AU CHÂTEAU D'ABBADIA

Viviane Delpech

*Docteur en histoire de l'art, chercheur associée au laboratoire ITEM EA 3002,
université de Pau et des pays de l'Adour (France)*

De retour de son voyage de onze ans en Éthiopie, l'explorateur scientifique Antoine d'Abbadie¹ entreprit la construction de sa demeure, le château d'Abbadia, sur l'un des points culminants de la corniche basque. Représentatif d'un mode de vie basé sur la recherche scientifique, les voyages, la dévotion et les mondanités, cet extraordinaire château néogothique et orientaliste était la propriété d'un homme influent dans la société, curieux et désireux de maîtriser son chantier.

Édifié à partir de 1864, le château d'Abbadia présente la spécificité d'être une création complète de Viollet-le-Duc et Duthoit², tant du point de vue architectural que mobilier ou ornemental. Dans cette construction inédite, comment l'usage des matériaux est-il envisagé ? L'expression des théories de Viollet-le-Duc y est-elle manifeste ? Comment la forte personnalité du commanditaire, Antoine d'Abbadie, a-t-elle influé sur le choix des matériaux et la construction de l'édifice ?

Évoquer le chantier d'Abbadia implique nécessairement de traiter des intervenants délégués par le « maître » en vue de gérer la construction. Régulièrement présent sur les lieux, Duthoit y a joué un rôle fondamental, devenant non seulement un interlocuteur privilégié et un créateur à part entière, mais aussi la voix de Viollet-le-Duc et l'exécutant fidèle de ses théories.

D'autres architectes sont néanmoins mandatés par l'agence parisienne pour surveiller les travaux : Delarocque (1864-1865) et Fréson (1865-1866); ceux-ci succèdent à Darrigol (1855-1864) et précèdent Dartigues (1866-1879), engagés par d'Abbadie. La présence de tous ces interlocuteurs de valeur, mentionnée dans les archives, conduit rapidement à l'amenuisement des échanges entre le maître d'ouvrage et son illustre maître d'œuvre³. Tous destinataires confondus, les fonds traitent principalement de trois matériaux – la pierre, le bois et, dans une moindre mesure, les métaux –, les matières modernes ou ornementales étant évoquées de manière éparse et sans luxe de détails.

L'UTILISATION DES MATÉRIAUX TRADITIONNELS

« Abbadia est bâti en moellons parés et pierres de taille, avec des murs épais de 0,79 cm. La toiture est en tuiles du pays cimentées avec du matériel, posées sur des planches. Les poutres et poutrelles sont à jour et il n'y a de plafonds en plâtre que dans les combles, habités par les domestiques. [...] Les planchers sont en chêne et les entredeux des lambourdes sont bourrés de varech. Au rez-de-chaussée et au premier, les bas des murs sont garnis de boiseries. [...] J'oubliais de vous dire que mes deux tourelles et ma chapelle sont couvertes en ardoises à crochets inférieurs⁴. » (Antoine d'Abbadie, Aragorri, le 11 février 1873).

1. Antoine d'Abbadie (Dublin, 1810–Paris, 1897), d'origine basco-irlandaise. Explorateur, astronome, géographe, linguiste, spécialiste de l'Éthiopie et du Pays Basque. Élu à l'Académie des Sciences en tant que correspondant en 1852 et comme membre à la section de géographie et de navigation en 1867. Marié mais sans descendance, il légua son château et tous ses biens à l'Académie des Sciences en 1895.

2. Viollet-le-Duc est l'auteur du plan, des élévations, de certaines sculptures ; Duthoit a réalisé les décors et le mobilier.

3. Leur correspondance a lieu principalement au cours des premières années du chantier, au moment le plus propice à l'évocation des matériaux nécessaires au gros œuvre.

4. Volume de copies-lettres Q, fol. 347, Arch. Abb. AS.

LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION AU CHÂTEAU D'ABBADIA

Viviane Delpech



1. Abbazia, le soubassement et son appareil polygonal en pierre de Béhobie.

2. Au premier plan, la pointe Sainte-Anne et sa pierre rouge. Au centre, le château d'Abbadia au cœur de la propriété d'Antoine d'Abbadie. Les ressources sont à proximité. C. Rebière-Balloïde Photo.

Sauf mention particulière, toutes les photographies sont de l'auteur.

La pierre

De provenance locale, l'appareil polychrome distingue deux types de calcaire, respectivement dans le soubassement et les étages plus nobles. L'emplacement traduit les propriétés attribuées aux divers types de pierre par Viollet-le-Duc.

Ainsi les architectes ont-ils eu recours au calcaire de Béhobie, qui affleure au sud-sud-est d'Hendaye. C'est un calcaire à grains fins, de tonalité grise à noire⁵, dont la dureté justifie la disposition en appareil polygonal et la localisation dans le soubassement de l'édifice, garantissant stabilité et solidité de fondation (ill. 1). Cette pierre fournie par Ibarboure provient de la carrière de Teillatubaita, située à 3 kilomètres du château.

Quant aux murs de parement, ils sont constitués en grande partie de calcaire de Lasseube « blanc à blanc crème parfois un peu rose ou rougeâtre⁶ » et taillé en petit appareil. Ce calcaire se trouve à profusion à la pointe Sainte-Anne –lieudit Larrekayx– et dans la baie de Loya, sur la propriété de d'Abbadie, à 500 mètres du chantier. La pierre de Larrekayx fut la première utilisée pour le parement, jusqu'à son épuisement (ill. 2). En 1865, on se tourna donc vers la carrière d'Etchegoyen à Fontarrabie⁷. Delarocque traita avec ce dernier parce que son « moellon est du moellon rose, c'est le seul qui puisse se tailler à 0.19c de hauteur sans trop de déchet et celui aussi qui est le plus commun dans les carrières. [...] je me suis assuré que c'était celui qui se prêtait le mieux à la maçonnerie assisée ».



5. La pierre de Béhobie est également connue sous le nom de pierre de Fontarrabie. Un inventaire pétrographique d'Abbadia a été réalisé par Raoul Deloffre. Deloffre, s.l.s.d.

6. Deloffre, s.l.s.d., p.1.

7. Située à 5 km. Volume de copies-lettres P, fol. 272 et 273, Arch. Abb. AS.

LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION AU CHÂTEAU D'ABBADIA

Viviane Delpech



3. Abbadia, appareil polychrome des façades en calcaire de Lasseube.

Le carrier s'engagea à livrer un moellon de « treize centimètres de hauteur d'assise sur une longueur moyenne de quarante centimètres et trente-cinq centimètres de queue⁸ », encore parfaitement identifiable. En s'adressant à Fontarrabie, Delarocque entendait avant tout se procurer une pierre noirâtre, qu'il finit par débusquer à un coût plus avantageux dans un gisement de Béhobie⁹. L'apport de la pierre noire participe d'une composition polychromique édictée par Duthoit. Il répondit à d'Abbadie à la fin de 1864 : « Je crois comme vous qu'il y a un bon parti à tirer des couleurs différentes des pierres. Mais il ne faut point les employer au hasard et je viens vous prier de me dire dans quelles proportions vous [désirez] la pierre rouge et la pierre noire. Aussitôt votre réponse je vous donnerai le moyen de les utiliser pour le mieux. » Il se rendit même à Abbadia pour « prendre les décisions sur place » concernant « l'appareil polychrome¹⁰ ».

L'exploitation des propriétés physiques et esthétiques du calcaire de Lasseube permet d'enrichir l'appareil en lui conférant une fonction manifestement ornementale. À l'instar des procédés étudiés par son maître au Puy-en-Velay ou à Issoire¹¹, Duthoit agença méthodiquement les pierres roses, blanches et noires d'Abbadia afin de constituer un ensemble visuel homogène et géométrique (ill. 3).

À cela s'ajoutent la pierre noire de Laffitenborda ou Teillatubaita sous les bandeaux, la pierre blanche de Sorgin Silo pour les baies, enfin la pierre gris bleuté d'Ascain pour l'escalier de service¹². En somme, la pierre usitée dans le cadre du gros œuvre est issue des environs immédiats du château, dans un rayon de 5 kilomètres : cela facilitait l'acheminement et avait l'avantage de créer un édifice en cohérence matérielle avec son environnement, tel que Viollet-le-Duc le recommandait. Ce fut en connaissance de cause que l'architecte opta pour ce parti de la proximité puisque, pour élaborer son projet, il avait préalablement étudié le terrain en s'assurant « que le sable, la pierre et même la pierre de taille se trouvaient sur la propriété à 300 mètres environ du site¹³ ».

Quant à la pierre dédiée au travail plus délicat de l'ornementation, le rayon de fourniture s'élargit sensiblement. Son acquisition a nécessité des délais plus longs, l'ouvrage projeté exigeant une pierre aux propriétés bien précises. De surcroît, d'Abbadie négociait les prix strictement. Par sa diversité pétrographique, le porche est une synthèse des pierres de type ornemental présentes à Abbadia : pierre grise d'Ascain pour la face interne, dalles gréseuses violacées de la Rhune pour les marches et le pavement, pierre de Béhobie à l'extérieur, ainsi que pierre de Crazannes, blanc crème, pour les arêtes de la voûte et le portail d'entrée. Cette diversité géologique correspond à une richesse esthétique voulue par Duthoit pour dynamiser la sobriété de l'ensemble architectural. L'architecte suggéra immédiatement la pierre blanche pour sa malléabilité, favorisant l'économie, et son esthétisme. Par la suite, il argumenta sur l'importance des propriétés de cette matière vis-à-vis du projet, « l'étude devant être différente suivant la nature des matériaux employés¹⁴ ». Duthoit finit par avoir gain de cause puisque cette pierre se trouve là où précision et solidité sont requises : sous le porche, mais aussi dans l'abside et l'arc triomphal de la chapelle¹⁵.

8. Pièces n° 147 et 207, Carton Construction du Château, Arch. Abb. AS.

9. Gisement exploité par J.-B. Legarralde. Pièces n° 252 et 253, Carton Construction du Château, Arch. Abb. AS.

10. Pièces n° 64 et 65, Carton Construction du Château, Arch. Abb. AS.

11. Viollet-le-Duc, s.d., article « Appareil », p. 31.

12. Pièces n° 110 et 148, Carton Construction du Château, Arch. Abb. AS ; Soulu, 2009.

13. Volume de copies-lettres O, fol.153, Arch. Abb. AS.

14. Pièces n° 60 et 63, Carton Construction du Château, Arch. Abb. AS.

15. Volume de copies-lettres P, fol. 336 – Volume de copies-lettres N, fol. 254, Arch. Abb. AS.

LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION AU CHÂTEAU D'ABBADIA

Viviane Delpech

Pour acquérir ce matériau après quelques tentatives infructueuses de son régisseur et de Dartigues, d'Abbadie mit à profit ses relations amicales. Il s'adressa ainsi à l'abbé Inchauspé, qui la lui obtint à un prix raisonnable en février 1868. La pierre blanche fut directement puisée dans les réserves du chantier de restauration de la cathédrale de Bayonne et acheminée à 50 mètres du chantier¹⁶ : c'est ainsi que cette pierre parcourut seulement 40 kilomètres au lieu des 350 qui séparaient Abbadia de la carrière, ce qui représenta un gain de temps et d'argent considérable.

Pour rendre enfin la finesse d'exécution indispensable au bestiaire, on opta pour des matériaux tendres, à la teinte foncée, dont le fond dessiné confère une sorte de réalisme aux sujets représentés. Deux types de pierre se distinguent, correspondant aux deux phases chronologiques et géographiques de réalisation, mais leur origine exacte est difficile à déterminer : la pierre du bestiaire du porche proviendrait de Béhobie ou d'Arudy¹⁷ ; plus tardif, le bestiaire de l'observatoire serait en pierre de Mutriku¹⁸, village situé à 79 kilomètres de là, après la frontière espagnole ; un ami basque la lui aurait procurée (ill. 4).

Dans le cas de matériaux très spécifiques, d'Abbadie n'hésitait donc pas à solliciter ses connaissances, qui offraient le double avantage d'être des interlocuteurs de confiance et géographiquement mieux placés.



4. Abbadia, bestiaire de l'observatoire, probablement en pierre de Mutriku : un singe scrutant les cieux avec une lunette.

Le bois

Il fallut compter à peu près la même amplitude géographique pour obtenir la fourniture massive de bois.

Cependant, à Abbadia, autant Viollet-le-Duc laissa toute liberté à ses délégataires dans le domaine de la pierre, autant la complexité de l'assemblage du bois l'incitait à se manifester, schémas à l'appui. Bien qu'il estimât le sapin du Nord « très suffisant pour la charpente et les planchers¹⁹ », d'Abbadie préférait avoir recours au chêne ou au pin : il lui était en effet économiquement plus intéressant d'exploiter ses propres bois d'Arrast ou de traiter avec un fournisseur de son choix²⁰. C'est pourquoi presque tous les planchers, comme la charpente, sont faits de bois de chêne ou de pin acheminé par petite vitesse jusqu'à Hendaye. Les deux hommes s'accordèrent cependant sur le choix du chêne pour le montage des planchers, dont les lambourdes « valent mieux que celles en sapin », à condition de respecter certaines proportions.

16. Lettre d'Inchauspé, 6 février 1868, 152 J 296, Fonds Antoine d'Abbadie, ADPA.

17. Selon le premier inventaire pétrographique, il s'agit de pierre de Béhobie (Deloffre, s.d. – Soulu, 2009). Cependant l'hypothèse émise par Joseph Canérot, professeur en géologie, lors d'une communication orale en juillet 2010, peut être corroborée par certaines archives. Ce sujet nécessite donc d'autres investigations et approfondissements.

18. Lettre de Tirso de Olazabal, 11 juin 1879, correspondance Virginie d'Abbadie, Arch. Abb. AS.

19. Pièce n° 54, Carton Construction du Château, Arch. Abb. AS.

20. À 120 km, près de Mauléon, Arrast est le village d'origine du père d'Antoine d'Abbadie ; s'y trouve la maison familiale Abbadia. Volume de copies-lettres N, fol. 140 et 141, Arch. Abb. AS.

En outre, si le plafond à la française fut privilégié, c'est parce que laisser les poutres apparentes assure leur tenue dans le temps. Viollet-le-Duc intervint à plusieurs reprises au sujet des planchers, transmettant des indications techniques à un d'Abbadie aussi investi que curieux. L'une de ses démonstrations se terminait ainsi : « Si on veut que les planchers soient absolument sourds, jeter du varech entre les vides parce que le varech ne brûle point et est très sain, n'attirant pas les insectes²¹. » Aussi l'exploitation des données de la matière lui permit-elle d'être toujours au service de la fonctionnalité et du confort, conformément à ses théories.

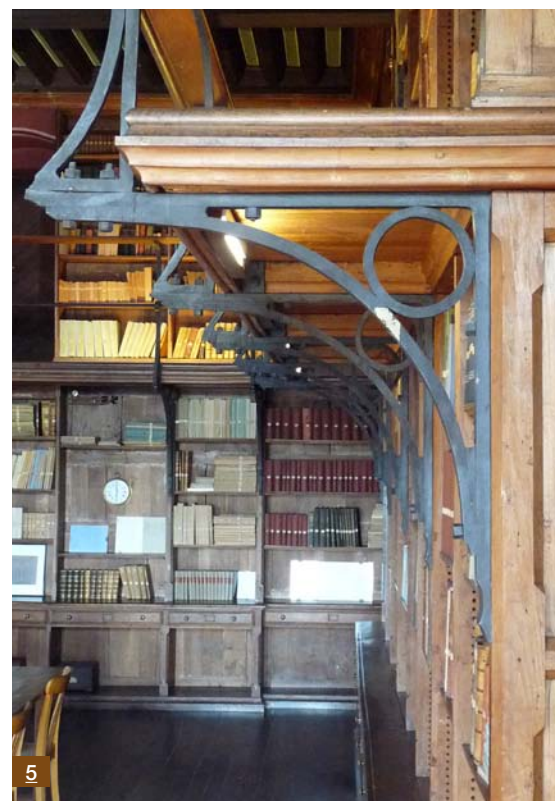
Pour le lieu essentiel qu'était la bibliothèque²², les architectes choisirent le châtaignier, certainement davantage pour sa qualité d'imputrescibilité que pour sa propriété répulsive des parasites. De fait, Viollet-le-Duc considérait que « le châtaignier n'éloigne pas les araignées. Cette propriété est valable pour tous les bois purgés car les insectes ou les araignées n'y trouvent pas d'intérêt à cause du manque de sève²³ ». Cette essence robuste et durable fut également employée pour les panneaux de porte du sous-sol²⁴, propice à l'humidité et au pourrissement du bois. Avec ses tablettes modulables, la bibliothèque présente un assemblage fonctionnel et moderne car adaptable. Si l'on en connaît les menuisiers, Destouesse et Caillou, assignés en procès par d'Abbadie, en revanche la provenance du bois demeure incertaine.

L'UTILISATION DES MATÉRIAUX MODERNES ET D'ORNEMENTATION INTÉRIEURE

Au cours de cette construction, l'usage des matériaux récemment adoptés en architecture révèle les motivations du commanditaire, dévoilant des enjeux économiques mais aussi esthétiques.

Les a priori d'Antoine d'Abbadie

À Abbadia, le fer est principalement employé dans la bibliothèque pour ses qualités structurelles et esthétiques (ill. 5). Tout d'abord, sa rigidité permet de constituer une armature fondamentale – dont des consoles – que Viollet-le-Duc préconisait apparente pour davantage de durabilité. « Mais il est clair qu'en employant cette matière, il faut lui donner les formes qu'elle comporte²⁵. » Duthoit s'est largement inspiré des travaux de son maître pour concevoir cette structure portante. Dans les *Entretiens*, la démonstration relative aux consoles de fer est complètement transposable à Abbadia. En d'autres termes, les poussées sont dirigées vers l'arrière et le bas, optimisant l'équilibre des masses. En outre, l'esthétisme du fer favorise sa légèreté visuelle. Par une sorte d'abnégation matérielle, il met en valeur le reste de l'assemblage, le bois, en s'effaçant devant lui, tout en garantissant solidité et durabilité à la galerie accueillant le poids des livres et des hommes. Ces consoles furent forgées par un ferronnier d'Irún, Emparamar, vers 1870 : c'était un choix économique de la part de d'Abbadie, malgré une réglementation drastique qui compliquait le passage à la frontière en raison



5. Abbadia, bibliothèque.
Les consoles en fer de la galerie supérieure.

21. Pièce n° 47 et 48, Carton Construction du Château, Arch. Abb. AS ; Viollet-le-Duc, s.d., article « Bois », p. 212.

22. Abbadia était un lieu d'étude pour son propriétaire. En plus de l'observatoire astronomique et géophysique, sa bibliothèque abritait plus de 10.000 ouvrages à la fin de sa vie. Deux de ses collections sont aujourd'hui conservées à la Bibliothèque nationale de France : environ 300 manuscrits éthiopiens et 1 200 ouvrages basques.

23. Viollet-le-Duc, s.d., article « Bois », p. 216.

24. Volume de copies-lettres P, fol.90, Arch. Abb. AS.

25. « La fonte de fer possède des propriétés de rigidité considérables, comme chacun sait ; elle a une durée illimitée, car elle se décompose moins facilement que le fer laminé ; et placée à l'air libre, comme points d'appui, en évitant les assemblages compliqués et les causes de rupture, on peut la considérer comme défiant l'action du temps. », Viollet-le-Duc, 1978, 11^e entretien, t. 2, p.44-45.



6. Abbadia, escalier en bois peint ajouré avec motifs de boulons.

de la situation politique espagnole²⁶. Les architectes auraient peut-être souhaité un emploi du fer plus prégnant. Cette fois encore, c'est le commanditaire, peu enclin à son utilisation, qui imposa son choix. Aussi écrivait-il à son homme d'affaires de Lyon en 1874 : « Mon expérience de la construction m'autorise à improuver le projet de soutenir un mur par des pièces de fer. Les architectes aiment beaucoup l'emploi du fer parce qu'il est plus élégant et que souvent il est plus économique. Cependant on en voit le danger lors d'un incendie, car le fer cède alors en amenant la chute du mur et il s'ensuit souvent la mort d'homme sans compter l'augmentation des dégâts. Le fer rompt sans aucun signe d'avertissement. De toute façon je préfère la pierre soit taillée soit en moellons maçonnés. La brique bien cuite est encore préférable au fer²⁷. »

Voilà certainement pourquoi le fer est si peu présent à Abbadia, malgré la démonstration d'innovation de la bibliothèque et son emploi très éparé ailleurs.

Duthoit exploita toutefois les données esthétiques du métal lors de la création de décors, faisant un clin d'œil à un goût contemporain en architecture qui n'était pas celui de d'Abbadie. Il composa des motifs peints représentant des ferronneries sur les corbeaux de l'escalier d'honneur et les poutres des galeries du premier étage. Il imagina de surcroît un escalier à vis mauresque en bois peint dont les motifs de boulons donnent l'illusion du fer (ill. 6). Serait-ce une allusion aux enseignements et intuitions de son maître ? Viollet-le-Duc affirmait en effet que « les escaliers en bois sont amenés à disparaître pour être remplacés par les escaliers en fer, fabriqués déjà de la façon la plus économique et qui présentent cet avantage de ne pas donner d'aliment au feu et de ne pas tasser par suite de la dessiccation du bois, ainsi qu'il arrive souvent à nos escaliers modernes²⁸ ». Même si d'Abbadie évoquait le fer dans la maçonnerie, il s'avère que les deux hommes ne s'accordaient pas quant à ses propriétés. L'architecte s'adapta, dans la mesure du possible, à la volonté de son commanditaire.

26. L'Espagne était en plein second conflit carliste. Volume de copies-lettres P, fol. 158, Arch. Abb. AS.

27. Volume de copies-lettres R, fol. 248, Arch. Abb. AS. Il convient de noter que le fer avait été employé dans la construction du premier observatoire, qui n'avait donné aucune satisfaction à d'Abbadie. Il le fit détruire.

28. Viollet-le-Duc, s.d., t. 2, p. 310.

LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION AU CHÂTEAU D'ABBADIA

Viviane Delpech



7. Abbadia, couverture majoritairement en zinc.
C. Rebière-Balloïde Photo.



8. « Je tiens beaucoup à ce que dans ces limites de distance [100 m], la ligne brisée des créneaux se détache sur le ciel » (Antoine d'Abbadia).
Carte postale, 1901 ; Académie des sciences, archives du château d'Abbadia.

En revanche, le zinc, matériau économique, avait les faveurs de d'Abbadia, mais Duthoit le dissuada d'en user pour la réalisation d'épis de faîtage : « Je ne saurais assez vous en détourner c'est une économie qui vous coûtera plus cher que la dépense première à faire. »²⁹ Si les crêtes en métal ont aujourd'hui disparu, c'est pourtant bien le zinc qui couvre la quasi-totalité du château (ill. 7). Ce choix s'expliquerait par un souci d'économie financière, mais aussi par les exigences architecturales du commanditaire. D'Abbadia souhaitait en effet que la ligne de faîtage soit complètement dissimulée par les créneaux à une distance de 100 mètres et que « dans ces limites de distance la ligne brisée des créneaux se détache sur le ciel ». Des terrasses semblaient constituer la meilleure solution. En réponse, Viollet-le-Duc fit une mise au point courtoise, bien qu'ayant consenti aux modifications désirées, loin d'être les premières : « Il sera nécessaire pour arriver à un achèvement dans les conditions convenables de ne point faire de changements dans les toitures. Je ne pourrai prendre la responsabilité de toitures pentes qui vous coûteraient les plus grands inconvénients. Il est donc nécessaire d'admettre les toitures avec les pentes données par les dessins [...]. Je vous demanderai encore de lui [Fréson] laisser exécuter, sans changements, les détails que je lui enverrai et qui sont affaire de métier. Cela est nécessaire pour obtenir de bons résultats³⁰. »

C'est parce qu'il fallait une couverture en terrasse, seule en mesure d'associer l'exigence du commanditaire à l'efficacité technique, que l'on aurait eu recours au zinc (ill. 8). Cette nécessité coûta sa place à Delarocque qui pourtant, selon Viollet-le-Duc, « s'y entendait en charpente et en couverture ».

Quant au ciment de Portland, d'Abbadia nourrissait certaines réticences à son égard. En 1867, confronté au désir d'y renoncer que manifestait le commanditaire, Dartigues regrettait ce matériau dont il louait les performances « surtout pour les parties exposées au mauvais temps. Le ciment de Portland est à prise lente et se laisse par conséquent employer avec toute la facilité désirable. Le mortier de chaux, serait-il fait, même avec de la chaux de Theil, n'empêchera pas l'humidité de traverser vos murs aux vents d'Ouest, de Sud-Ouest et de Nord-Ouest, je le crains beaucoup. Si c'est dans un but économique [...], vous pourriez réaliser cette économie sur toutes les parties exposées au beau temps³¹ ».

29. Pièce n° 88, Carton Construction du Château, Arch. Abb. AS.

30. Pièces n° 12 et 44, Carton Construction du Château, Arch. Abb. AS.

31. Pièce n° 124, Carton Construction du Château, Arch. Abb. AS.

LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION AU CHÂTEAU D'ABBADIA

Viviane Delpech



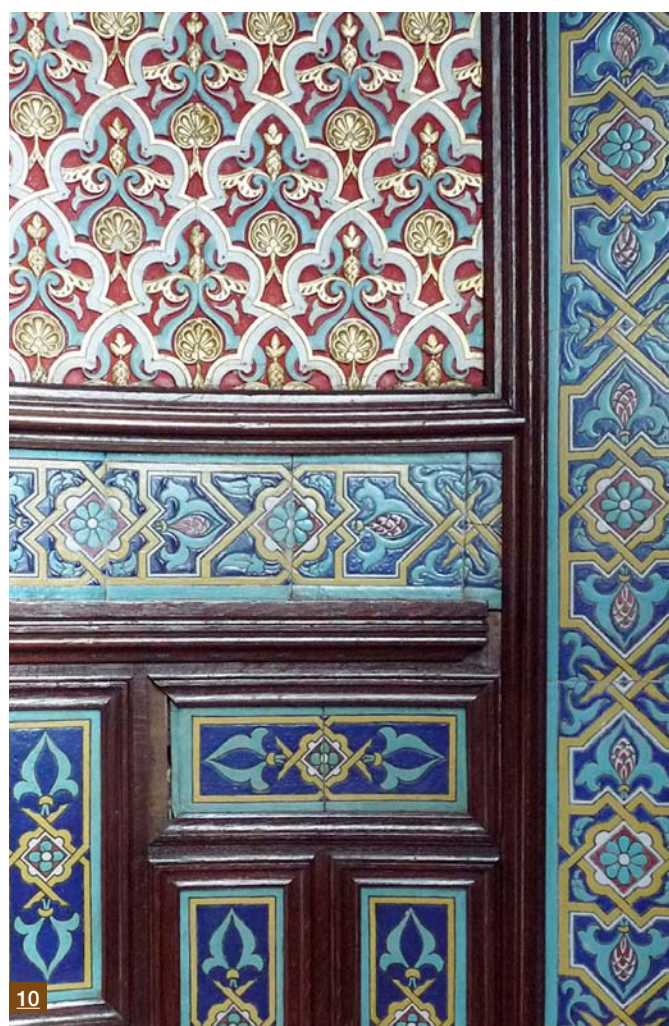
9. Abbadia, jointement
à la rencontre de deux façades.
À gauche, façade nord de l'aile est :
mortier de ciment.
À droite, façade est de l'observatoire :
mortier de chaux hydraulique.

10. Abbadia, fumoir.
Les panneaux de stuc et de faïence
enchâssés dans les boiseries de chêne.

Pourtant, en dépit de l'argument économique avancé par d'Abbadie, d'abondantes commandes de ciment de Portland furent passées à Lacoïn, armateur à Bayonne. Le ciment fut utilisé pour la pose des carrelages du rez-de-chaussée, ainsi que pour le jointement de certaines façades parce que l'exposition océanique extrême avait, à l'époque, donné raison à Dartigues au sujet de la chaux (ill. 9).

Les matériaux d'ornementation architecturale

La céramique architecturale fut introduite par Viollet-le-Duc comme un signe de modernité. Bien que souvent préconisée pour l'extérieur, à Abbadia elle est localisée à l'intérieur. Ce fut Léon Parvillée³² qui la conçut et l'exécuta. Cet artisan céramiste, disciple de Viollet-le-Duc avait pour objectif de s'approprier les principes techniques et ornementaux persans du XVI^e siècle. Il réitéra à Abbadia le procédé qu'il avait déjà présenté à l'Exposition universelle de 1867, « des carreaux de revêtement en terre cuite à l'émail stannifère et au décor polychrome persan³³ ». Les propriétés de la terre cuite associées à l'émail favorisent des formes voluptueuses et des bas-reliefs, l'ornement et la matière étant interdépendants. En somme, Parvillée estimait que, dans l'art oriental, les dessins « ne variaient plus que par les matières employées et par le genre de main-d'œuvre que permettaient ces matières³⁴ ». À Abbadia, ses œuvres sont situées dans les foyers de cheminée, les tableaux de fenêtres ainsi que dans le fumoir, où il conçut un arc outrepassé à colonnettes et des panneaux muraux (ill. 10). Ces localisations



32. Léon Parvillée (1830-1885). Illustre céramiste et ancien élève de Viollet-le-Duc, il était également architecte, restaurateur, décorateur. Il avait restauré la ville de Brousse, en Turquie, détruite à la suite d'un tremblement de terre et avait notamment conçu le pavillon de l'Empire Ottoman pour l'Exposition universelle de 1867.

33. Schneider-Manuch, 2002.

34. Parvillée, 1874, p. 10-12. Viollet-le-Duc a signé la préface de cet ouvrage.

correspondent globalement aux idées de Viollet-le-Duc qui vantait les matériaux « hydrofuges, lisses, polis », comme la faïence, pour leurs vertus isolantes et leur facilité d'entretien³⁵. Leur emplacement se veut fonctionnel et raisonné, prévenant les dégradations intérieures ou extérieures. Nécessitant un nettoyage régulier, ces lieux se devaient de recevoir une matière pratique à l'usage et durable, ce qui est parfaitement le cas de la faïence selon Viollet-le-Duc.

Le stuc, quant à lui, n'est présent que là où il est apparu indispensable de sculpter finement et régulièrement, c'est-à-dire là où sa malléabilité caractéristique est utile. En l'occurrence, les principaux stucs d'Abbadia sont localisés dans le fumoir, pièce où les minutieux décors orientalistes étaient de mise dans la seconde moitié du XIX^e siècle (ill. 10). « Avant de tracer l'image, [il convient] de savoir avec quels matériaux on pourra la traduire³⁶. » De fait, ce matériau est parfaitement approprié aux ornements de style arabe, qui exigent à la fois complexité et régularité mathématique d'exécution, mais il n'est d'aucune nécessité technique là où la décoration consiste massivement en application d'enduits peints et non sculptés. La seule référence à ce matériau apparaît dans un cahier de comptes en tant que « plâtre artistique³⁷ », lequel fut acheminé par voie ferroviaire jusqu'à Hendaye.

À Abbadia, le stuc est inséré dans une armature de boiseries de chêne foncé, tout comme la céramique émaillée de Parvillée. La structure de bois a été prévue suffisamment profonde pour que les plaques ciselées et les faïences soient d'aplomb et solidaires. Cette méthode, commentée dans les *Entretiens*, facilite la mise en place et la durabilité des matériaux.

Conclusion

Diversité et richesse, donc, caractérisent la matière du château d'Abbadia. Viollet-le-Duc et ses collaborateurs y ont allié matériaux traditionnels et innovations architecturales. Il s'agissait d'utiliser pleinement les ressources à disposition en privilégiant des critères tels que l'environnement et le contexte géographique, surtout pour les commandes massives, mais aussi l'économie, les techniques et les technologies –matières innovantes–, enfin l'esthétique –car la matière fait la forme. La démarche a consisté à harmoniser fonctionnalité, stabilité, pérennité et bon goût.

En cela, Abbadia traduit à l'évidence les théories de son architecte. Mais dans le cadre d'une telle commande privée, la volonté du commanditaire a elle aussi joué un grand rôle. Viollet-le-Duc était loin de l'ignorer, notamment lorsqu'il évoquait l'argument économique : « On veut paraître, on veut avoir ses aises, mais on entend que cela ne doit pas coûter trop cher³⁸. » D'Abbadie, aussi romantique que rationnel, se montra très interventionniste dans ce chantier, quitte à commettre parfois des erreurs et à recommencer, en tenant compte des conseils des hommes « de métier ». S'octroyant dans les faits le rôle du maître d'œuvre, il dira à plusieurs reprises qu'il est son « propre entrepreneur ». Sa vision à la fois pragmatique et onirique a fortement inspiré et modelé le « génie » du chantier. Viollet-le-Duc, Duthoit et leurs hommes ont su composer avec cette forte personnalité, s'adaptant à ses désirs ou imposant leurs choix par la raison sans pour autant perdre de vue leurs idées.

Le château d'Abbadia constitue ainsi un condensé des théories viollet-le-ducienne en termes de matière et de construction parce que l'on peut déceler un exemple de chacun de ses principes dans cette œuvre d'art totale.

35. Viollet-le-Duc, s.d., t. 2, p. 334.

36. Pour ce point et l'agencement de plaques dans une structure en bois, cf. Viollet-le-Duc, s.d., t. 2, p. 42.

37. « Livre de caisse Aragorri commencé le 15 juin 1867 par Recalt. Fini le 2 octobre 1881 par Etchepare », p. 71v, Arch. Abb. AS.

38. Viollet-le-Duc, s.d., t.2, p.279.

BIBLIOGRAPHIE

DARBOUX (G.), *Notice historique sur Antoine d'Abbadie*, Paris, Stedi, 2001.

DELOFFRE (R.), *Inventaire pétrographique de la construction du château d'Antoine d'Abbadie*, s.l.s.d., non publié, Arch. Abb. AS.

PARVILLÉE (L.), *Architecture et décoration turques au xv^e siècle*, Paris, Morel, 1874.

SCHNEIDER-MANUCH (E.), « Léon Parvillée (1830-1885), parcours d'un pionnier de la céramique architecturale », *Revue Recherches en Histoire de l'Art*, n° 1, juin 2002.

SOULU (F.), *Étude pétrographique du château d'Abbadie*, [en ligne], in Sud-Ouest blogs, [Réf. du 1^{er} juillet 2010] : <http://hendayehistoire.blogs.sudouest.fr/archive/2009/08/31/etude-petrographique-du-chateau-d-abbadie.html>.

VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du xi^e au xvi^e siècle*, Paris, Librairies-Imprimeries Réunies, s.d.

VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Entretiens sur l'architecture*, Bruxelles, Madraga, 1978.

L'UTILISATION DU MÉTAL DANS LA RECONSTRUCTION DU CHÂTEAU DE PIERREFONDS PAR VIOLLET-LE-DUC

Florie Alard

Diplômée de l'École du Louvre, associée au programme de recherche

« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

RÉSUMÉ

Aucun document historique ou objet archéologique, à l'instar du donjon du château de Vincennes, n'indique que le château médiéval de Pierrefonds était riche en éléments métalliques comme il l'est aujourd'hui après l'intervention de Viollet-le-Duc. C'est un choix de l'architecte de décliner le métal sous différentes formes, fonctions et techniques.

L'architecte emploie le fer et le cuivre pour les éléments de consolidation de la structure du château. Le fer est aussi utilisé pour les charpentes et, avec le cuivre, pour les nombreux éléments de fixation (goujons, vis...). Des installations modernes sont réalisées avec du métal pour des raisons d'hygiène, de sécurité et de confort. C'est le cas pour les chéneaux et descentes des eaux en plomb, les paratonnerres en fer et cuivre. La production de ces divers éléments cachés aux yeux des visiteurs est industrielle.

Viollet-le-Duc emploie aussi certains métaux à des fins esthétiques : le plomb pour les ornements des couvertures, le fer pour les pentures, ferrures de portes et autres éléments de décoration, le bronze pour la statue de Louis d'Orléans. Ces réalisations sont confiées à des artisans et artistes parisiens spécialisés qui reprennent parfois des techniques médiévales.

On retrouve aussi à Pierrefonds des éléments en laiton (plaques de ventilation), en zinc (serrures) et de l'étain (soudures).

Viollet-le-Duc choisit ainsi ces matériaux par pragmatisme plus que par modernisme : il reconnaît avant tout leur qualité, puis leur coût économique. Les écrits théoriques de l'architecte viennent éclairer et justifier cette pratique rationaliste. Plusieurs exemples à Pierrefonds montrent que chaque matériau est choisi en fonction de ses propriétés, de la fonction et de l'endroit auxquels il se destine. Néanmoins, Viollet-le-Duc a commis quelques erreurs dans ses choix, dont le principal est celui des chéneaux en bois de chêne couvert de plomb.

THE USE OF METAL IN VIOLLET-LE-DUC'S RECONSTRUCTION OF PIERREFONDS CASTLE

Florie Alard

Graduate of the École du Louvre

*Associated with the research program "Les matériaux chez Viollet-le-Duc",
LRMH-Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)*

ABSTRACT

No historical documents or archaeological remains, such as the vestiges of the Château de Vincennes's keep, exist to indicate that the medieval castle of Pierrefonds was originally as rich in metal elements as it is today after Viollet-le-Duc's intervention. The use of metal in its different shapes, functions and techniques was the architect's own choice.

The castle's architecture incorporates iron and copper elements to consolidate its structure. Iron is also used for securing roof timbers and, along with copper, in a wide variety of fastenings (pins, screws and the like). Modern appurtenances include metal features for hygiene, safety and comfort. This is notably the case with the lead gutters and drains and the copper and iron lightning rods. These elements, which remain out of sight, were industrially produced.

Viollet-le-Duc also used certain metals for aesthetic reasons: lead for roof ornaments; iron for strap hinges, door fittings and other decorative elements; bronze for the statue of Louis d'Orléans. The production of these items was entrusted to skilled craftsmen and artists from Paris, who in some cases revived medieval techniques.

The metal fixtures at Pierrefonds also include items in brass (vent grilles), zinc (locks) and tin (soldering).

Viollet-le-Duc's choice of these materials reflects a pragmatic rather than a modernist approach, his chief criterion being quality, followed by cost. His writings on theory explain and justify this rationalist practice. Several examples at Pierrefonds show that the materials were chosen in terms of their specific properties, their function and positioning. However, Viollet-le-Duc made a number of errors in his choices, the main one being that of lining oak gutters with lead.

L'UTILISATION DU MÉTAL DANS LA RECONSTRUCTION DU CHÂTEAU DE PIERREFONDS PAR VIOLLET-LE-DUC

Florie Alard

Diplômée de l'École du Louvre, associée au programme de recherche

« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Le château de Pierrefonds a été construit par Louis de Valois, duc d'Orléans, autour de 1392, et achevé vers 1407. Au ^{xvi} siècle et jusqu'en 1616, il constitue un foyer persistant d'opposants à la couronne. Finalement, Richelieu le fait assiéger puis démanteler en 1617 ; le château est donc en ruines quand Napoléon I^{er} le fait racheter par l'État entre 1810 et 1812.

Dans la première moitié du ^{xix} siècle, les ruines de Pierrefonds font l'objet d'un intérêt nouveau. Elles offrent un lieu de promenade pittoresque à la haute société bourgeoise et aristocratique venue des environs et de Paris se reposer dans la ville thermale qu'est à cette époque Pierrefonds, où l'on prend des bains pour se soigner – la ville s'appelait d'ailleurs Pierrefonds-les-Bains. Louis-Philippe y fait même donner un banquet pour célébrer les noces de sa fille en 1832. Enfin, c'est en 1848 que les ruines sont classées monument historique¹.

Le premier projet de reconstruction du château date de 1857. Il est lancé par Napoléon III, sur ses deniers, et ne concerne d'abord que deux tours de l'enceinte. Sur les conseils de Prosper Mérimée, l'empereur choisit Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc comme architecte, et le chantier débute en 1858. La gestion quotidienne des travaux est confiée au directeur des travaux, Lucjan Wyganowski, qui à l'époque est devenu le véritable bras droit de l'architecte : il a déjà collaboré avec Viollet-le-Duc sur le chantier de Notre-Dame de Paris, au projet de la cathédrale d'Amiens et sur le chantier de la Sainte-Chapelle. À Pierrefonds, Wyganowski a tenu quotidiennement un *Journal des travaux*, qui constitue aujourd'hui une source majeure pour l'étude de la reconstruction du château². Les travaux s'accélérent dès 1863. À partir de 1866, Viollet-le-Duc s'installe temporairement sur le chantier, qui compte alors 300 ouvriers. Les principaux entrepreneurs qui travaillent le métal sont tous parisiens : la maison Lachambre pour la serrurerie, la firme Monduit pour la plomberie et la couverture, et enfin la société Primi et Hacquard pour la fumisterie. Viollet-le-Duc a parfois également recours à des artisans locaux³ qui ne sont impliqués que dans la réalisation de tâches secondaires.

Lors d'une deuxième campagne de fouilles archéologiques⁴, menée par Viollet-le-Duc en 1858, seuls de petits objets tels que clés, boucles de ceinture, clous et pièces de monnaies médiévaux ont été retrouvés : aucun élément métallique relatif à la structure de l'édifice ou à sa décoration n'a été répertorié. Précisons d'autre part qu'à l'époque on ignore le rôle des éléments métalliques dans la consolidation de la maçonnerie en architecture médiévale⁵. Pourtant, lors de la reconstruction de Pierrefonds, Viollet-le-Duc fait le choix d'employer avec abondance le métal. À quels métaux a-t-il recours ? Sous quelles formes et à quels endroits du château ?

Les murs de Pierrefonds sont truffés d'éléments métalliques cachés dans la structure de l'édifice, à commencer par les pièces de consolidation de la maçonnerie. Malgré les réticences théoriques de Viollet-le-Duc à l'égard des chaînages, les éléments métalliques sont les plus abondants à Pierrefonds, en termes de poids et quantité : on en trouve du rez-de-chaussée, pour consolider les pierres d'origine, jusqu'aux dernières assises les plus élevées et les plus fragiles. Les chaînages sont d'autant plus nombreux que les murs sont percés de baies ou composés d'éléments saillants ; c'est donc la réalité structurelle de l'édifice qui a forcé l'architecte à employer

1. Grodecki, 1980, p. 130-139.

2. Ricard, 2008, p. 126-149.

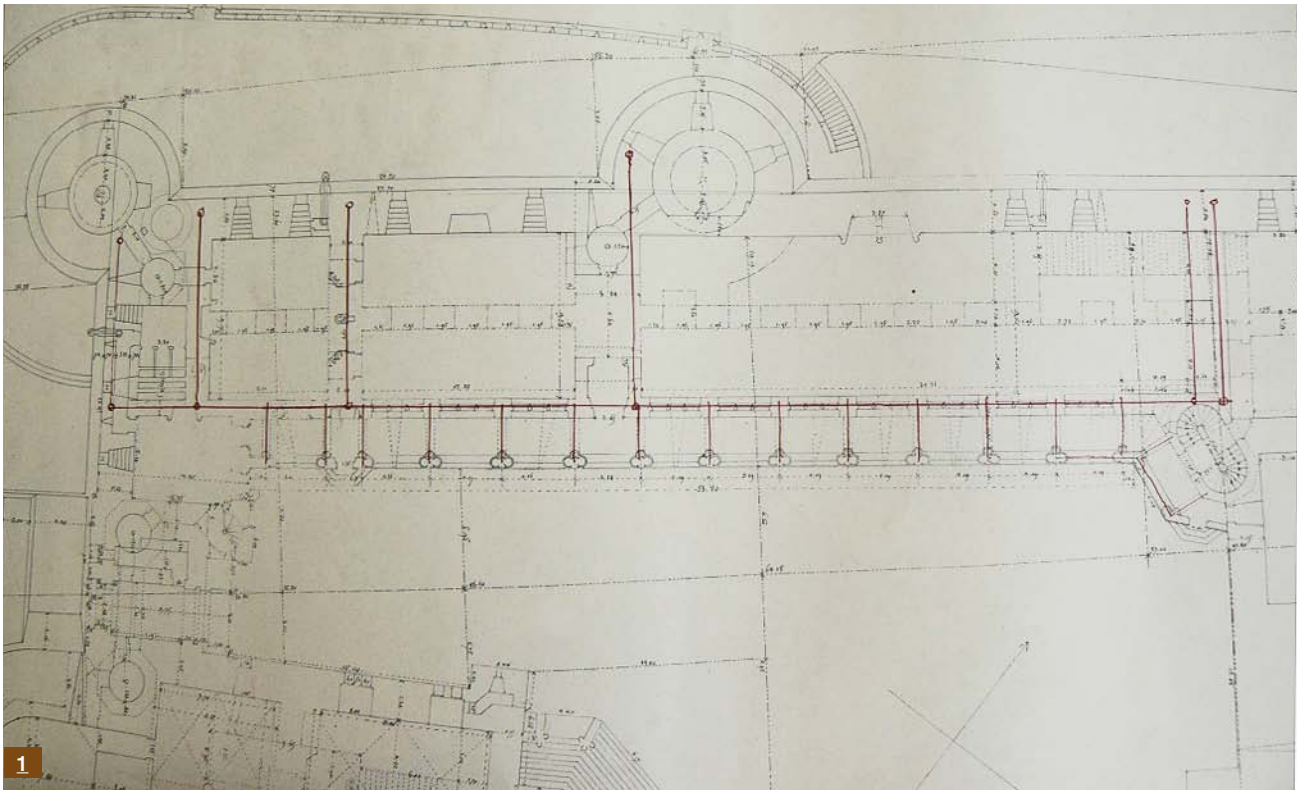
3. Par exemple, les plombiers couvreurs Terray, Jamet et Plantin ou les serruriers Caron et Harlant.

4. La première campagne avait été exécutée de 1848 à 1853 sous la direction des architectes Questel et Leblanc.

5. La présence d'éléments de consolidation métallique dans l'architecture militaire médiévale a été découverte au donjon de Vincennes, il y a quelques années. Voir à ce sujet Clément-Charpentier.

L'UTILISATION DU MÉTAL DANS LA RECONSTRUCTION DU CHÂTEAU DE PIERREFONDS PAR VIOLLET-LE-DUC

Florie Alard



1. Viollet-le-Duc, dessin, « Chaînage » du grand corps de logis de Pierrefonds et les 14 tirants sur l'extrados des arcs de travée de la galerie ouverte. Beauvais, Archives départementales de l'Oise 4Tp 11-23, *Grand corps de logis*, 1862-1874.

des chaînages⁶. Sans le savoir, en consolidant les murs de Pierrefonds par des chaînages métalliques, Viollet-le-Duc reprend une technique déjà employée à Vincennes au ^{XIV}^e siècle⁷. Les chaînages sont composés de différents morceaux mis bout à bout et sont généralement en fer carré de 4 centimètres de côté, mais peuvent aussi être en fer rond et plat. Ils sont ponctuellement ajustés par des coins et stabilisés par des bagues. Enfin, ils sont fixés à la maçonnerie de deux façons : soit directement scellés au plomb, soit fixés à l'aide d'ancres de fer rond ou carré.

Sauf mention particulière, toutes les photographies sont de l'auteur.

On connaît l'autre réticence de Viollet-le-Duc pour les tirants : à Pierrefonds, ces éléments sont présents mais invisibles pour les visiteurs. Dans le *Journal* de Wyganowski, les tirants sont confondus avec les chaînages : c'est le cas des 14 « chaînes » sur les extrados des arcs de la galerie découverte, en réalité des tirants isolés et mis en tension (ill. 1). Les quelques tirants cités en tant que tels dans les sources varient, tant dans le matériau que dans la forme ou le style de fixation. Dans la chapelle, par exemple, se trouvent des barres de fer plat percées de trois trous chacune, fixées à la maçonnerie avec neuf boulons et six pans de dix centimètres, ou encore des tirants composés de deux pitons en cuivre scellés au plomb.

Les linteaux et bandes de trémies constituent le troisième type d'éléments dissimulés dans la pierre⁸. Il s'agit de barres de fer plat, carré ou à T, parfois cintré, qui peuvent être coudées, de poids et de longueur variables ; elles sont scellées à la maçonnerie ou fixées à l'aide d'ancres.

6. C'est la même réalité structurelle qui est à l'origine de l'abondance de chaînes métalliques au donjon de Vincennes.

7. Clément-Charpentier, 2001, p. 405-432.

8. Les bandes de trémies consolident les âtres de cheminée et évitent que ces derniers ne reposent sur du bois. Les linteaux métalliques consolident les parties supérieures des manteaux de cheminée, de portes, de fenêtres et de chéneaux ; ils peuvent être double dans le cas de manteaux de cheminée particulièrement massifs.

L'UTILISATION DU MÉTAL DANS LA RECONSTRUCTION DU CHÂTEAU DE PIERREFONDS PAR VIOLLET-LE-DUC

Florie Alard



2. Viollet-le-Duc, dessin, 100 goujons en cuivre ont été utilisés pour la grande rosace de la chapelle. Beauvais, Archives départementales de l'Oise : 4Tp 21, *Aile des cuisines*, juin 1870.

Enfin, les dernières pièces métalliques encastrées dans la maçonnerie sont les éléments de fixation de la pierre taillée et des moulures. Les goujons sont pour la plupart en « cuivre jaune », c'est-à-dire en laiton, à scellement. Ils pèsent 250, 500 ou 1 000 grammes et mesurent 10, 20 ou 30 centimètres de long. Les goujons en cuivre sont employés pour consolider les éléments sculptés les plus fragiles, comme les pièces qui composent la rosace de la chapelle (ill. 2) : en effet, le fer pourrait faire éclater la fine couche de pierre en cas d'oxydation du métal.

Ces goujons en cuivre sont également présents dans toutes les balustrades du château qui, contrairement à la pratique médiévale traditionnelle, ne sont pas agrafées. On trouve aussi à Pierrefonds, mais plus rarement, des goujons en fer rond pour consolider des éléments plus grossiers.

Les crampons, contrairement aux goujons, sont coudés. Ils servent à relier des sculptures ou d'autres éléments saillants aux murs de maçonnerie ; ils permettent aussi de lier entre eux deux blocs de pierre à la manière d'agrafes. On trouve aussi des pitons à tête formant anneau ou crochet assurant les mêmes fonctions que les crampons. Enfin, les « supports en fer à T » servent à fixer les corbeaux en pierre des pignons des cuisines, dont chacun pèse environ 7 kilos : nous n'en possédons pas de description précise, mais nous savons néanmoins qu'ils sont fixés à l'aide de clous dans la maçonnerie.

Les charpentes des combles de Pierrefonds constituent le deuxième type de structure métallique majeure du château, un fait courant après 1850, dans la construction comme dans la restauration⁹. Viollet-le-Duc est lui-même familier de ce type de charpente puisqu'il a déjà utilisé des pièces métalliques dans les combles des églises de Saint-Denis-de-l'Estrée, de Saint-Martin d'Aillant-sur-Tholon, de Vézelay et de la cathédrale d'Amiens¹⁰. Néanmoins, à Pierrefonds, c'est la première fois qu'il réalise des charpentes totalement métalliques. De plus, il n'hésite pas à diversifier les techniques employées afin de les adapter à la forme plus ou moins complexe des combles.

9. Par exemple, dès 1811, une charpente en fonte couvre la halle aux blés de Paris. En 1839, la cathédrale de Chartres en restauration est équipée d'une charpente alliant fer et fonte. Belhoste, 2009, p. 197-204.

10. Timbert, à paraître.

L'UTILISATION DU MÉTAL DANS LA RECONSTRUCTION DU CHÂTEAU DE PIERREFONDS PAR VIOLLET-LE-DUC

Florie Alard

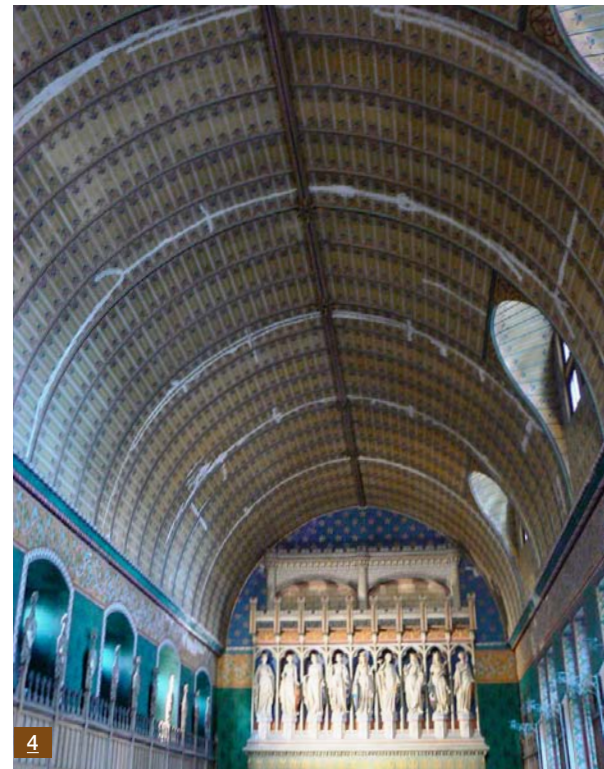


3. Pierrefonds, charpente métallique de la tour Jules-César.

4. Pierrefonds, voûte de la salle des Preuses.

Les charpentes de Pierrefonds ont en commun un système d'arbalétriers composés de plusieurs poutres en fer méplat ou à T, assemblés grâce à des plaques en « forte tôle », c'est-à-dire en acier, et pourvues de cornières afin de les raidir. Les plaques d'assemblage et les cornières sont rivetées à chaud. Les bases des arbalétriers sont soit scellées aux murs gouttereaux par du plomb, soit fixées à l'aide de plaques à équerre rivées sur le fer et boulonnées sur la pierre. Certains voligeages sont aussi en fer : il s'agit du nouveau système Lachambre, du nom de son inventeur. Sur les voliges, les ardoises sont fixées par des crochets en cuivre rouge¹¹ qui retiennent l'ardoise à l'extrémité inférieure du pureau : il s'agit du système Monduit¹².

Ce système de charpente et de couverture est décliné sous des formes différentes. La première forme apparaît dans les combles en poivrière, où l'assemblage des arbalétriers prend la forme de parapluies métalliques reliés au sommet à un poinçon (ill. 3). La deuxième est celle du donjon et de la salle des Preuses, dont les charpentes sont les seules du château à porter une voûte en berceau brisé faite d'un hourdis en plâtre, ceci bien que Viollet-le-Duc le déconseille fortement dans ses *Entretiens*¹³. Aujourd'hui, dans la salle des Preuses, on constate que le fer de la charpente s'est oxydé, oxydation qui a provoqué une dégradation du plâtre¹⁴ (ill. 4). Le comble du bâtiment



11. Après une remarque du public lors du débat, nous précisons que la faible quantité de cuivre réduite à un simple crochet par rapport à l'importante présence de fer sous forme de voliges limite considérablement l'effet de pile qui a normalement lieu en milieu humide entre les deux métaux, au point d'être quasi inexistant.

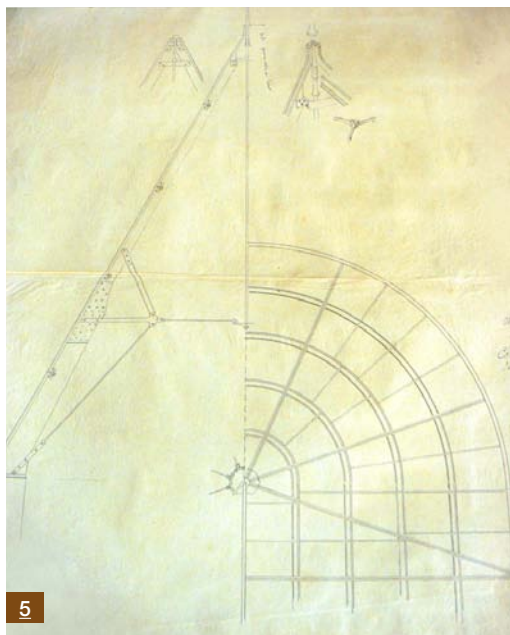
12. Pour plus de précisions, voir *Gazette des architectes et du bâtiment*, Paris, A. Morel, 1865, n° 5, p. 72. Dulau, Kaiser, 2011.

13. Viollet-le-Duc, 1977, t. II, p. 72.

14. Selon Jean-Paul Midant, si Viollet-le-Duc a réalisé cette alliance qu'il savait malencontreuse, c'est que peu de temps lui a été accordé à partir de 1864 pour réaliser l'intégralité du grand corps de logis et la décoration de la salle des Preuses pour son ouverture au public en 1866.

L'UTILISATION DU MÉTAL DANS LA RECONSTRUCTION DU CHÂTEAU DE PIERREFONDS PAR VIOLLET-LE-DUC

Florie Alard



5. Viollet-le-Duc, dessin, comble de la chapelle de Pierrefonds. Beauvais, Archives départementales de l'Oise : 4Tp 21, *Chapelle*, 1865-1875.

des cuisines supporte un plafond à voûte en berceau segmentaire avec entrevous plâtrés : entre les arbalétriers, les murs sont en pans de fer apparents. Enfin, le type de comble apparemment le plus original consiste en un système de brides et de « cordes » : on le trouve dans les charpentes aux formes plus complexes de la chapelle qui se terminent en demi-cercle, et dans celles de la tour de l'escalier double, de forme octogonale ; des « cordes », formant entrants, sont reliées au poinçon par une bride (ill. 5). Il peut s'agir de véritables câbles d'acier car ceux-ci ont été inventés en 1834 par Wilhem Albert ; ou bien, nous sommes en présence de simples tiges métalliques de section ronde. La diversité des types de combles montre en tout cas à quel point Viollet-le-Duc a cherché à expérimenter plusieurs systèmes de charpentes métalliques : l'architecte s'inscrit ainsi dans une pratique novatrice, pour l'époque, de la restauration des monuments historiques. Les dernières utilisations cachées du métal consistent en des éléments de fixation et de consolidation présents ailleurs que dans la maçonnerie. Par une étude récente d'Étienne Poncelet,

architecte en chef des monuments historiques, nous savons que les poutres en chêne du donjon de Pierrefonds sont armées¹⁵. De plus, les poutres et solives de Pierrefonds sont habillées de sous-faces moulurées fixées à l'aide de vis qui sont ensuite peintes ou ornées d'une rondelle en forme de fleur. À Pierrefonds, toutes les pièces décorées sont recouvertes de lambris en chêne dans les parties inférieures des murs, lambris dissimulant un système de fixation essentiellement composé de pièces en fer : équerres, plates-bandes en fer, goujons et pattes de scellement.

Enfin, bien que peu perceptibles, il ne faut pas oublier les métaux coulés destinés à sceller et souder. Parmi eux, le plomb sert à sceller les chaînages, tirants et arbalétriers mais aussi certaines portes et les lourdes poutres des passerelles des deux ponts-levis, pour lesquels une tonne de plomb a été nécessaire. L'étain sert à souder des éléments en plomb tels que les décorations des toits.

À ces composants métalliques dissimulés s'ajoute le métal exhibé dans les espaces intérieurs et extérieurs. Outre les ponts-levis et la statue en bronze réalisée par Frémiet et fondue par Thiébaud, ce qui frappe en entrant dans la cour du château, ce sont les décorations métalliques des toitures (ill. 6). Les crêtes ornant les façades ont été réalisées dans les ateliers parisiens de l'entrepreneur Monduit selon une technique artisanale et suivant les dessins de Viollet-le-Duc, inspirés



6. Pierrefonds, crête, épis de faîtage, girouettes et paratonnerres de la tour carrée et d'une tourelle.

15. Olivier et Genes, 2007. D'après cette étude nous savons que les poutres du donjon sont constituées d'une poutre double moisant deux arbalétriers inclinés. « Les poussées aux vides, au faîtage, sont reprises par un système de plats et de tirants métalliques boulonnés qui permet de fermer la triangulation. Du fait des efforts importants en tête des arbalétriers [...] des charges permanentes et du poids propre, une feuille de plomb de 4 mm est interposée [...] entre les bois afin d'éviter l'interpénétration des fibres. »

L'UTILISATION DU MÉTAL DANS LA RECONSTRUCTION DU CHÂTEAU DE PIERREFONDS PAR VIOLLET-LE-DUC

Florie Alard

7. Pierrefonds, les porte-lumière de la salle des Preuses.

des objets d'orfèvrerie religieux des XII^e, XIII^e et XIV^e siècles¹⁶. Les crêtes de Pierrefonds sont faites de lames de plomb repoussées au marteau, formant des sortes de coquilles que les plombiers soudent à l'étain après les avoir assemblées sur une armature en fer. Des bavettes en plomb sont posées en finition sur les faîtières afin d'assurer l'étanchéité totale des parties sommitales; ces bavettes sont équipées d'un système de ventilation afin d'éviter un phénomène de condensation sur le revers du plomb et préviennent ainsi l'oxydation de l'armature intérieure en fer.

Les poinçons et épis de faîtage ont subi le même procédé de fabrication que les crêtes; ils sont tous en plomb, sauf l'épi de faîtage de la chapelle qui représente l'archange saint Michel: c'est le plus gros de tous et il est en cuivre. Ce métal a certainement été choisi par Viollet-le-Duc car il est plus léger que le plomb et ne risque donc pas de provoquer un affaissement de la charpente¹⁷. Épis de faîtage et poinçons sont posés sur des basques en plomb ou directement fixés aux bavettes grâce à des agrafes en cuivre.



Autre élément décoratif original, les girouettes qui surmontent certains poinçons. Elles ont été découpées dans de la tôle d'acier et fixées à une tige en fer de section ronde. Un système de roulement à billes a été conçu par Viollet-le-Duc afin que la girouette tourne facilement sur elle-même, sans frottement.

À l'intérieur du château, les ferrures des portes et fenêtres – serrures et pentures – constituent la principale décoration métallique réalisée dans un style que les sources qualifient de « gothique ». Elles sont plus ou moins ornementées selon les pièces où elles se trouvent. La plupart des châssis de fenêtre sont en bois, hormis certains en fer, comme ceux du premier étage du grand logis. Quant aux vitraux, ils possèdent tous une armature métallique.

Les curieux porte-lumière de la salle des Preuses, en revanche, ne figurent dans aucun document archéologique; comme les girouettes, leur structure portante est en fer de section carrée et leur partie ornementale est en tôle d'acier découpée (ill. 7). Enfin, de discrets éléments de fixation pour poutres et lambris font eux aussi l'objet d'une recherche esthétique dans le style « gothique »: ce sont, par exemple, les étriers et pattes à scellement, ou encore les vis et rondelles en forme de fleur: ils témoignent du soin qui est accordé aux moindres détails, du moment qu'ils sont accessibles au regard.

Le métal joue donc un rôle important dans la décoration intérieure et extérieure du château. Pour cette fonction esthétique, il requiert le plus souvent un travail artisanal, qui tranche avec la fabrication industrielle des charpentes, par exemple, et qui prolonge l'inspiration médiévale inhérente à l'unité de style recherchée par Viollet-le-Duc.

16. Viollet-le-Duc, 1854-1868, t. IV, art. « Crête »: « Des crêtes de plomb sur des édifices antérieurs au xv^e siècle, il ne reste plus trace; on ne peut constater leur présence que sur les bas-reliefs, les vignettes des manuscrits, et sur les châsses faites souvent en forme de petites églises. C'est dans ces objets d'orfèvrerie qu'il faut nécessairement aujourd'hui aller chercher les modèles des crêtes des modèles des XII^e, XIII^e et XIV^e siècles, et ces modèles sont nombreux. Toutefois, si l'on veut se servir de ces crêtes d'orfèvrerie pour les appliquer à des monuments, il faut tenir compte de la différence d'échelle et modifier le dessin en conséquence. »

17. Après une remarque faite lors du débat, nous pouvons également supposer que le cuivre a été sélectionné pour cet épi de faîtage qui est le plus visible de loin, car il s'agit d'un matériau noble. L'exhiber est, de ce fait, un moyen pour le propriétaire du château d'exposer sa richesse et son pouvoir aux entourages; Viollet-le-Duc a pu volontairement reproduire cette pratique médiévale à Pierrefonds.

L'UTILISATION DU MÉTAL DANS LA RECONSTRUCTION DU CHÂTEAU DE PIERREFONDS PAR VIOLLET-LE-DUC

Florie Alard

Enfin, le métal a également compté dans la mise en place d'un confort moderne au sein du château. Pour l'écoulement des eaux par exemple, Viollet-le-Duc emploie le plomb pour les parties encastrées dans la maçonnerie et la fonte protégée d'une couche de minium pour les parties à l'extérieur. L'étanchéité de la toiture est assurée, d'une part, par des boudins d'arêtiers, noquets, bandes de solins et noues en plomb ; d'autre part, les chéneaux, égouts retroussés, revers d'eau et bahuts sont couverts de tables de plomb coulées¹⁸. Entre la pierre et le plomb des chéneaux, des planches de chêne et du papier goudronné sont glissés pour prévenir de l'oxydation du plomb. Cependant, en 1870, le plomb des chéneaux a dû être changé : l'acide acétique contenu dans la sève de chêne mal purgée avait provoqué l'oxydation du plomb ; on a alors remplacé le chêne par du sapin, moins acide.

Pour le système de chauffage, le château était à l'origine équipé de calorifères consistant essentiellement en une cloche en fonte cintrée de barreaux en fer et d'un appareil en tôle d'acier. La chaleur se diffusait dans les salles par des tuyaux en tôle, au travers de bouches en laiton. Ce premier système monté par la maison Primi fut un échec : les cloches fondirent et les calorifères durent tous être changés en 1879. L'âtre des cheminées est flanqué de plaques en fonte et garni de conduits d'évacuation également en tôle d'acier.

L'étude des nombreuses déclinaisons et fonctions auxquelles le métal a été soumis à Pierrefonds indique que la reconstruction du château fut pour Viollet-le-Duc un véritable chantier expérimental. Le catalogue de formes et de technologies qu'offrent les différents combles métalliques constitue un parfait exemple de cette diversité et de cette expérimentation. Privilégiant le fer, Viollet-le-Duc y emploie néanmoins de très nombreux métaux, qu'il décline à différentes échelles, industrielles ou artisanales, et selon différents desseins : pratiques, techniques, esthétiques, voire les trois à la fois.

Dans ses écrits, Viollet-le-Duc reconnaît les grandes qualités des différents métaux, en particulier celles du fer et de la fonte qu'il connaît particulièrement bien. Mais il émet aussi une certaine réserve face à ces nouveaux matériaux qui peuvent être néfastes s'ils sont mal utilisés. C'est ce qu'il déclare en particulier dans la correspondance échangée avec l'architecte Louis Auguste Boileau (1812-1896) : il y préconise d'acquérir une bonne connaissance des qualités et défauts des métaux avant de les employer dans la construction, par exemple, on l'a vu, lorsqu'il préfère le cuivre au fer pour la rosace de la chapelle, le cuivre étant moins susceptible de s'oxyder, de gonfler et de faire exploser la pierre sous l'effet de l'humidité.

Ce n'est donc pas par effet de mode ni par souci de modernisme qu'il emploie ces matériaux mais pour des raisons d'abord pragmatiques, puis économiques : avant tout, il choisit les métaux en fonction de leurs propriétés, puis de leur coût de revient.

Pour les mêmes raisons, Viollet-le-Duc emploie le plomb pour les descentes d'écoulement des eaux encastrées dans la maçonnerie plutôt que la fonte, ou au contraire, dans certains cas, il préfère le cuivre au plomb en raison de sa légèreté. Le choix du fer pour les combles, enfin, s'explique lui aussi par des raisons techniques et économiques : incombustible, plus élastique et tout aussi solide que le bois, il n'est pas plus lourd ; en outre, argument décisif, il permet des économies d'argent grâce à la fabrication industrielle en série et au montage exécuté par les ouvriers en serrurerie comme en charpenterie. Les écrits théoriques de l'architecte viennent éclairer, justifier et renforcer ces pratiques rationalistes.

Néanmoins, sur le terrain, l'architecte ne suit pas forcément les écrits du théoricien. Ainsi, Viollet-le-Duc n'est pas toujours en mesure de se tenir à sa théorie des matériaux : très réservé face à l'emploi de chaînage métallique en construction dans ses écrits, il l'emploie pourtant en abondance à Pierrefonds, se pliant aux exigences structurelles de l'édifice.

18. Ces tables de plomb, d'une épaisseur de 2, 2,5 ou 3 mm, sont fixées par soudure à l'étain et à l'aide d'agrafes en cuivre.

L'UTILISATION DU MÉTAL DANS LA RECONSTRUCTION DU CHÂTEAU DE PIERREFONDS PAR VIOLLET-LE-DUC

Florie Alard

Le choix de mêler fer et plâtre dans les combles de la salle des Preuses et ceux du donjon constituent un autre exemple où théorie et pratique divergent. Viollet-le-Duc connaît très bien le risque de ce type d'assemblage et le déconseille fortement dans ses *Entretiens* ; mais il est soumis aux contraintes du calendrier et, pour achever à temps la salle des Preuses, il se plie à l'usage haussmannien qui recourt abondamment au plâtre.

Enfin, cette différence entre pratique et théorie n'est pas toujours à imputer à l'architecte : il faut aussi compter avec les aléas du chantier. On l'a vu dans le cas de l'oxydation des chéneaux due à l'acide acétique présent dans la sève du bois de chêne. Viollet-le-Duc connaissait bien les méfaits d'un bois mal purgé n'ayant pas assez séjourné dans l'eau, puisqu'il l'évoque dans l'article « Plomberie » de son *Dictionnaire raisonné* : or, à Pierrefonds, le bois livré à l'architecte était malheureusement de mauvaise qualité.

BIBLIOGRAPHIE

BELHOSTE (J.-F.), « La fonte et le fer dans la restauration des cathédrales au XIX^e siècle », in A. Timbert (dir.), *L'Homme et la matière. L'emploi du plomb et du fer dans l'architecture gothique*, actes du colloque de Noyon, 16-17 novembre 2006, Paris, Picard, 2009.

CLÉMENT-CHARPENTIER (S.), « Le rôle des éléments métalliques dans la conception du donjon de Vincennes », in O. Chapelot (dir.), *Du projet au chantier, maître d'ouvrage et maître d'œuvre aux XIV^e-XVI^e siècles*, Paris, EHESS, 2001.

DULAU (R.), KAISER (D.), *L'Atelier Monduit. Une collection d'ornements d'architecture*, Paris, Éditions du patrimoine, 2011.

Encyclopédie d'architecture, Paris, A. Morel, 1872-1892.

GRODECKI (L.), « Pierrefonds : la restauration du château », in cat. exp. *Viollet-le-Duc*, Paris, Grand Palais, 19 février-5 mai 1980, Paris, RMN, 1980.

Journal de serrurerie, Paris, A. Morel et Cie, 1875-1877.

MIDANT (J.-P.), *Au Moyen Âge avec Viollet-le-Duc*, Paris, Parangon, 2001.

OLMIER (P.) et GENES (G.), *Château de Pierrefonds. Plancher du donjon*, rapport d'étude de charpente et structure bois, ECSB, 2007.

RICARD (B.), « Le fonds d'archives du château de Pierrefonds conservé aux archives départementales de l'Oise », *Viollet-le-Duc à Pierrefonds et dans l'Oise – Viollet-le-Duc at Pierrefonds in the Oise region*, Paris, Éditions du patrimoine, 2007 ; éd. en ligne, <http://editions.monuments-nationaux.fr/fr/le-catalogue/bdd/livre/664>

TIMBERT (A.), « Formes, matériaux et techniques de construction à l'église Saint-Denis de l'Estrée de E.-E. Viollet-le-Duc », *Bauen, Konstruktion, Ornamentform – Technische Möglichkeiten*, université de Zurich, les 17-18 février 2011, Uta Hassler (dir.), à paraître.

VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, Paris, F. de Nobele, 1854-1868.

VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Entretiens sur l'architecture*, Bruxelles, Pierre Mardaga, 1977.

Viollet-le-Duc, cat. exp., Paris, Grand Palais, 19 février-5 mai 1980, Paris, RMN, 1980.

Viollet-le-Duc à Pierrefonds et dans l'Oise – Viollet-le-Duc at Pierrefonds in the Oise region, Paris, Éditions du patrimoine, 2007 ; éd. en ligne, <http://editions.monuments-nationaux.fr/fr/le-catalogue/bdd/livre/664>

LA PIERRE ET SA MISE EN ŒUVRE À PIERREFONDS : LES CHOIX ET LES MÉTHODES DE VIOLLET-LE-DUC

Christine Bongart

Diplômée de l'École du Louvre, associée au programme de recherche

« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

RÉSUMÉ

L'étude de la pierre et des techniques employées pour la mettre en œuvre avec – ou non – le recours à d'autres matériaux, comme le bois notamment, nous éclaire sur les méthodes de Viollet-le-Duc tout autant que sur sa gestion du chantier et complète les observations réalisées par ailleurs sur l'organisation matérielle des chantiers de Notre-Dame (sacristie), de Saint-Denis-de-l'Estrée et d'Aillant-sur-Tholon. L'utilisation de la pierre dans la reconstruction du château de Pierrefonds de 1858 à 1879 est particulièrement bien éclairée par les publications de l'architecte, par l'identification géologique faite récemment (LRMH) et, enfin, par les archives dont on dispose, parmi lesquelles le Journal du conducteur des travaux, Wyganowski, tient une place de premier ordre.

Il apparaît à travers ces documents que le rôle de Viollet-le-Duc est primordial dans le choix des matériaux et leur mise en œuvre, puisqu'il choisit lui-même les carrières, qu'il donne des directives sur la composition du mortier, sur l'usage ou non du plâtre comme liant ou encore sur la nature des essences de bois destinées aux échafaudages. Elle révèle l'attention portée au façonnage des pierres (outils de taille manuels ou mécaniques) tout autant qu'à leur couleur (revêtement des assises extérieures), dévoilant une approche tantôt archéologique tantôt esthétique du parement.

Enfin, le matériau (traces d'outils et marques comme *vestigia*) nous informe également, en complément des archives, sur la qualité technique des hommes du chantier et l'évolution de leur savoir-faire.

STONE AND ITS IMPLEMENTATION AT PIERREFONDS: VIOLLET-LE-DUC'S CHOICES AND METHODS

Christine Bongart

Graduate of the École du Louvre

*Associated with the research program "Les matériaux chez Viollet-le-Duc",
LRMH-Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)*

ABSTRACT

The study of stone and the techniques used in its implementation, or conversely the recourse to other materials such as wood, yields a better understanding of Viollet-le-Duc's methods as well as his manner of running a construction site. It also completes our findings regarding the physical organization of the work undertaken in the sacristy of Notre Dame, at Saint-Denis de l'Estrée and at Aillant-sur-Thonon. The use of stone in reconstructing the Château de Pierrefonds between 1858 and 1879 is particularly well documented in the architect's own publications, the geological identifications recently carried out by the LRMH (Monuments Historiques Research Laboratory) and, lastly, by the available archives, notably the site notes of the supervisor of the work, Lucjan Wyganowski.

These documents make it clear that Viollet-le-Duc played a crucial role in the choice of materials and their implementation. He personally selected the sites from which the stone was quarried, gave instructions for the composition of the mortar, the use or not of plaster for bonding and the types of timber to use for scaffoldings. The archives also reveal his attention to the stonework (using mechanical means or hand-held tools) as well as to the stone's color (for external course facing), demonstrating an approach to the facing that was sometimes archaeological, sometimes aesthetic.

Finally, in conjunction with the archives, the materials themselves (showing tool traces and other marks as *vestigia*) provide further information about the technical level of the craftsmen and the evolution of their skills.

LA PIERRE ET SA MISE EN ŒUVRE À PIERREFONDS : LES CHOIX ET LES MÉTHODES DE VIOLLET-LE-DUC

Christine Bongart

Diplômée de l'École du Louvre, associée au programme de recherche

« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Traiter du matériau permet une approche plus complète de Viollet-le-Duc (1814-1879), architecte, théoricien mais aussi maître d'œuvre. Depuis son intervention à Pierrefonds, les multiples controverses liées à l'esthétique de l'édifice ont complètement occulté sa pratique technique. Or on dispose de différentes sources écrites¹ qui permettent de cerner avec précision l'emploi des matériaux et le déroulement du chantier, d'autant plus qu'on peut combiner ces sources avec des analyses géologiques². Tout cela permet donc d'envisager le chantier depuis l'échelle microscopique jusqu'à l'échelle macroscopique, et de confronter théorie et pratique, en reliant ses écrits à la réalité du déroulement des travaux.

LE CONTEXTE

Un chantier mêlant restauration et construction

L'originalité du travail réalisé à Pierrefonds est d'avoir combiné une approche tantôt archéologique, tantôt esthétique. Dans son *Dictionnaire raisonné*, Viollet-le-Duc définit ainsi la construction : « C'est employer les matériaux en raison de leurs qualités [...] avec l'idée préconçue de satisfaire à un besoin par les moyens les plus simples et les plus solides³. » Pour la restauration, Viollet-le-Duc déclare que chaque édifice doit être restauré non seulement dans son aspect stylistique, mais aussi dans sa structure⁴. Donc, « l'architecte chargé d'une restauration doit être un constructeur habile et expérimenté [...] c'est-à-dire qu'il doit connaître les procédés de construction⁵ ».

Son modèle de restauration est le château de Louis d'Orléans à la fin du ^{xiv}^e siècle, qu'il pare de toutes les vertus constructives et qui avait été réduit à l'état de ruine au cours de la répression, par Louis XIII, du parti des mécontents menés par le prince Henri II de Condé (ill. 1). Jusqu'en 1861, la tour Hector et le donjon avaient connu une reconstruction partielle et pittoresque; ensuite, ce sera une reconstruction totale, car Viollet-le-Duc veut faire du château « le plus beau spécimen d'architecture féodale du ^{xv}^e siècle⁶ ». C'est donc un édifice qui doit avoir valeur d'exemple⁷.



1. Pierrefonds, château avant la restauration (vers 1855), façade nord, carte postale ancienne, Médiathèque de l'architecture et du patrimoine (MAP).

Sauf mention particulière, toutes les photographies sont de l'auteur.

1. Parmi les sources, les écrits de Viollet-le-Duc, où il exprime ses théories sur la restauration, la construction et leur aspect technique, principalement dans le *Dictionnaire raisonné* (1854-1868) et les *Entretiens* (1863). Ses écrits sur Pierrefonds n'abordent presque pas l'aspect technique. On a par ailleurs les archives du chantier, en particulier le *Journal* de Lucjan Wyganowski (1813-1886), conducteur des travaux, qui donne une chronique du chantier au jour le jour.

2. Réalisées par la géologue du laboratoire de recherche des Monuments historiques (LRMH), Lise Leroux.

3. Viollet-le-Duc, 1854-1868, art. « Construction », p. 1.

4. Id., 1854-1868, art. « Restauration », p. 22.

5. Id., 1854-1868, art. « Restauration », p. 23.

6. Id., 1861, p. 31-32.

7. Entre 1863 et 1879, sont construits : la façade nord, la tour Jules-César, le grand corps de logis, l'escalier double, le châtelet d'entrée, la tour Alexandre, la chapelle et les cuisines (1866). Sur le château médiéval : Grodecki, 1980, p. 130-139.

LA PIERRE ET SA MISE EN ŒUVRE À PIERREFONDS : LES CHOIX ET LES MÉTHODES DE VIOLLET-LE-DUC

Christine Bongart

Après 1870, la fonction résidentielle impériale devient inutile. Le chantier connaît un fort ralentissement, mais reprend en 1873 car Viollet-le-Duc parvient à convaincre l'administration républicaine du caractère exemplaire de cet édifice médiéval.

Un théoricien praticien.

Viollet-le-Duc et l'équipe du chantier

Les hommes de l'art eux-mêmes reconnaissent le savoir technique de Viollet-le-Duc. En honneur à sa nomination comme commandeur de la Légion d'honneur, employés et entrepreneurs organisent pour lui un feu d'artifice en décembre 1869. L'entrepreneur en maçonnerie, Sauvage, porte un toast « au savant constructeur et à l'administrateur éminent ».

De son côté, l'architecte éprouve pour eux du respect et reconnaît ce qu'ils lui ont apporté. Il parle en particulier des ouvriers, qui lui ont enseigné des choses qu'il croyait savoir et qui l'ont aidé dans son retour aux sources constructives de l'architecture⁸. C'est lui-même qui établit la série de prix du chantier et qui propose les entrepreneurs : il a donc un lien direct avec la matérialité du chantier.

Le personnel est formé aux techniques de Viollet-le-Duc ; ce sont ces hommes de confiance qui permettent le bon déroulement du chantier, d'autant plus que Viollet-le-Duc, déjà inspecteur général des édifices diocésains, a la charge d'autres monuments historiques : il doit donc déléguer.

Dans ses écrits, Viollet-le-Duc constate que les entrepreneurs sont trop routiniers dans leurs méthodes de travail⁹. Il s'alarme du fait que les intermédiaires sont trop nombreux entre l'architecte et le tailleur de pierre ; cela tend à dénaturer le projet initial¹⁰. Il déclare que les architectes ont été obligés de former les ouvriers et de concevoir des méthodes de conduite du chantier¹¹.

À Pierrefonds, l'architecte s'est efforcé de mettre en application ces principes, ce qui a été favorisé par la permanence du personnel tout le long des travaux. Mais il n'en demeure pas moins qu'en général il est loin du chantier, et que c'est Wyganowski qui traite directement avec les ouvriers. En outre, ses relations avec les entrepreneurs, qu'il critique dans ses écrits, ne sont en réalité pas si mauvaises.

Wyganowski a comme rôle d'informer l'architecte de l'avancement des travaux. Il se rend une fois par an à Paris, afin de recevoir ses instructions de Viollet-le-Duc, à qui le lie une estime réciproque. Sur le chantier, il a autorité sur les ouvriers employés par les entrepreneurs ; c'est donc lui qui fait le lien entre l'architecte, les entrepreneurs et les ouvriers.

Viollet-le-Duc passe les marchés de gré à gré avec les entrepreneurs. Après 1873, il s'oppose à la pratique de l'adjudication. En effet, pour lui, les travaux de restauration des maçonneries anciennes exigent des soins particuliers et l'emploi de moyens spéciaux indiqués par l'architecte¹². Il considère que l'isolement de Pierrefonds ne permet pas une concurrence entre entrepreneurs sérieux. Depuis le début, il a formé les entrepreneurs aux exigences particulières de la situation et il considère qu'ils ont toute responsabilité de l'œuvre réalisée.

Ce sont eux qui établissent les calepins et qui fournissent une partie des matériaux avec indication de leur provenance. En effet, Viollet-le-Duc considère que l'époque médiévale est le temps des « pierres d'échantillon¹³ » ; tout comme au Moyen Âge, les entrepreneurs de Pierrefonds doivent lui en fournir, pour témoigner de la qualité de la pierre. Ils fournissent aussi les moyens de transport et de mise en œuvre ainsi que les outils.

8. Garry, 1973, p. 381.

9. Viollet-le-Duc, 1863-1872, p. 42.

10. Id., 1854-1868, art. « Ouvriers », p. 455.

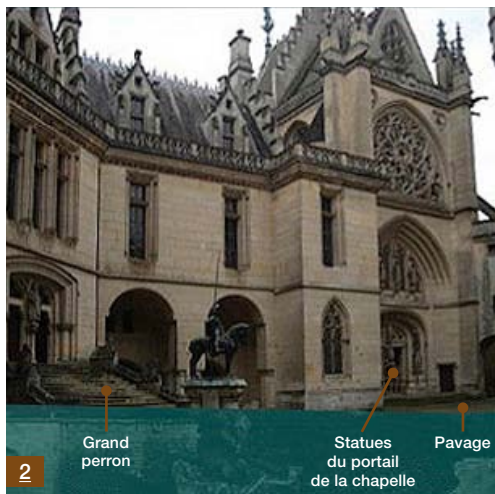
11. Id., 1854-1868, art. « Restauration », p. 28.

12. Archives nationales, F21848, rapport du 8 mai 1877 du maître des requêtes au Conseil d'État au ministre des Travaux publics.

13. Viollet-le-Duc, 1863-1872, p. 13.

LA PIERRE ET SA MISE EN ŒUVRE À PIERREFONDS : LES CHOIX ET LES MÉTHODES DE VIOLLET-LE-DUC

Christine Bongart



Grand perron

Statues du portail de la chapelle

Pavage

La maçonnerie est due à Milon et Sauvage (puis Mozet), qui a déjà travaillé pour l'architecte à Notre-Dame et à l'hôtel de ville de Compiègne¹⁴. La sous-traitance est interdite aux entrepreneurs sauf pour les éléments mineurs, comme le pavage de la cour, l'achèvement du grand perron, la réparation des chéneaux et la pose des statues du portail de la chapelle (ill. 2). Cela témoigne implicitement de la qualité et de la spécificité des entreprises choisies.

L'architecte reçoit périodiquement une liste nominative des ouvriers, car il tient à garder les mêmes pendant le chantier ; ceux-ci, en effet, sont habitués à ses méthodes qu'il juge plus économiques que les méthodes habituelles. C'est donc une décision cohérente avec son rationalisme. En 1879, Viollet-le-Duc les défend dans une lettre au ministère des Travaux publics : il parle de Mozet, « qui possède à Pierrefonds un chantier et un matériel bien approvisionné et des ouvriers habitués à cette sorte d'ouvrage parce qu'ils n'ont cessé d'être employés dans cette entreprise ». Il insiste sur l'aspect maté-

riel, mais aussi et surtout sur le savoir-faire de ces ouvriers, qu'il s'agisse des ouvriers locaux, pour les tâches les moins qualifiées de transport et de taille, ou des ouvriers de Paris, envoyés par l'entrepreneur, plus spécialisés et mieux payés. Ces derniers s'occupent de la taille et de la mise en place ; ce sont aussi eux les chefs d'équipe. Un respect mutuel existe entre eux et l'architecte : il n'y aura qu'une seule grève en 21 ans.

La sculpture statuaire est l'œuvre de Gaudran, qui a déjà travaillé pour Viollet-le-Duc à la Sainte-Chapelle et à Notre-Dame. La sculpture d'ornement est due à Perrin, qui a travaillé pour Viollet-le-Duc à Saint-Nazaire et à Carcassonne, en tant qu'employé de l'entreprise Pyanet. À Pierrefonds, Gaudran est présent de 1863 à 1869 et œuvre sur place, dans un atelier. Exceptionnellement, le travail s'effectue sur échafaudage pour les preuses (ill. 3) et la niche de la chapelle. Perrin, lui, présent de 1858 à 1870, fait appel à son ancien patron pour sculpter le preux Hector. Il délègue à ses employés, sauf dans le cas du preux Godefroi de Bouillon qu'il réalise lui-même (ill. 4). Le travail s'effectue sur échafaudage, en même temps que le ravalement.

Frémiet, auteur du *Louis d'Orléans* en bronze, conçoit les *Chimères* du grand perron, réalisées de 1870 à 1873 (ill. 5)¹⁵.



4



3

2. Pierrefonds, éléments sous-traités.

3. Pierrefonds, cheminée des Preuses.

4. Pierrefonds, Perrin, sculpture de Godefroi de Bouillon.

5. Pierrefonds, Frémiet, sculpture d'une chimère du grand perron (1870-1873).



5

14. On notera d'ailleurs que Mozet est le seul de tous les entrepreneurs à assister à l'enterrement de Viollet-le-Duc en 1879.

15. Thibierge, 1980, p. 164-173.

LA PIERRE ET SA MISE EN ŒUVRE À PIERREFONDS : LES CHOIX ET LES MÉTHODES DE VIOLLET-LE-DUC

Christine Bongart

LES MATÉRIAUX

Une implication personnelle dans le choix des matériaux

Viollet-le-Duc choisit lui-même les carrières, vient sur place contrôler les travaux et donne des directives sur la composition des mortiers et des échafaudages. Il analyse les maçonneries médiévales de la façon suivante : perfection de l'appareil et de la pose, matériaux excellents et bien choisis, mortiers d'une parfaite résistance¹⁶. C'est donc de ce modèle qu'il s'inspire. Les maçonneries d'origine ont bien résisté aux bombardements du XVII^e siècle ; il en reprend les dispositions (ill. 6).

Il déplore que peu d'architectes fassent l'effort de se renseigner localement sur les pierres qu'ils pourraient employer¹⁷ même quand ils sont confrontés à l'épuisement des carrières. À Pierrefonds, il a sélectionné des carrières locales ; situées à 20 kilomètres tout au plus (ill. 7), celles-ci fournissent un choix varié de pierres calcaires tendres et dures. Il a choisi d'en faire ouvrir certaines exprès pour la restauration, comme celles de Chelles ou de Pierrefonds. Cette proximité permet de réduire les coûts de transport. Cela rend intéressante la réouverture de carrières comme Pierrefonds dont la pierre, à qualité égale, est presque 30 % moins chère que celle de Chelles.

Des choix de pierres adaptés à différents usages

L'architecte considère au sujet « des pierres dures et des pierres tendres pour bâtir, [qu'] il est d'un grand intérêt pour l'architecte de placer les unes et les autres à la place convenable¹⁸ ». Les attachements figurés permettent de savoir quelle pierre a été employée et à quel endroit. On constate qu'à Pierrefonds l'emploi des pierres dures et tendres est clairement différencié selon leur emplacement : pierre tendre pour le parement, dure pour les éléments exposés à l'usure.



6. Pierrefonds, détail du parement de la tour Charlemagne.

7. Localisation des carrières.



16. Viollet-le-Duc, 1861, p. 10.

17. Id., 1863-1872, p. 33.

18. Id., 1863-1872, p. 25.

LA PIERRE ET SA MISE EN ŒUVRE À PIERREFONDS : LES CHOIX ET LES MÉTHODES DE VIOLLET-LE-DUC

Christine Bongart

La pierre dure est employée, à l'extérieur, pour les éléments exposés et sensibles à l'humidité, telle la salamandre, en banc royal de Laversine (ill. 8), et, à l'intérieur, pour les éléments porteurs ou exposés à l'usure. Le grès, lui, a été utilisé uniquement pour les tuyaux du trop-plein de la citerne et comme abrasif pour le lissage du pavage.

La pierre de Laversine est utilisée à partir de 1860. Wyganowski, qui a visité les carrières de Pierre Louis avec le représentant de l'entrepreneur, précise qu'elle convient largement en qualité comme en quantité. On trouve également la pierre de Vivières à partir de 1863, la pierre de Saint-Pierre-Aigle à partir de 1867, la pierre de Gessien et enfin celle de Chelles, dure ou tendre, utilisée à partir de mars 1860.

La pierre tendre est utilisée en sculpture extérieure : pierre d'Autrèche pour les pinacles de la chapelle et des statues ; elle permet des détails plus refouillés. Mais elle est aussi utilisée en intérieur, pour les parements, ou certains éléments porteurs. La pierre de Taillefontaine est utilisée à partir de 1863 pour l'appareil, comme la pierre de Bonneuil¹⁹.

Dans son *Dictionnaire raisonné*, Viollet-le-Duc déclare que lorsqu'il rénove, l'architecte doit s'efforcer de remployer les éléments anciens²⁰ : c'est pourquoi il restaure les sculptures les moins abîmées au lieu de les remplacer par des copies, comme dans le cas des chapiteaux du chœur de la chapelle. Sont aussi remployés des moellons provenant du déblaiement de ruines, utilisés pour le blocage des murs, celui des voûtes, les fondations, les murs et le puits (ce qui est peu judicieux : en 1874 il doit être rebâti en Taillefontaine). On a aussi des moellons neufs, fournis par l'entrepreneur, pour le bouchage des trous de boulin.

Les maçonneries anciennes sont en majorité en pierre tendre de Pierrefonds ; elles sont reprises lors de la reconstruction avec cette même pierre ou de la pierre de qualité équivalente : Bonneuil ou Taillefontaine. Les traces des reprises sont clairement visibles (ill. 6). Viollet-le-Duc est tenu par contrat de donner aux constructions neuves le caractère des constructions anciennes. Au début, pour se fondre dans les maçonneries anciennes, on utilise du noir pour noircir les ravalements, mais c'est un produit coûteux : 1,60 franc le kilo. Pour donner une échelle de grandeur, le salaire, assez confortable, de Wyganowski est de 200 francs mensuels.

Dans son *Dictionnaire raisonné*, Viollet-le-Duc décrète que toute pierre enlevée doit être remplacée par une pierre d'une qualité supérieure²¹ ; mais, à Pierrefonds, il n'améliore ni les matériaux ni la structure d'origine. Nous avons vu en effet qu'il les considère comme un sommet en matière de maçonnerie médiévale, qui ne saurait donc être amélioré. On trouve cependant des différences entre les dimensions des pierres d'origine et celles de la reconstruction, notamment dans la tour Alexandre : cela s'explique par la standardisation des dimensions du sciage mécanique.



8. Pierrefonds, salamandre du donjon.

19. La pierre de Retheuil est un cas particulier : elle est évoquée dans la série de prix à propos des maçonneries médiévales, mais on n'en retrouve pas trace à la mise en œuvre, dans les attachements figurés.

20. Viollet-le-Duc, 1854-1868, art. « Restauration », p. 34.

21. Id., 1854-1868, p. 26.

LA MISE EN ŒUVRE

Les outils

Les traces d'outils sur la pierre témoignent de la maîtrise technique des hommes du chantier ainsi que de leur savoir-faire.

En ce qui concerne la taille, les séries de prix prévoient des conditions précises : elle doit être effectuée au marteau à lame brettelée et à la laye, les arêtes au ciseau, les lits et les joints à la pioche pour accrocher le mortier (ill. 9). La boucharde est formellement interdite, car elle est accusée de provoquer l'effeuillage du parement. Le refouillement s'effectue sur les blocs déjà posés, à la pioche, à la masse et au poinçon. Les panneaux des voûtes sont en pierre tendre débitée à la scie. On dispose d'outils mécaniques, comme la scie, ou manuels. Le refouillement est rythmé par les saisons : ravalement extérieur en été, intérieur en hiver. Certains éléments sont recoupés (les fenêtres, pour poser les traverses) ou retaillés (chambranles, chapiteaux du bâtiment des cuisines).

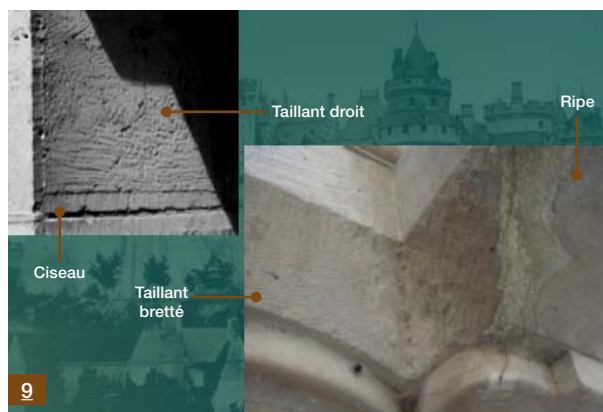
Viollet-le-Duc constate qu'au Moyen Âge le traitement du parement et des moulures est clairement différencié, avec des traces d'outils quasi imperceptibles sur les moulures²² et il reprend ce principe médiéval pour les maçonneries du château.

« La sincérité, déclare-t-il dans les *Entretiens*, est une des conditions essentielles du style dans les arts, c'est aussi une des conditions de l'économie dans les dépenses²³ », donc l'épannelage doit perdre le moins de matière possible²⁴ : l'examen des maçonneries montre qu'il a pensé à simplifier les profils à épanneler, comme ceux des chapiteaux (ill. 10).

Dans le *Dictionnaire raisonné*, il ajoute que les bâtisseurs médiévaux réalisent la taille définitive des blocs avant montage, ce qui permet de conserver la patine protectrice qui se forme. Toutefois la pratique moderne consistant à épanneler les blocs avant montage, puis à réaliser

9. Pierrefonds, traces d'outils.

10. Pierrefonds, galerie du corps de logis.



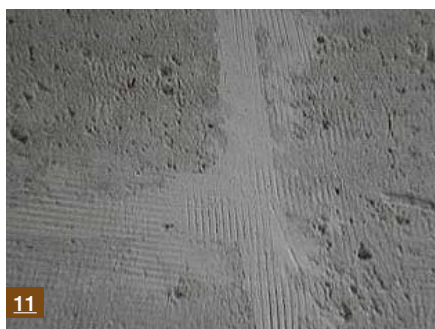
22. Viollet-le-Duc, 1854-1868, art. « Taille », p. 6.

23. Id., 1863-1872, p. 283.

24. Id., 1863-1872, p. 314.

LA PIERRE ET SA MISE EN ŒUVRE À PIERREFONDS : LES CHOIX ET LES MÉTHODES DE VIOLLET-LE-DUC

Christine Bongart

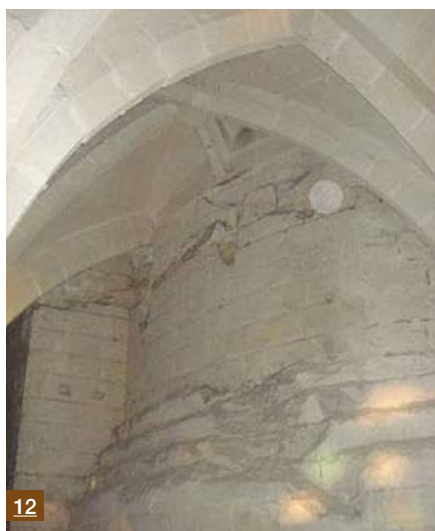


11

11. Pierrefonds, maçonneries.

12. Pierrefonds, caves du grand corps de logis.

13. Pierrefonds, corbeau, salle des gardes.



12



13

un ravalement, détruit cette patine. Il considère que les pierres tendres et le banc royal de l'Oise y sont particulièrement sensibles²⁵. Il est ainsi en contradiction flagrante avec ses théories à Pierrefonds, où les maçonneries sont ravalées après avoir été montées, comme le montrent les traces d'outils mordants sur le mortier (ill. 11). De plus, une grande partie de la sculpture est effectuée sur les blocs déjà en place dans les parements.

Archéologie et construction

Outre les carrières de la région, Viollet-le-Duc fait également ouvrir la carrière d'origine, au pied du château, mais dont la localisation précise demeure inconnue.

Dans les *Entretiens*, l'architecte constate que, comme le calcaire absorbe l'humidité et est décomposé par le salpêtre, il vaut mieux faire des massifs de blocage et les revêtir d'un parement²⁶. Cela correspond à son souci d'économie : pourquoi placer de la pierre pleine, là où du blocage suffit²⁷ ? Effectivement, les maçonneries du château se composent de deux parements remplis de blocage de moellons.

Dans son *Dictionnaire raisonné*, à l'article « Restauration », il ajoute qu'il serait puéril de reproduire une disposition vicieuse²⁸. À Pierrefonds, cela le conduit à modifier les voûtes d'ogives des caves du grand corps de logis, qu'il reconstruit plus hautes, ce dont témoignent des traces d'arrachement (ill. 12).

À l'inverse, après avoir affirmé que les tuyaux dans l'épaisseur des maçonneries sont à proscrire pour les dégâts qu'ils finissent toujours par causer²⁹, il n'hésite pas à restaurer la salamandre dont le conduit passe dans les maçonneries du donjon et qui souffre encore aujourd'hui d'un problème d'humidité (ill. 8).

Il sacrifie parfois à l'esthétique, en tirant parti des techniques modernes : s'il déclare que c'est une erreur grossière de croire qu'un membre d'architecture du Moyen Âge peut être grandi ou diminué impunément³⁰, cela ne l'empêche pas d'établir deux colonnes plus que monumentales en façade de l'aile des invités, en tirant parti des possibilités offertes par le sciage mécanique, et par les machines à vapeur pour la mise en place.

Quant à la sculpture, elle va de la réutilisation à la copie : pour les corbeaux de la salle des gardes (ill. 13), les parties manquantes sont modelées à partir de l'original avant de faire une copie en pierre. Viollet-le-Duc considère que, lorsqu'on rebâtit, on doit se pénétrer du style du monument restauré³¹ : ainsi, les Preuses de la salle du même nom qui, malgré leur mise à la mode du xv^e siècle, empruntent les traits de l'impératrice et de ses dames de compagne³² (ill. 3).

25. Viollet-le-Duc, 1854-1868, art. « Pierre », p. 128.

26. Id., 1863-1872, p. 16.

27. Id., 1863-1872, p. 31.

28. Id., 1854-1868, art. « Restauration », p. 23.

29. Id., 1863-1872, p. 50.

30. Id., 1854-1868, art. « Restauration », p. 26.

31. Id., 1854-1868, p. 25.

32. L'impératrice Eugénie en Sémiramis, la duchesse de Malakoff en Lampédo, la princesse Murat en Deifemme, la maréchale de Canrobert en Tamaris, la baronne de Pierres en Hippolyte, la duchesse de Cadore en Penthésilée, la duchesse de Bassano en Tanques, la comtesse La Poeze en Deiphile, M^{lle} Carette en Ménéippe.

Les mortiers

La mise en œuvre des mortiers revient à l'architecte. Celui-ci en donne personnellement la composition. Il indique également quel mortier précis employer dans les différentes parties du château, et la façon de l'introduire dans les joints : ceux-ci sont injectés et lissés au fer avec des truelles.

La chaux est fournie localement, par un fabricant de Pierrefonds nommé Coufourié car, pour éviter de durcir, elle doit être mise en œuvre dans des délais très courts. Elle est employée pour la maçonnerie et le pavage.

Le mortier est constitué, dans des proportions variables, de différents matériaux³³ de provenance locale et de bonne qualité. Dans le *Dictionnaire raisonné*, l'architecte remarque que, comme dans certaines parties de la plaine de Picardie, le sable argileux a été employé tel quel dans le mortier et que celui-ci n'est pas homogène³⁴. En conséquence, dans les mortiers de la restauration, le sable de « brassoir » est vraisemblablement du sable lavé, pour éviter cet inconvénient.

Dans les *Entretiens*, Viollet-le-Duc constate que les chaux hydrauliques contiennent des sels en abondance, donc le mortier tend à décomposer les arêtes des pierres³⁵. Or, à Pierrefonds, il donne personnellement des recettes de mortier à la chaux, qui n'a pas provoqué la décomposition des pierres, même en cas d'exposition à l'humidité (ill. 8).

Il utilise aussi des matériaux inventés au XIX^e siècle, comme le ciment, dans différents mélanges³⁶. Les ciments de Vassy et de Portland sont fournis par l'entreprise de maçonnerie Croquet, à Pierrefonds ; ils sont utilisés en extérieur, pour la mise en place des corbeaux, les scellements et l'étanchéité. Les incrustements sont réalisés avec un mélange composé à parts égales de ciment de Portland et de sable – lequel a pour propriété de limiter le retrait.

L'autre matériau moderne est le béton, à base de pierre dure du parc concassée associée à un mortier de chaux ; il est utilisé seulement pour l'empâtement au pied de la tour Jules-César. Le plomb, lui, a été employé uniquement pour les joints de la margelle du puits, qui ont dû être refaits avec mortier à la chaux à cause de problèmes d'humidité.

Enfin, le plâtre sert à monter les maçonneries. Il n'était pas employé au Moyen Âge pour le gros œuvre, car il ne résiste pas à l'humidité ; il devrait donc être réservé à l'intérieur ou aux éléments bien abrités. Ce principe est partiellement ignoré à Pierrefonds, où les maçonneries sont d'abord faites au plâtre, puis rejointoyées au mortier, selon la technique de mise en œuvre des immeubles haussmanniens.

Le déroulement du chantier

Dans les *Entretiens*, Viollet-le-Duc déclare que pour la maçonnerie tout est à faire et qu'il faut s'inspirer des méthodes anciennes pour en concevoir de nouvelles, tout en exploitant les progrès du XIX^e siècle³⁷. C'est bien ce qui s'est passé à Pierrefonds où l'architecte a dû, selon ses propres mots, « former des ateliers et par conséquence les entrepreneurs qui les dirigent, organiser un matériel spécial, des modes de procédés spéciaux³⁸ ».

33. Sablon, chaux grasse éteinte, chaux hydraulique, sable fin « de brassoir », sable de rivière de l'Aisne, chaux hydraulique de Ville-sous-la-Ferté, chaux de Pierrefonds, chaux de Laversine, grève, sablon du parc.

34. Viollet-le-Duc, 1854-1868, art. « Mortier », p. 402.

35. Id., 1863-1872, p. 27, 28 et 30.

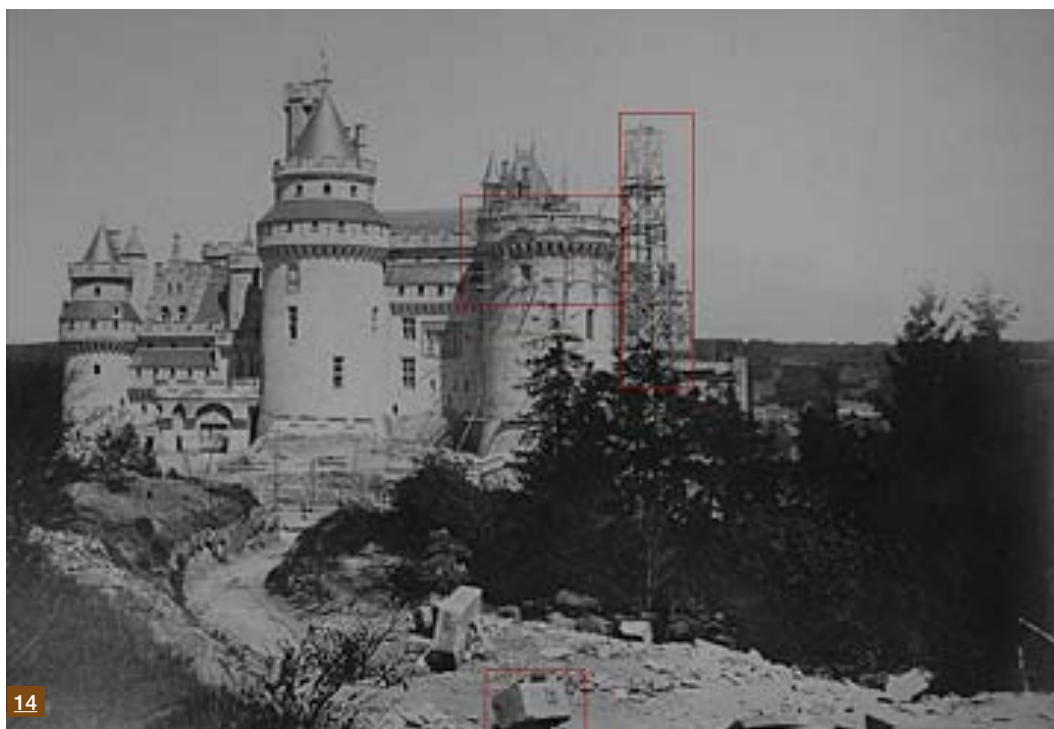
36. Ciment de Portland + sable de rivière tamisé, ciment romain + grève passé au tamis fin, ciment de Vassy.

37. Viollet-le-Duc, 1863-1872, p. 34.

38. Viollet-le-Duc au ministre des Travaux publics, lettre du 10 mai 1878, AN, F21848.

LA PIERRE ET SA MISE EN ŒUVRE À PIERREFONDS : LES CHOIX ET LES MÉTHODES DE VIOLLET-LE-DUC

Christine Bongart



14. Chantier du château de Pierrefonds, s. d., MAP.

L'approvisionnement en pierre et en sable n'est pas continu, mais il est effectué en début d'année. Wyganowski visite les carrières avec le représentant de l'entrepreneur de maçonnerie : il veille donc à l'application pratique des choix de Viollet-le-Duc. Si, dans les *Entretiens*, Viollet-le-Duc considère qu'il est préférable d'utiliser des matériaux livrés prêts à être employés³⁹, ce n'est pas le cas à Pierrefonds, où la taille est effectuée sur le chantier. Le premier chantier de taille est situé en face de l'entrée (ill. 14) et le deuxième, dans la cour du château.

Le transport entre les deux se fait par tombereaux ou brouettes. Si Viollet-le-Duc souhaitait que les premiers soient remplacés par des fardiers avec des caisses basculantes, comme des wagonnets⁴⁰, à Pierrefonds rien n'a été fait dans ce sens, probablement parce que la construction d'un matériel spécial revenait trop cher. Par ailleurs, l'architecte note que les nouveaux engins arrivent peu à peu sur les chantiers⁴¹ ; c'est bien le cas à Pierrefonds, où sont employées des machines à vapeur pour le montage des matériaux, en plus des traditionnels treuils et mouffles.

Dans les *Entretiens*, Viollet-le-Duc déclare que les architectes devraient se préoccuper des échafaudages et des cintres⁴², et ici il donne les instructions pour les échafaudages montant de fond ou à bascule (ill. 14) fournis par l'entrepreneur de maçonnerie, qui a aussi la charge des cintres. Dans certains cas, on loue le bois pour faire des économies. Sinon, on emploie le bois du parc du château ou du vieux bois fourni par l'administration ou encore du bois livré de Paris. Les échafaudages sont réutilisés tels quels, ou bien le bois est récupéré pour être réemployé. Par ailleurs, l'administration fournit les madriers en sapin utilisés pour le déplacement des blocs.

On a également des étais collés au plâtre, pour soutenir les éléments pendant la prise du mortier et la reprise d'éléments porteurs. Dans le cas des marches, les maçons scellent des planches sur les arêtes pour les protéger.

39. Viollet-le-Duc, 1863-1872, p. 54.

40. Id., 1863-1872, p. 106.

41. Id., 1863-1872, p. 105.

42. Id., 1863-1872, p. 51.

LA PIERRE ET SA MISE EN ŒUVRE À PIERREFONDS : LES CHOIX ET LES MÉTHODES DE VIOLLET-LE-DUC

Christine Bongart

Quelques écueils

Très tôt sont apparues des difficultés liées à l'utilisation de matériaux modernes, des ciments en l'occurrence. Bien que censé mieux résister à l'humidité, le ciment de Vassy, employé à l'origine, a été remplacé après 1873 par du ciment de Portland, car il avait mal vieilli.

Les problèmes dus à l'humidité sont récurrents, encore actuellement, et deux endroits ont dû être repris de façon détaillée : le pavage de la cour d'honneur et la chapelle. Mais les réparations utilisent des matériaux assez proches de ceux d'origine (pierre de Saint-Maximin, de Saint-Pierre-Aigle ou de Bonneuil). On peut donc considérer que l'œuvre de Viollet-le-Duc est parvenue quasi intacte jusqu'à nous.

En dernière analyse, la mise en œuvre de la pierre dans la reconstruction du château de Pierrefonds par Viollet-le-Duc apparaît comme le fruit d'un compromis. D'une part, les théories de l'architecte s'inspirent du Moyen Âge, tout en acceptant, de manière pragmatique, un certain degré de modernisation. D'autre part, les contraintes techniques et financières qui accompagnent le chantier l'obligent à s'adapter, quitte à faire l'impasse sur les principes exprimés dans ses écrits.

Par ailleurs, bien que l'architecte ait un rôle déterminant dans le choix des matériaux (ce qui témoigne de ses connaissances en la matière) et dans la façon dont ils sont mis en œuvre, ses nombreuses occupations ne lui permettent pas de surveiller le chantier. Il doit déléguer à des collaborateurs de confiance, qui sont au fait de ses méthodes et à même de faire respecter ses instructions. Il tient d'ailleurs à garder les mêmes entreprises et les mêmes ouvriers, qui ont acquis ce savoir-faire particulier.

BIBLIOGRAPHIE

GARRY (R.), *Les Compagnons en France et en Europe*, 1973.

GRODECKI (L.), « Pierrefonds : la restauration du château », in cat. exp. *Viollet-le-Duc*, Paris, Grand Palais, 19 février-5 mai 1980, Paris, RMN, 1980.

THIBIERGE (M.-T.), « Le château de Pierrefonds : le décor sculpté », in cat. exp. *Viollet-le-Duc*, Paris, Grand Palais, 19 février-5 mai 1980, Paris, RMN, 1980.

VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, Paris, Bance et Morel, 1854-1868.

VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Description du château de Pierrefonds*, Paris, A. Morel, 1861.

VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Entretiens sur l'architecture*, Paris, A. Morel, 1863-1872.

LES MATÉRIAUX DE VIOLLET-LE-DUC DANS LE CHANTIER DE LA CATHÉDRALE DE CLERMONT-FERRAND

Nicolas Navarro

Diplômé de l'École du Louvre, associé au programme de recherche

« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

RÉSUMÉ

Viollet-le-Duc met en œuvre, après la visite de l'empereur Napoléon III à Clermont-Ferrand en 1862, un projet d'achèvement de la cathédrale de cette même ville. Cette dernière se compose à l'époque d'un chœur et d'une nef de style gothique du ^{xiv}^e siècle, achevés à l'ouest par une façade romane du ^{xi}^e siècle. Cette construction est principalement réalisée en pierre de Volvic, pierre volcanique locale dont l'exploitation et l'utilisation en maçonnerie ont véritablement commencé à partir du chantier de construction de la cathédrale médiévale.

Viollet-le-Duc, dans son projet d'achèvement, prend la suite des travaux d'entretien ainsi que des premiers projets d'achèvement de la cathédrale, composés par l'architecte diocésain Mallay, qui utilisaient quasi systématiquement des matériaux locaux. Il projette ainsi une façade entièrement construite en pierre de Volvic en reprenant à la fois des techniques de taille ancienne, tout en utilisant également pour certaines parties des techniques de taille et de mise en œuvre modernes. De la même manière, il reconstruit une toiture en plomb en réutilisant une partie du matériau présent sur le site et en en important du nouveau.

Toutefois, Viollet-le-Duc use à Clermont-Ferrand de matériaux et de techniques de mise en œuvre plus modernes et originales avec, notamment, l'emploi du zinc ainsi que de grands arcs en brique servant de support au toit de la nef.

Le projet de Viollet-le-Duc à Clermont-Ferrand est donc un chantier qui mêle innovations techniques et traditions locales permettant à l'architecte de réaliser une création de grande ampleur représentative de son contexte.

VIOLLET-LE-DUC'S BUILDING MATERIALS AND HIS WORK ON COMPLETING THE CATHEDRAL OF CLERMONT-FERRAND

Nicolas Navarro

Graduate of the École du Louvre

*Associated with the research program "Les matériaux chez Viollet-le-Duc",
LRMH-Université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)*

ABSTRACT

Following Emperor Napoleon III's visit to Clermont-Ferrand in 1862, Viollet-le-Duc began work on a project to finish its cathedral. At the time the latter consisted of a choir and a 14th-century Gothic nave completed by an 11th-century Romanesque façade on the west. These were mainly built from Volvic stone, a local volcanic rock that had been quarried and used for masonry essentially from the time of the medieval cathedral's construction.

Viollet-le-Duc's project for completing the cathedral took its cue from the maintenance work and earlier completion projects elaborated by the diocese's architect Aymon Mallay, who relied almost systematically on local materials. Viollet-le-Duc drew up plans for a façade entirely built from Volvic stone, reviving ancient stonecutting techniques while also employing modern methods of stonecutting and building in parts of the structure. Similarly, he rebuilt a lead roof, reusing some of the on-site material and combining it with new imported materials.

Yet at Clermont-Ferrand Viollet-le-Duc also made use of more modern and original materials and techniques of implementation, notably by employing zinc and large brick arches to support the nave's roof.

His Clermont-Ferrand project thus combined technical innovations and local traditions, enabling him to realize a large-scale work that is fully representative of its context.

LES MATÉRIAUX DE VIOLLET-LE-DUC DANS LE CHANTIER DE LA CATHÉDRALE DE CLERMONT-FERRAND

Nicolas Navarro

Diplômé de l'École du Louvre, associé au programme de recherche

« Les matériaux chez Viollet-le-Duc », LRMH-université Charles-de-Gaulle-Lille 3 (France)

Après une première cathédrale construite en style roman au x^e siècle, une nouvelle construction de style gothique est mise en œuvre. Les travaux commencent en 1248 dans une région où l'imprégnation du gothique s'est effectuée par petites touches. En 1350, la cathédrale comporte alors cinq chapelles rayonnantes autour d'un déambulatoire et cinq nefs, mais l'essoufflement des fonds viendra à bout du chantier et ne permettra pas un achèvement de l'édifice dont la nef se rattache alors à la façade romane encore en place. De nombreux projets d'achèvement ont été imaginés entre le xv^e et le xix^e siècle, conduisant, pour certains d'entre eux, à des réalisations partielles. En 1496, un projet prévoit notamment l'achèvement de la partie occidentale de la cathédrale en formant une façade flamboyante ; or seule une couverture neuve en plomb sera posée sur la nef, en remplacement d'une couverture en tuiles¹. Autour de 1850 l'architecte diocésain Mallay propose plusieurs projets d'achèvement, puis c'est en 1855 que le ministre des Cultes demande à Viollet-le-Duc un avant-projet d'agrandissement et d'achèvement de la cathédrale².

Les réalisations de Viollet-le-Duc doivent ainsi prendre en compte la situation de l'édifice au milieu du xix^e siècle. Après des travaux préalables nécessaires à la bonne tenue du chantier, l'architecte transmet, le 10 avril 1865, un projet approuvé par le ministre des Cultes. La mise en adjudication des travaux de construction de la façade est fixée au 15 juillet 1865³. Viollet-le-Duc décide alors d'ajouter des travées de nef reproduisant le schéma des travées médiévales puis un narthex formé d'une seule travée en profondeur dans le prolongement de la nef et des collatéraux. La façade transcrit à l'extérieur la division intérieure de la nef et des bas-côtés. Elle se compose de trois niveaux surmontés de flèches. Le mauvais état de la charpente de la nef obligera Viollet-le-Duc à effectuer, en plus de la maçonnerie, des travaux supplémentaires pour le couvrement et la couverture⁴.

LA MAÇONNERIE

La pierre de Volvic dans le chantier de Viollet-le-Duc

La pierre de Volvic, aussi appelée lave de Volvic, est le matériau qui a servi à la réalisation de la totalité de la partie médiévale de la cathédrale gothique. Elle sera également l'unique pierre de taille utilisée pour les constructions effectuées par Viollet-le-Duc. Elle est présente depuis les fondations jusqu'au sommet des flèches pour la façade ainsi que dans toute la maçonnerie des travées de la nef⁵.

C'est une pierre volcanique de type trachy-andésite issue des coulées de lave du puy de la Nugère, à proximité de la ville de Volvic. Elle est issue de coulées qui se sont épanchées depuis le volcan vers l'est, composées de laves épaisses et très peu fluides. Après extraction, elle prend une couleur grise sombre, voire noire, qui tranche avec les édifices en calcaire ou en craie construits durant les époques précédant son extraction.

1. Courtillé, 2002, p. 184-205.

2. Archives nationales (AN), F197686, devis sommaire des travaux d'achèvement de la cathédrale de Clermont et de construction de la façade occidentale par Viollet-le-Duc, 29 septembre 1855.

3. Archives départementales (AD) du Puy-de-Dôme, T 0230, adjudication des travaux de construction de la façade et des tours.

4. Hallopeau, 1980, p. 186-187.

5. AN, F197685, devis des travaux à exécuter pour la construction d'une façade surmontée de deux tours avec raccord de la nef par Viollet-le-Duc.

LES MATÉRIAUX DE VIOLLET-LE-DUC DANS LE CHANTIER DE LA CATHÉDRALE DE CLERMONT-FERRAND

Nicolas Navarro

L'appareil de la construction gothique est d'une grande qualité, formé de pierres assez minces mises en œuvre d'une manière très régulière, formant des assises continues. Au Moyen Âge, il semble que les outils de taille les plus employés aient été les taillants droits ou les polkas⁶. Ces outils ont laissé sur les parties médiévales des marques d'impact droites correspondant à la percussion de l'outil sur la roche. Elles sont alignées tantôt le long des diagonales des blocs, tantôt perpendiculairement à la longueur de ceux-ci, formant une taille décorative. Mais ces alignements restent, malgré tout, approximatifs, en raison de la difficulté pour le tailleur de pierre à reproduire des impacts réguliers.

Au XIX^e siècle, l'emploi de la pierre de Volvic était courant, notamment pour les travaux d'entretiens réguliers de la cathédrale. Les carrières connues sont alors celles des Besses, de Luzet, des Goulots et de la Plaine, toutes produisant des pierres regroupées sous l'appellation « pierre de Volvic ». Les carrières précises choisies par Viollet-le-Duc pour le chantier de la cathédrale nous sont en revanche inconnues. Durant les travaux réguliers, l'architecte diocésain fait toujours appel à des artisans locaux, et Viollet-le-Duc perpétue ce choix en faisant de Dauzat, entrepreneur des travaux d'entretien de la cathédrale, l'entrepreneur des travaux d'achèvement de la cathédrale.

Durant le chantier, les outils utilisés sont différents des outils médiévaux. Certains blocs laissent apparaître l'usage de la boucharde, usage qu'interdisait Mallay en 1859 lors de la réfection des soubassements extérieurs de la cathédrale⁷. Cet usage se justifie par son utilité pour parementer rapidement les pierres dures. Mais son utilisation est réservée aux parties de la construction qui ne sont pas placées en parement extérieur, comme par exemple les escaliers à l'intérieur des tours menant aux beffrois. L'usage de la boucharde semble presque systématiquement accompagné d'une ciselure périmétrique (ill. 1) afin de dégager les côtés de la face de parement grâce à l'utilisation de ciseaux fins.

Un autre outil semble avoir connu un grand succès : il s'agit de la patente (ill. 1), également appelée américaine. Cet outil présente, à chaque bout de sa partie centrale, une mortaise dans laquelle s'enchâsse une série de lames courtes pouvant aller de cinq à quatorze tranchants. L'utilisation de cet outil est fine et coûteuse car il faut avoir auparavant terminé le bouchardage. La patente apparaît après la deuxième moitié du XIX^e siècle et confère au parement de la pierre un aspect haché perpendiculaire très régulier. Son usage est limité aux travaux spéciaux qui réclament un fini parfait. Dans la région de Volvic, où l'usage de cet outil est très fréquent, on appelle « américaine » la patente traditionnelle équipée d'une double série de lames⁸. On note donc une variété de traitement entre des parements richement travaillés à l'extérieur et un travail plus pauvre dans les parties invisibles. Cette variété permet une économie tout en donnant une apparence extérieure de grande qualité.

Viollet-le-Duc utilise un mortier à la chaux pour la mise en œuvre comme cela est le cas dans les parties médiévales. Pour une partie du mortier, il semble qu'il utilise de la pouzzolane de Gravenoire⁹,

Sauf mention particulière, toutes les photographies sont de l'auteur.



1. Clermont-Ferrand, cathédrale, maçonnerie extérieure du chantier de Viollet-le-Duc, utilisation de la patente et de la ciselure périmétrique, mortier de chaux.

6. Bessac, 1993, p. 59. Bessac explique qu'avec l'essor du style gothique la polka remplace progressivement le taillant droit et connaîtra un essor considérable durant le XIII^e siècle.

7. AN, F197683, rapport de l'architecte diocésain sur les dépenses à faire en 1860, 5 octobre 1859. Mallay y préconise plutôt l'usage du taillant fin.

8. Bessac, 1993, p. 90. Ce terme proviendrait du fait que les patentes de la région de Volvic « proviennent actuellement des États-Unis d'Amérique où elles sont couramment utilisées pour les granits ».

9. AN, F197683, rapport sur les augmentations de prix, 10 janvier 1862.

LES MATÉRIAUX DE VIOLLET-LE-DUC DANS LE CHANTIER DE LA CATHÉDRALE DE CLERMONT-FERRAND

Nicolas Navarro

issue des projections du puy de Gravenoire, situé à environ deux kilomètres de Clermont-Ferrand. Un tel appareil semble légèrement plus long que celui de la construction médiévale, tout en conservant les mêmes assises. Le changement en est donc très peu perceptible. C'est peut-être l'évolution des possibilités d'extraction des pierres qui a provoqué l'augmentation de dimensionnement.

Le béton

Dès l'avant-projet qu'il dirige avec Mallay pour le ministre en 1855, Viollet-le-Duc propose l'utilisation du « béton dans le fond des fouilles pour araser le sol¹⁰ » : les fondations seront ainsi faites en mortier de chaux hydraulique sur un massif de béton. Cet élément sera présent dans les devis successifs jusqu'au devis final dressé en 1865. Celui-ci fait état de « construction en béton¹¹ » qui sert de base aux fondations au-dessus de laquelle s'élèvent les autres constructions.

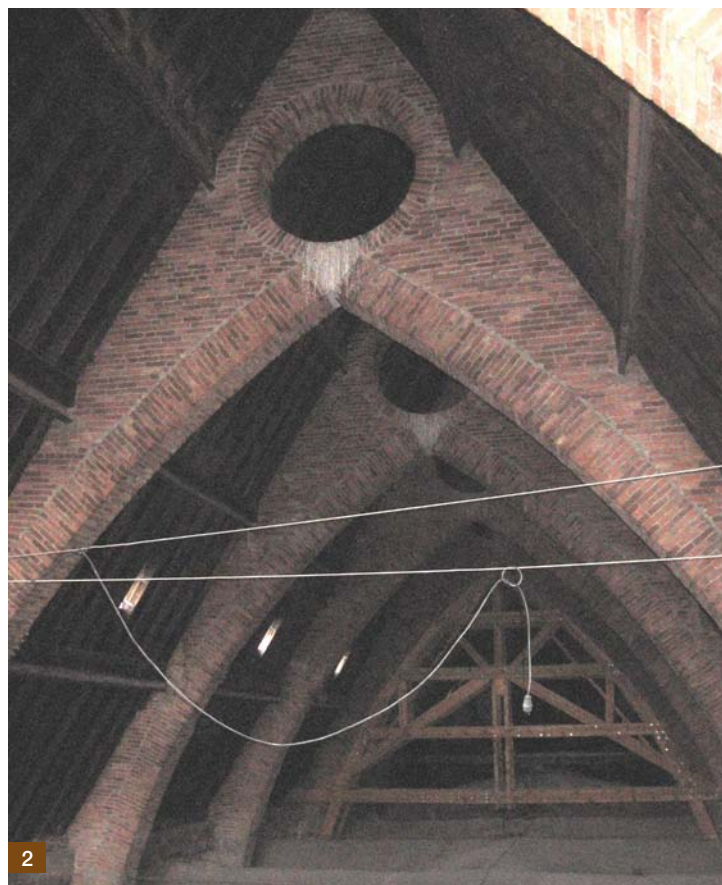
Une autre occurrence du béton concerne peut-être la construction de la façade : il s'agit des parties sous le niveau du sol de l'église, dans les travées des tours et du narthex qui présentent des voûtes. Au-dessus de deux assises en pierre de taille, le remplissage pourrait avoir été effectué en béton. Toutefois, il pourrait s'agir d'un simple revêtement de ciment sur une maçonnerie en moellon, voire d'un revêtement plus tardif¹².

LA CHARPENTE ET LA COUVERTURE DE LA NEF

La charpente : un schéma original

Lors de l'avant-projet de l'architecte diocésain en 1850, il est fait mention de la construction d'une charpente en chêne. En effet, la charpente médiévale intégralement faite de bois commençait à verser en raison de sa vétusté. En 1874, Viollet-le-Duc propose donc le changement complet de la charpente en gardant à l'abside une charpente en bois réutilisant les morceaux en bon état. Il ajoute une sorte d'échafaudage de sapin pour renforcer cette charpente à l'ouest¹³. Il suit dans la nef un schéma identique à celui qui était prévu pour les premières travées. Celui-ci est particulièrement original puisqu'il se compose d'un arc en brique (ill. 2), remplaçant les fermes de la charpente, auquel s'ajoutent un voligeage soutenu par des pannes portant la couverture et des tirants en fer maintenant la solidité de l'ensemble. Les arcs en brique ont la forme d'arc en tiers-point avec une clé de voûte en pierre.

2. Clermont-Ferrand, cathédrale, charpente de la nef, arc en brique.



10. AN, F197686, devis sommaire des travaux d'achèvement de la cathédrale de Clermont et de construction de la façade occidentale par Viollet-le-Duc et Mallay, 29 septembre 1855

11. AN, F197685, devis des travaux à exécuter pour la construction d'une façade surmontée de deux tours avec raccord de la nef par Viollet-le-Duc.

12. Les archives ne nous ont pas permis d'éclairer ce sujet.

13. Médiathèque de l'architecture et du patrimoine (MAP), 2003/018/06, dossier 79, cathédrale Notre-Dame de Clermont, mars 1996, état des lieux.

LES MATÉRIAUX DE VIOLLET-LE-DUC DANS LE CHANTIER DE LA CATHÉDRALE DE CLERMONT-FERRAND

Nicolas Navarro



3

3. Clermont-Ferrand, cathédrale, base de la charpente de la nef, arc en brique.

4. Clermont-Ferrand, cathédrale, couverture en plomb de la nef.

Ils sont placés au-dessus des arcs doubleaux de la nef et retombent sur d'épaisses bases en pierre (**ill. 3**) qui prolongent les piles de la nef. La partie inférieure de l'arc est extradossée. Ces arcs sont percés d'un oculus dans leur centre et sont construits avec de la brique double¹⁴. Des chevrons en sapin soutenus par quatre pannes métalliques portent la toiture à l'aide d'un voligeage percé d'oculi. À la base, une sablière en bois est maintenue par des plates-bandes en fer ou moises¹⁵. Ces éléments reposent sur des prolongations des murs gouttereaux de la nef qui sont formées par des assises de moellon parfois additionnées de brique. Un tirant en fer est scellé à la base de chaque arc en brique, dans les toutes premières assises au-dessus de la base en pierre. Il joint les deux bases de l'arc. En son milieu est présent un trait de Jupiter.

La brique est également présente en deux endroits de la maçonnerie de la façade : la cloison derrière les orgues, réalisée en brique double en 1877 et une cloison au premier étage de la tour sud, réalisée en brique simple la même année afin de séparer deux pièces de service dans la construction utilisée pour l'agence de l'architecte¹⁶.

La couverture de la nef : une solution mixte

La couverture de la nef médiévale était faite en plomb (**ill. 4**) depuis le xv^e siècle, succédant à la toiture d'origine en tuiles, après le premier projet d'achèvement de la cathédrale. Les projets d'achèvement du xix^e siècle reprennent ainsi tous ce choix de la couverture en plomb sur l'ensemble de l'édifice. Les travaux d'entretien, dans le courant du xix^e siècle, faisaient déjà état de changements réguliers de feuilles de plomb en raison des conditions climatiques, de tempêtes et d'ouragans qui faisaient s'envoler certaines parties¹⁷.

Lors des travaux d'achèvement, le mauvais état de la charpente conduit Viollet-le-Duc à la remplacer dans sa totalité et donc à déposer la vieille couverture. Les travaux seront effectués à partir de 1874 par les entrepreneurs parisiens Monduit, Gaget, Gauthier et C^{ie}, car Viollet-le-Duc estime qu'ils ont une longue pratique de la couverture et qu'ils présentent les garanties sérieuses après leur collaboration à certains de ses grands chantiers, notamment ceux de Notre-Dame de Paris



4

14. AN, F197683, devis estimatif et descriptif des travaux de couverture, 8 novembre 1873.

15. *Viollet-le-Duc en Auvergne*, 1979, p. 51.

16. AN, F197683, « décompte général des travaux exécutés de 1874 à 1888 inclus par le S^r Jacqueti », 11 mai 1889.

17. AN, F197686, lettre de Mallay, 19 décembre 1850.

LES MATÉRIAUX DE VIOLLET-LE-DUC DANS LE CHANTIER DE LA CATHÉDRALE DE CLERMONT-FERRAND

Nicolas Navarro

et de Saint-Denis¹⁸. Pour la pose de la couverture, l'architecte décide d'utiliser une partie du vieux plomb qui sera recoulé en table, refondu à Paris et remonté ensuite sur la cathédrale¹⁹. Le reste de la couverture sera réalisé avec du plomb neuf : cette solution mixte permet ainsi une économie importante.

La mise en œuvre de la nouvelle couverture s'effectue sur le voligeage en sapin qui remplace le voligeage médiéval²⁰. Le plomb utilisé est du plomb coulé, à surface unie. « Les plombs seront coulés en table, ils seront passés [...] sur des tasseaux et enroulés, ils seront soutenus par des agrafes dans le bas et cloués derrière le douillage²¹. » Les feuilles enroulées forment des bourrelets. Les agrafes présentent un motif végétal à leur extrémité. La crête, quant à elle, est faite de plomb neuf repoussé et ornée de palmettes identiques aux motifs médiévaux²².

On note également l'emploi du plomb dans la mise en œuvre de la maçonnerie. En plus de joints au mortier, Viollet-le-Duc utilise également des scellements (**ill. 5**) et des joints en plomb, notamment pour les parties extérieures des travées des bas-côtés (terrasses, balustrades...); ils permettent en effet une meilleure isolation des eaux pluviales en renforçant l'imperméabilité des joints. Par ailleurs, les goujons (**ill. 6**) sont présents en grand nombre dans la construction, principalement pour des parties en forte saillie ou qui ont besoin d'un renforcement de leur maintien, comme les pinacles. En revanche, on n'utilise pas d'agrafes pour lier les blocs des balustrades, comme cela est le cas dans les parties médiévales (**ill. 7**).



5. Clermont-Ferrand, cathédrale, maçonnerie extérieure du chantier de Viollet-le-Duc, mortier de chaux et scellement au plomb.

6. Clermont-Ferrand, cathédrale, maçonnerie extérieure du chantier de Viollet-le-Duc, goujon pour les pinacles.

7. Clermont-Ferrand, cathédrale, maçonnerie extérieure, agrafe médiévale.



18. AN, F197685, lettre de Viollet-le-Duc au ministre, 2 février 1874.

19. AD, T0229, décompte des travaux exécutés en 1874 par les S^{rs} Monduit, Gaget, Gauthier et C^{ie}.

20. AN, F197685, sous-détails des prix de plomberie, 30 janvier 1874.

21. AN, F197683, devis estimatif et descriptif, 8 novembre 1873.

22. AN, F197685, devis des travaux à exécuter pour la construction d'une façade surmontée de deux tours avec raccord de la nef, plomberie.

Une armature métallique pour la couverture des flèches

La première partie de la charpente des flèches est réalisée en bois. En effet, au niveau de l'étage des beffrois, situé juste en dessous des flèches, un assemblage de charpente en bois permet de soutenir les cloches. Ainsi, à l'intérieur des beffrois, se trouve un système très complexe composé de chevrons, d'entrants²³... Viollet-le-Duc a également prévu des abat-sons composés de tables en plomb qui se nichent dans les baies perçant l'étage sur tous ses côtés²⁴. Au-dessus, à l'étage de la flèche, un système d'armatures métalliques permet de maintenir la couverture. Il se compose d'une armature centrale qui s'élève jusqu'au sommet de la flèche et de quatre armatures formant un carré à la base de la flèche et s'élevant sur environ un quart de la hauteur de celle-ci²⁵. La couverture au fleuron des flèches est faite de feuilles de zinc de 0,80 m. Celles-ci sont posées à l'aide de tasseaux en sapin. La couverture est complétée de canaux également en zinc²⁶.

UNE ŒUVRE PARTICULIÈRE DANS LA CARRIÈRE DE VIOLLET-LE-DUC

Le chantier de la cathédrale de Clermont-Ferrand a permis à Viollet-le-Duc de mettre en œuvre sa théorie de la construction gothique tout en l'adaptant aux conditions pratiques du terrain : la question qui se pose à l'architecte est de savoir s'il doit utiliser les techniques mises en œuvre lors de la construction en recréant un chantier médiéval ou bien s'il doit faire appel aux techniques modernes.

Viollet-le-Duc décide de reprendre une partie des techniques médiévales. Pour cela, il est guidé tout d'abord par l'utilisation des matériaux originaux. En raison de son emploi contemporain, il peut légitimement utiliser la pierre de Volvic et les autres matériaux régionaux ayant servi à la cathédrale médiévale. Il tente également de reproduire les techniques mises en œuvre au Moyen Âge.

Pour autant, on ne peut pas dire que Viollet-le-Duc ne cède pas aux techniques nouvelles. Ainsi, l'utilisation d'une charpente en brique est originale et constitue une rupture par rapport à la charpente médiévale en bois. L'emploi du zinc pour la couverture des flèches et l'utilisation de la ciselure périphérique (ill. 1), présente sur une grande partie des blocs de parement en pierre, constituent des nouveautés. L'architecte innove également en acheminant les matériaux par chemin de fer. Le plomb, qui doit être refondu, peut faire l'aller-retour à Paris ; la pierre peut ainsi venir de Volvic en profitant de la ligne ouverte à partir de 1868. Enfin, il utilise une machine à vapeur pour hisser la pierre jusqu'au niveau supérieur des tours.

On peut donc dire que les avancées industrielles ont permis de rendre le chantier plus « confortable ». La modernisation constitue également une réponse aux contraintes économiques : moins long, le chantier est moins onéreux. Viollet-le-Duc a ainsi commenté cette nécessaire adaptation : « Les méthodes du constructeur doivent donc varier en raison de la nature des matériaux, des moyens dont il dispose, des besoins auxquels il doit satisfaire et de la civilisation au milieu de laquelle il naît²⁷. »

23. MAP, 82/63/1006, flèches, coupes et plan d'Anatole de Baudot, 1889.

24. AN, F197685, compte général en fin d'entreprise des travaux exécutés de 1874 à 1889 par les S^{rs} Monduit, Gaget, Gauthier et C^{ie}, entrepreneur de plomberie, 20 novembre 1889.

25. MAP, 82/63/1006, terminaison des flèches et armatures par Anatole de Baudot, mars 1883.

26. AN, F197685, compte général en fin d'entreprise des travaux exécutés de 1874 à 1889 par les S^{rs} Monduit, Gaget, Gauthier et C^{ie}, entrepreneur de plomberie, 20 novembre 1889, réf. citée.

27. Viollet-le-Duc, 1854-1868, t. IV, art. « Construction », p. 1.

LES MATÉRIAUX DE VIOLLET-LE-DUC
DANS LE CHANTIER DE LA CATHÉDRALE
DE CLERMONT-FERRAND

Nicolas Navarro

BIBLIOGRAPHIE

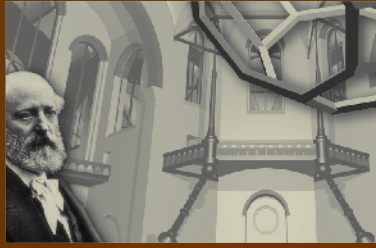
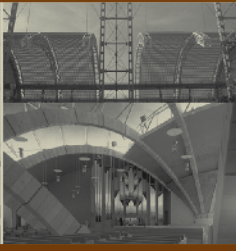
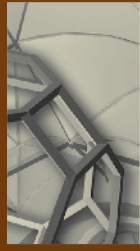
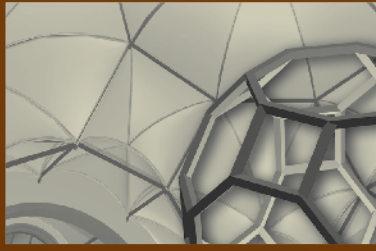
BESSAC (J.-C.), *L'Outillage traditionnel du tailleur de pierre de l'Antiquité à nos jours*, Paris, CNRS, 1993.

COURTILLÉ (A.), *Auvergne, Bourbonnais, Velay gothiques*, Paris, Picard, 2002.

HALLOPEAU (M.-L.), « Clermont-Ferrand : la façade de la cathédrale », in cat. exp. *Viollet-le-Duc*, Paris, Grand Palais, 19 février-5 mai 1980, Paris, RMN, 1980.

VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, Paris, F. de Nobele, 1854-1868.

Viollet-le Duc en Auvergne, cat. exp., Clermont-Ferrand, musée Bargoin, 13 octobre 1979-2 janvier 1980, Clermont-Ferrand, 1979.



[Sommaire >>](#)

[Contents >>](#)

III.

UN PASSÉ PORTEUR D'AVENIR : Viollet-le-Duc et les techniques de construction



VIOLLET-LE-DUC ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES : SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ

Giuseppe Fallacara

Professeur de composition architectonique, faculté d'architecture polytechnique de Bari (Italie)

Luc Tamborero

*Tailleur de pierre, compagnon du Devoir du tour de France, chercheur associé
du laboratoire GSA de l'École nationale supérieure d'architecture Paris-Malaquais (France)*

Maurizio Brocato

*Professeur, École nationale supérieure d'architecture Paris-Malaquais
et École nationale des ponts et chaussées (France)*

RÉSUMÉ

Cette étude veut souligner la grande valeur des spéculations-projets de Viollet-le-Duc, en particulier de ses intuitions pour ce qui concerne les structures mixtes en pierre et acier, afin de les considérer comme fondement d'une recherche sur la pierre portante. Ceci représente aujourd'hui un thème très intéressant sur lequel beaucoup de chercheurs, architectes et ingénieurs fondent leurs analyses : à partir des prototypes de Peter Rice jusqu'à l'œuvre magistrale de Renzo Piano à San Giovanni Rotondo (en Italie).

L'arc en pierre armée, présenté par Viollet-le-Duc dans le deuxième tome de ses *Entretiens sur l'architecture*, est un exemple éclatant de la volonté d'améliorer les prestations de l'élément portant en agissant mutuellement sur les coactions statiques-mécaniques optimales de la pierre et du fer.

L'intuition de Viollet-le-Duc trouve ses antécédents historiques dans les études et les réalisations des grands monuments gothiques dans lesquels, pour répondre à une volonté de « gigantisme », s'associaient la stéréotomie et l'ourdis métallique caché dans les joints des claveaux ou dans les renforts des voûtes.

Fort de ces observations archéologiques, Viollet-le-Duc-théoricien ne cache pas la vérité constructive et structurale de l'œuvre ; il traduit la nervure métallique en éléments esthétiquement dignes d'être admirés au pair de la parfaite coupe d'un claveau en pierre.

En ce sens, on ouvre le champ de recherche à de nouvelles expérimentations de composition-projet qui permettront la réalisation de monuments rationnels et esthétiquement exceptionnels.

Cette étude se propose ainsi d'expérimenter le projet de Viollet-le-Duc en décrivant les phases de réalisation, montage et test de résistance de l'arc présenté dans les *Entretiens*, expressément réalisé (à échelle opportune) pour l'occasion du colloque de Pierrefonds.

VIOLLET-LE-DUC AND COMPOSITE STRUCTURAL FRAMES: MORPHOLOGICAL-CONSTRUCTIVE SPECULATIONS ON THE THEME OF THE REINFORCED ARCH

Giuseppe Fallacara

Professor of Architectonic Composition, Polytechnic School of Architecture, Bari (Italy)

Luc Tamborero

Stone cutter, compagnon du Devoir du Tour de France research associate of the GSA Laboratory at the École Nationale Supérieure d'Architecture Paris-Malaquais (France).

Maurizio Brocato

Professor at the École Nationale Supérieure d'Architecture Paris-Malaquais and the École nationale des ponts et chaussées (France)

ABSTRACT

The aim of our study is to stress the major value of Viollet-le-Duc's speculative projects, in particular that of his intuitions regarding composite stone and steel structures, in order to consider them as a foundation for research into the question of load-bearing stone. A large number of students, architects and engineers have based their analyses on this theme, a particularly interesting one at present, from Peter Rice's prototypes to Renzo Piano's masterpiece at San Giovanni Rotondo, Italy.

The reinforced stone arch that Viollet-le-Duc presents in Volume 2 of his *Discourses on Architecture* is a brilliant example of his quest to improve the capacities of load-bearing elements by making use of the optimal static-mechanical interactions of stone and steel.

The architect's intuitions have historical precedents in the studies and achievements of the great Gothic edifices, which, to satisfy a "monumental" agenda, combined stonecutting and metal reinforcements concealed in the joints between voussoirs or the buttressing of vaults.

Fortified by the experience of his archaeological observations, Viollet-le-Duc the theoretician does not hesitate to expose the constructive and structural truth of an architectural work, but translates metallic ribbing into elements that are aesthetically as worthy of being admired as the perfect cut of a keystone.

In this respect, we hope to open up research to novel experiments involving composite materials that will contribute to the construction of rational and aesthetically outstanding monuments.

Our study also proposes to test Viollet-le-Duc's project by determining the phases of its creation, erecting an arch like the one presented in the *Discourses on Architecture*, and testing its load-bearing capacity, building if expressly (on a suitable scale) on the occasion of this symposium at Pierrefonds.

VIOLLET-LE-DUC

ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES :
SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES
SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ**Giuseppe Fallacara***Professeur de composition architectonique, faculté d'architecture polytechnique de Bari (Italie)***Luc Tamborero***Taillieur de pierre, compagnon du Devoir du tour de France, chercheur associé
du laboratoire GSA de l'École nationale supérieure d'architecture Paris-Malaquais (France)***Maurizio Brocato***Professeur, École nationale supérieure d'architecture Paris-Malaquais
et École nationale des ponts et chaussées (France)*

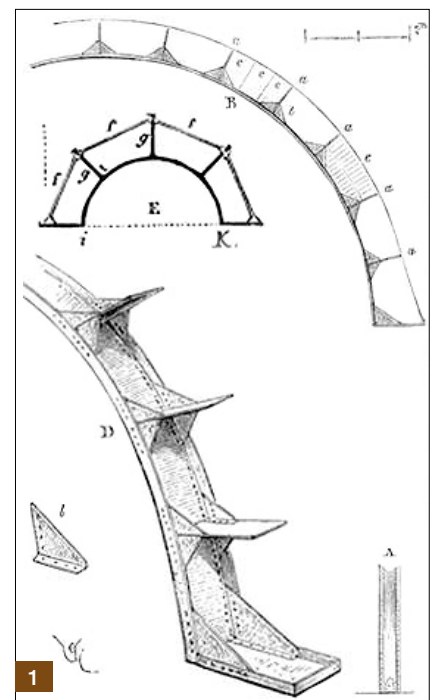
Cette étude¹ souhaite souligner l'importance des spéculations-projets de Viollet-le-Duc, en particulier de ses intuitions en ce qui concerne les structures mixtes en pierre et acier, afin de les instituer comme fondement d'une recherche sur la pierre portante. Cela constitue en effet aujourd'hui un thème sur lequel beaucoup de chercheurs, architectes et ingénieurs fondent leurs analyses, depuis les prototypes de Peter Rice jusqu'à l'œuvre magistrale de Renzo Piano à San Giovanni Rotondo (Italie).

L'arc en pierre armée, présenté par Viollet-le-Duc en 1863 dans le tome II de ses *Entretiens* (ill. 1), constitue un exemple éclatant de la volonté d'améliorer les prestations de l'élément portant en agissant mutuellement sur les actions statiques et mécaniques optimales de la pierre et du fer. À cet égard, il écrit dans son traité : « Poursuivons donc nos tentatives ; si imparfaites qu'elles soient, elles n'en montreront pas moins qu'il y a tout à faire dans l'art de la construction aujourd'hui, et que l'architecture ne prendra une nouvelle forme que si elle se met franchement à la remorque des procédés réellement neufs et raisonnés que nous fournit notre temps². »

L'intuition de Viollet-le-Duc trouve ses antécédents historiques dans les études et les réalisations des grands monuments gothiques dans lesquels, pour répondre à une volonté de « gigantisme », s'associaient la stéréotomie et l'ourdis métallique caché dans les joints des claveaux ou dans les renforts des voûtes.

Fort de ces observations archéologiques, Viollet-le-Duc théoricien ne dissimule pas la vérité constructive et structurale de l'œuvre, il traduit la nervure métallique en éléments tout aussi dignes d'être admirés, esthétiquement, que la parfaite coupe d'un claveau en pierre.

En ce sens, le champ de recherche s'ouvre à de nouvelles expérimentations de composition-projet qui permettront la réalisation de monuments rationnels et esthétiquement exceptionnels. Notre étude se propose ainsi d'expérimenter le projet de Viollet-le-Duc en décrivant les phases de réalisation, montage et test de résistance de l'arc présenté dans les *Entretiens*, expressément réalisé (à échelle convenable) pour l'occasion du colloque de Pierrefonds.



1. Arche de pierre et de fer proposée par Viollet-le-Duc, *Entretiens*, t. II, XII, p. 78.

1. Cet article a été écrit en collaboration avec la SNBR (Société coopérative ouvrière de production et restauration des monuments historiques, Troyes), réalisatrice du prototype de l'arc « V-le-D. », Philippe Bobri, Bernard Laucornet, en collaboration avec Lucia Mondardini, ingénieur. Merci aussi à : E. Antonacci, D. Bavia, C. Calabria, I. Calò, T. Pagnelli, G. Trotti, étudiants en architecture du Politecnico de Bari, auteurs d'un mémoire sur le sujet, intitulé « Aggiornamento tecnico-morfologico di strutture complesse in pietra armata », sous la direction du professeur Giuseppe Fallacara.

2. Viollet-le-Duc, *Entretiens*, t. II, XII, p. 78.

VIOLLET-LE-DUC ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES : SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ

Giuseppe Fallacara, Luc Tamborero, Maurizio Brocato



2. Phases de la construction de l'arche, lames en acier et en particulier une attaque au sol. Photo G. Fallacara.

Cet exemple mérite une attention particulière, bien qu'il ne représente qu'une brève digression au sein d'un ample discours sur les formes les plus appropriées à donner de nos jours aux couvertures. Le thème, cette fois-ci, est l'arc. Viollet-le-Duc laisse peu de place à cet exemple car, à son avis, il ne constitue pas une réelle innovation, mais plutôt une certaine utilisation du fer dans une structure conçue de manière traditionnelle. Le système constructif proposé par Viollet-le-Duc se compose, pour utiliser la terminologie de l'auteur, d'une bande d'intrados en acier, de claveaux en pierre et de palettes en acier engagées entre claveaux et liées à la bande d'intrados.

Un tel système permet l'établissement d'une synergie entre pierre et acier qui génère une structure mixte aux prestations supérieures à celles de deux structures composées des mêmes éléments, mais prises séparément ; il figure parmi les innovations apportées au XIX^e siècle dans l'emploi de l'acier dans la construction civile qui mèneront finalement au développement du béton armé, mais il anticipe de plus de deux décennies le procédé fondamental de l'étrier : la poutre à étrier en béton apparaîtra vers 1870, mais ne sera brevetée par Hennebique qu'en 1892.

La clé de l'innovation propre à ce système réside dans l'introduction de palettes intercalaires en acier liées à la bande d'intrados (**ill. 2**). Expliquant le fonctionnement de la structure mixte, Viollet-le-Duc démontre une juste perception du rôle que ces palettes doivent jouer pour la stabilité de l'ensemble : sollicitant la raideur en traction de la bande, elles empêchent tout écartement des claveaux à l'intrados. Si les claveaux glissaient sur la bande, ce blocage ne pourrait pas avoir lieu ; c'est donc en s'opposant à ce glissement que les palettes mettent en relation les compressions exercées sur les claveaux à l'extrados avec la traction de la bande à l'intrados, ce qui correspond au fonctionnement des étriers dans une poutre en béton armé. Dans l'un des dessins qui illustrent cet exemple (**ill. 1**), apparaît le schéma « statique » de référence : une sorte de polygone funiculaire, très novateur par rapport aux théories constructives de l'époque, lequel atteint à cette période son organisation définitive. Ce polygone funiculaire devient structure, reposant sur des tiges et des jambes de force, selon le rôle qu'ils ont à jouer, pour en vérifier la résistance.

Le dimensionnement de l'armature de l'arche procède de ces considérations. La bande d'intrados doit fonctionner comme un cintre en phase de construction et comme un tirant dans la structure finie ; par conséquent, l'aire de sa section peut être choisie sur la base de la poussée maximale prévue dans l'arche équivalente non armée, alors que son inertie dépendra du besoin de porter – éventuellement avec l'aide d'étaçons provisoires – les claveaux posés jusqu'aux contre-clés. Les palettes doivent être suffisamment longues pour s'engager dans la zone comprimée entre claveaux, leur section étant dimensionnée par la traction générée par les efforts tranchants et normaux dans le sens radial sur la structure courbe.

VIOLLET-LE-DUC ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES : SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ

Giuseppe Fallacara, Luc Tamborero, Maurizio Brocato

L'arc ainsi dimensionné a été modélisé numériquement comme un solide tridimensionnel composé d'éléments séparés en interaction. Chaque claveau a été modélisé comme un solide élastique linéaire (subdivisé en éléments finis pour le calcul) ; la bande d'intrados et les palettes ont été modélisées comme un ensemble continu de poutres élastiques linéaires encastrees entre elles. Le contact entre claveaux est considéré comme unilatéral (la compénétration étant interdite, mais la séparation étant possible) et le glissement sur ce contact a été modélisé comme générant de la friction (contact de Coulomb).

Les conditions de blocage pour l'arc fini consistent en l'encastrement à une imposte et en la glissière (déplacement horizontal autorisé, tout autre mouvement étant exclu) à l'autre. Pour étudier le comportement de la bande d'intrados comme cintre, le système a été modélisé de la même manière, mais sans la clé de voûte ; les conditions de blocage du cintre sont à double encastrement. Dans les deux cas, le chargement de calcul est celui du poids propre.

Le modèle numérique de la structure a été programmé dans Cast3M, un programme développé au Commissariat à l'énergie atomique (CEA) en France, disponible gratuitement en téléchargement à des fins de recherche et d'enseignement (iii. 3). Les routines nécessaires au calcul des blocs distincts ont été programmées au centre commun de recherche de la Commission européenne³. Le calcul, non linéaire, conduit pas à pas en faisant augmenter graduellement le chargement jusqu'à sa valeur finale.

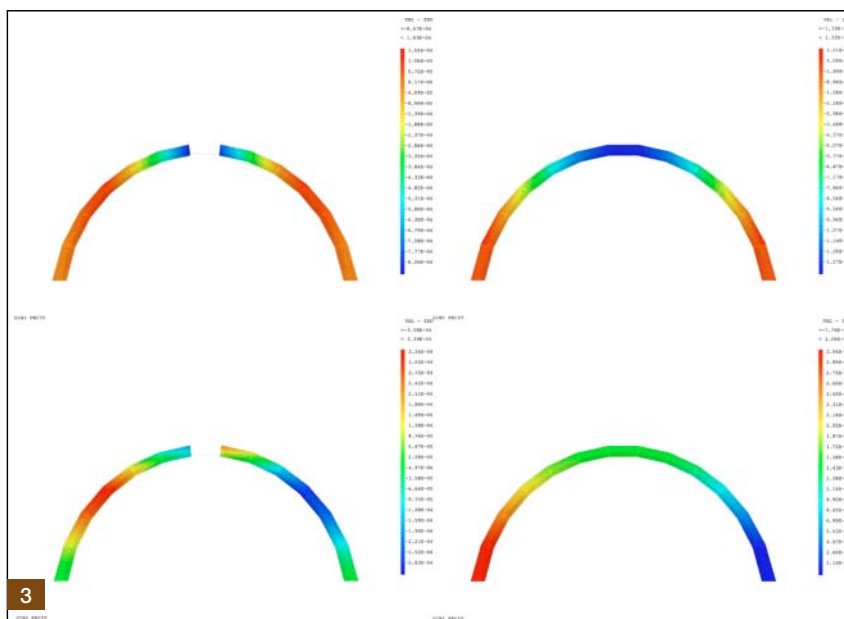
Les paramètres pris pour le calcul sont :

– pour l'acier : $E = 210$ GPa (module de Young), $\nu = 0.25$ (coefficient de Poisson), $\rho = 7\,850$ kg/m³ (densité) ;

– pour la pierre : $E = 27$ GPa, $\nu = 0.27$, $\rho = 2\,000$ kg/m³ ;

– pour les joints : $F = 45^\circ$ (angle de frottement), $c = 0.1$ MPa (cohésion) et $E = 2.5$ GPa.

Les résultats montrent des déplacements sous poids propre de l'ordre de 1 cm pour ce qui concerne la flèche à la clé et de 3 cm pour l'écartement des impostes. En phase de construction, l'affaissement du cintre avant la pose de la clé est inférieur au millimètre.

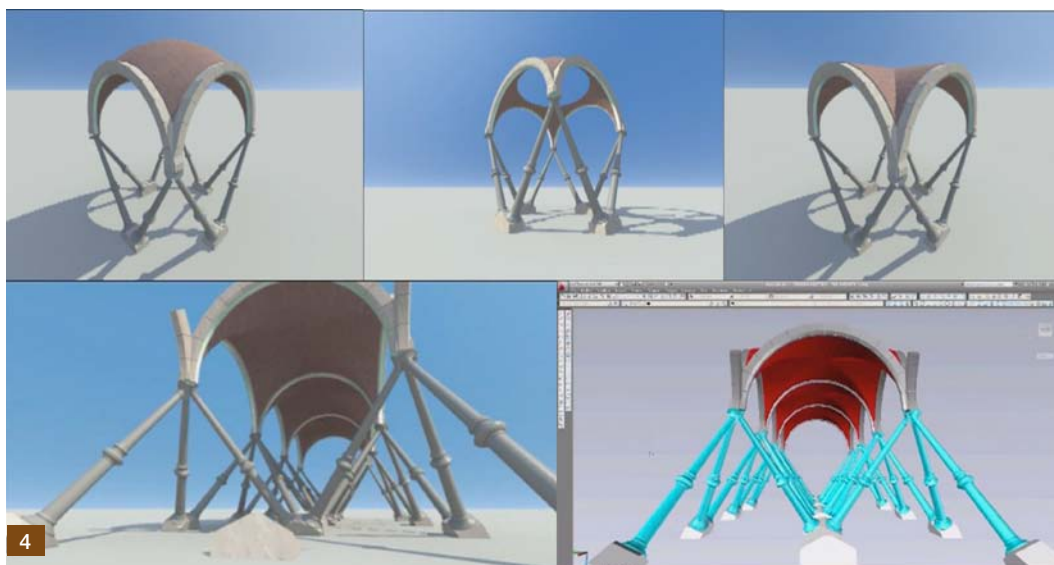


3. Déplacements calculés de l'arche, verticaux en haut et horizontaux en bas. M. Brocato.

3. P. Pegon, A. V. Pinto, M. Gérardin. *Numerical modelling of stone-block monumental structures. Computers & Structures*, 79 (2001), p. 2165-2181.

VIOLLET-LE-DUC ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES : SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ

Giuseppe Fallacara, Luc Tamborero, Maurizio Brocato



4. La modélisation 3D des structures proposées par Viollet-le-Duc
<http://www.youtube.com/watch?v=WFR4drDrBbY&feature=youtu.be>. G. Fallacara.

Ces résultats sont en accord avec l'expérience menée sur le chantier de la Société nouvelle Le bâtiment régional (SNBR), ce qui montre le bien-fondé des hypothèses de calcul et du modèle statique de principe présenté ci-dessus. Une campagne d'essais est prévue pour l'identification du comportement des joints.

Viollet-le-Duc remplace l'arc, qui tient grâce à sa forme et grâce à l'adhérence du mortier sur les joints de contact, par une armature qui sert de soutien aux claveaux en pierre et aux briques. Cette innovation pourrait sembler absurde. Or, d'une part, elle répond au désir de diminuer les échafaudages – l'effort de tous les constructeurs à l'époque est en effet orienté vers la possibilité d'économiser de l'espace et des matériaux dans la réalisation d'une œuvre ; d'autre part, l'armature et les claveaux ne sont pas vus comme indépendants les uns des autres. Cela met en évidence l'intuition, d'un point de vue statique, que Viollet-le-Duc illustre dans ses quelques lignes sur l'arc « en pierre armée », comme on dirait aujourd'hui. Mais il ne se limite pas à cela ; il envisage d'augmenter cet arc pour créer des structures plus complexes ou des espaces voûtés : « Au moyen de ce système on pourrait élever des arcs doubleaux portant des voûtes d'arêtes en brique ou en blocage, comme les voûtes romaines, sur des piles d'une très-faible section. Ce serait donc là un progrès au point de vue de l'économie de la construction et de la surface occupée par les pleins sur le sol. Mais ce n'est là qu'une application du fer à un mode ancien de structure⁴. »

Sur la base théorique du *Traité* de Viollet-le-Duc, on a essayé alors, pour réaliser ces structures à la modélisation 3D, avec des résultats impressionnants en termes de structure et d'esthétique (ill. 4). Par rapport à la poussée de ces voûtes, Viollet-le-Duc a affirmé intuitivement :

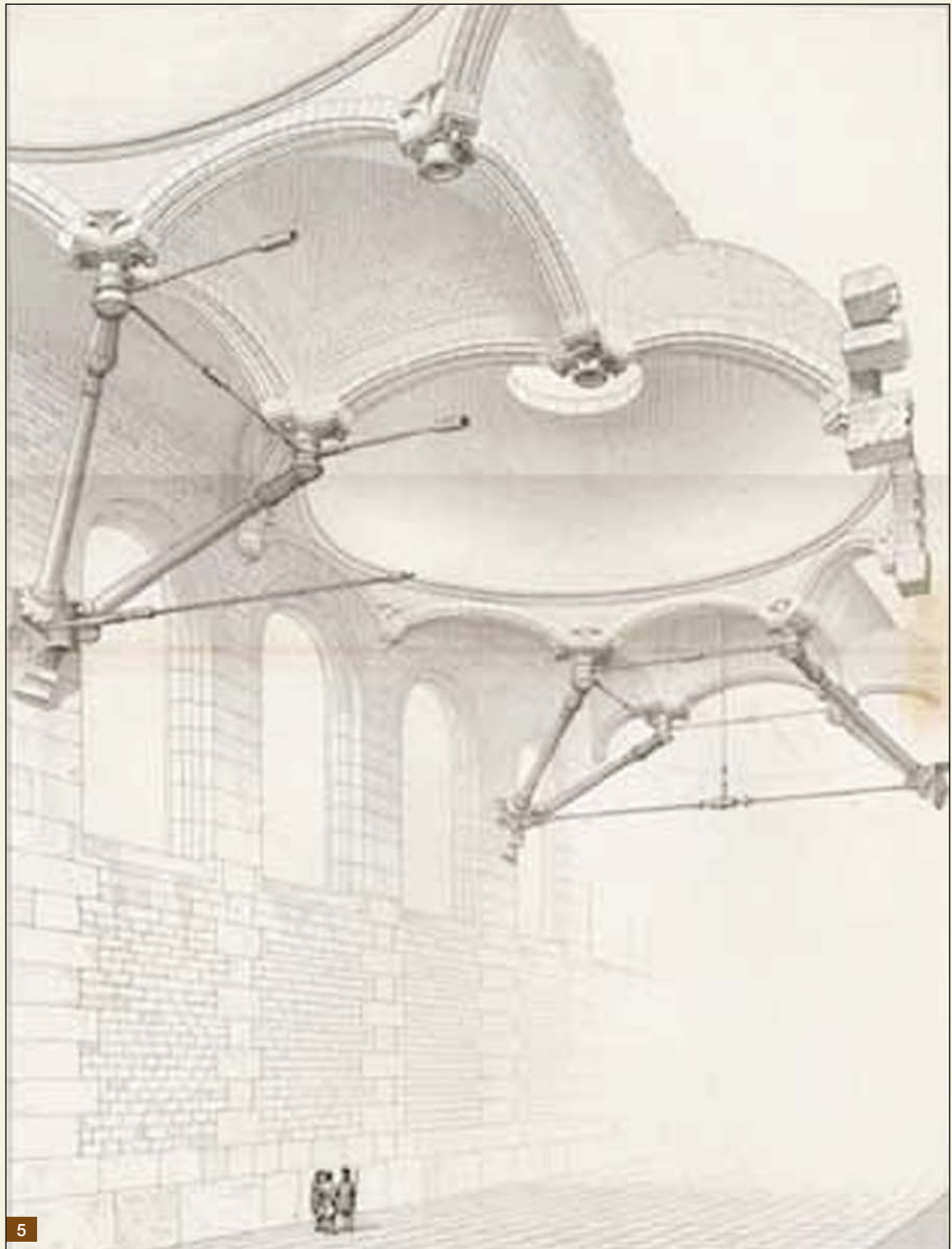
« Nous avons fait voir comment les poussées des voûtes peuvent être neutralisées par un système de tirants, comment quelques combinaisons de voûtes peuvent reposer sur du fer. Il s'agit d'analyser plus attentivement encore les ressources que fournit le fer lorsqu'il s'agit de voûter un édifice, d'examiner s'il n'est pas possible, sans l'aide des tirants, de neutraliser la poussée d'un arc par une combinaison de la ferronnerie avec la maçonnerie⁵. »

4. Viollet-le-Duc, *Entretiens*, t. II, XII, p. 80.

5. Id., *ibid.*, p. 78.

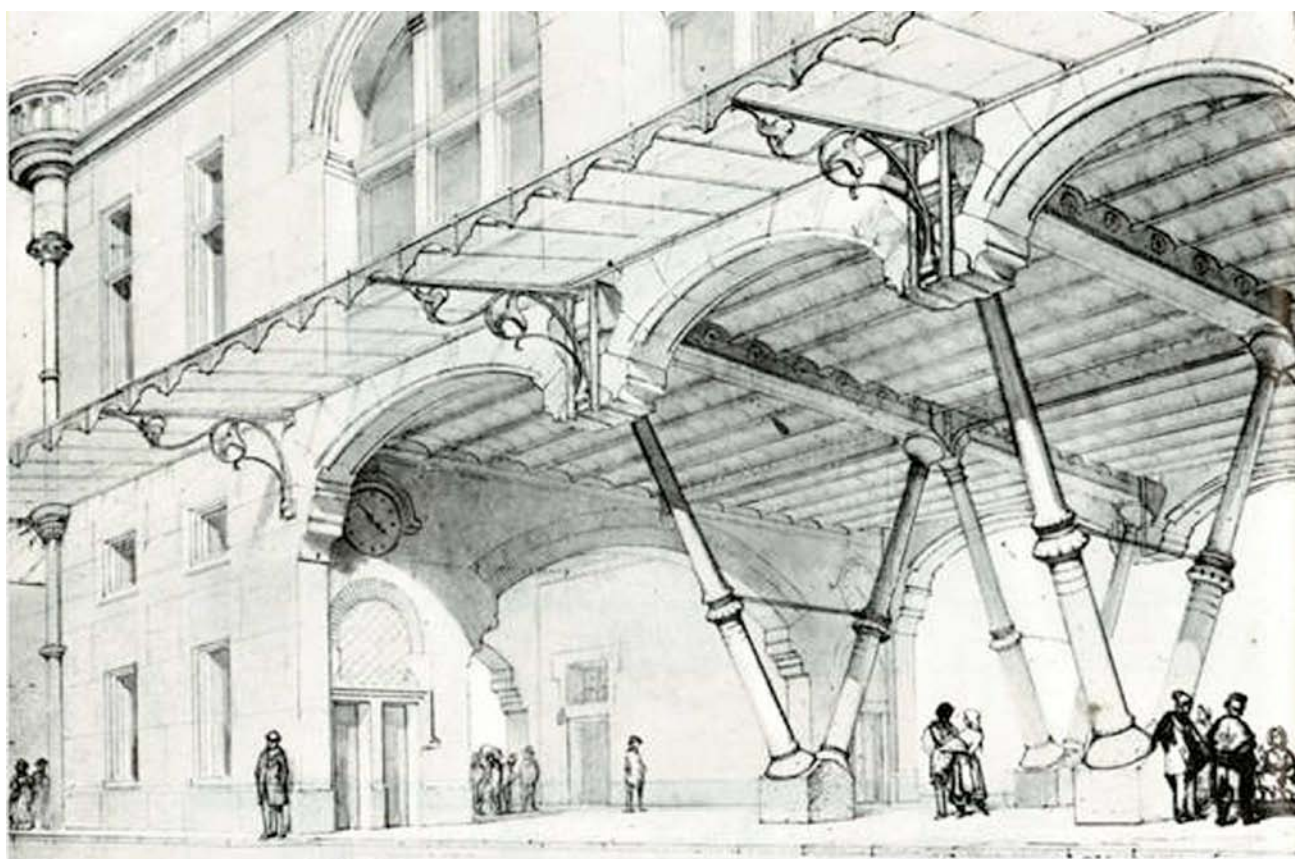


5. D'autres projets de Viollet-le-Duc dans la pierre et le fer et restitution 3D <http://www.youtube.com/watch?v=WFR4drDrBbY&feature=youtu.be>. G. Fallacara.



VIOLLET-LE-DUC ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES : SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ

Giuseppe Fallacara, Luc Tamborero, Maurizio Brocato



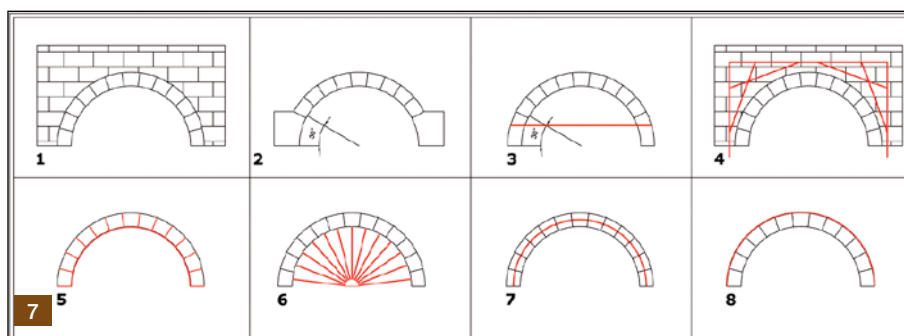
6. D'autres projets de Viollet-le-Duc dans la pierre et le fer et restitution 3D
<http://www.youtube.com/watch?v=WFR4drDrBbY&feature=youtu.be>. G. Fallacara.

Il propose un système dans lequel les voûtes lourdes sont « suspendues » en l'air et sont libres de se déplacer, car de cette manière tout mouvement est absorbé par la structure de fer (ill. 5-6). Ceci est très important d'un point de vue statique parce que c'est cela qui nous permet d'adopter, aujourd'hui, ce type de structure dans les zones sismiques.

Ce n'est ni la première ni la seule fois que Viollet-le-Duc se penche sur le thème de l'arc, sur sa résistance et sur la forme la plus appropriée à lui imprimer en vue de son utilisation dans l'architecture raisonnée. Mais la pertinence de notre exemple, laissant de côté tout jugement esthétique, doit être attribuée à une troublante similitude avec le thème de l'arc en pierre armée, qui fait actuellement l'objet de nombreuses recherches. Ce thème rappelle le principe d'une série d'expérimentations qui ont eu lieu dans les années 1980.

VIOLLET-LE-DUC ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES : SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ

Giuseppe Fallacara, Luc Tamborero, Maurizio Brocato

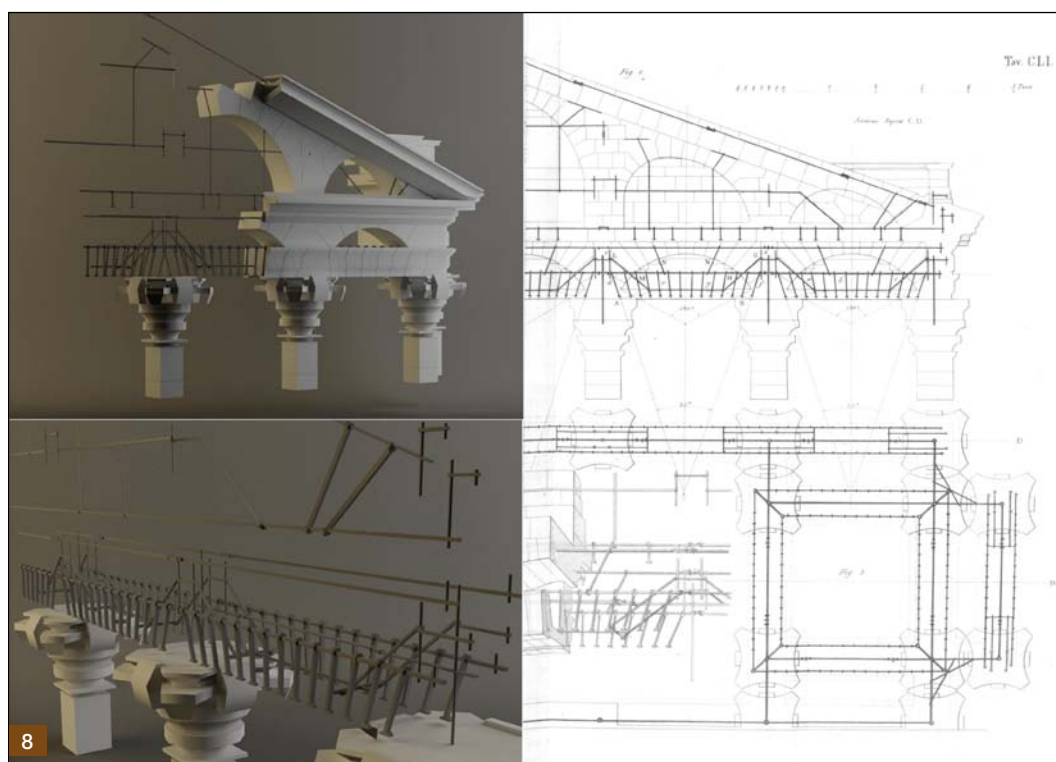


7. Classification des arches.
G. Fallacara.

8. J.-B. Rondelet,
*Traité théorique et pratique
de l'art de bâtir*, t. VII, tav. CLI :
portique de Sainte-Geneviève
à Paris. Restitution 3D
par G. Fallacara.

Avant d'entrer dans le détail de certains bâtiments représentatifs, on doit procéder à un classement des chaînes en fonction du rapport entre les deux matériaux (**ill. 7**). Les exemples 1 à 4 relèvent de l'expérience de la tradition, où l'armure ne sert qu'à une fonction structurale, tandis que ceux de 5 à 8 sont une partie de l'innovation, où l'armure est une partie intégrante de l'esthétique ; en particulier, 1 et 2 sont des chaînes qui n'ont pas besoin de renfort, 3 et 4 sont des arcs armés à la manière traditionnelle, c'est-à-dire avec la cravate ou l'armure cachées dans les culées.

Parmi les exemples qui font partie de l'innovation, on peut distinguer les 5 et 8 en tant qu'arcs « contrecarrés », c'est-à-dire où le renforcement joue un rôle passif dans le système de construction ; les 6 et 7 sont dans la série des arcs précontraints, par la post-tension dans ce cas, série dans laquelle toutefois l'armure est activement impliquée dans le bâtiment. Une autre distinction peut être faite entre l'armure à l'intrados (exemples 5 et 6), l'armure qui passe entre les blocs (par exemple, 7) et l'armure à l'extrados (par exemple, 8). Quant à l'armure cachée dans les culées ou linteaux de bâtiments en pierre, un exemple très clair est celui du portique de Sainte-Geneviève à Paris (**ill. 8**), par Jean-Baptiste Rondelet, qui offre une description détaillée dans son *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*, publié entre 1802 et 1803. Le septième livre de ce traité est dédié à l'utilisation du fer dans les bâtiments en brique ou en pierre.



8

VIOLLET-LE-DUC ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES : SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ

Giuseppe Fallacara, Luc Tamborero, Maurizio Brocato



9. Peter Rice, pavillon du Futur de Séville. Détail de blocs de pierre et de fils d'acier, cerclage par post-tension.

10. Peter Rice, façade de l'église Notre-Dame de Lille. Détails des blocs de pierre du nouvel arc et des câbles en acier par post-tension.

Plus près de notre époque cependant, il existe des expériences menées sur les arcs « contrecarrés », qui couvrent l'éventail complet de Viollet-le-Duc dans le cas de l'armure dans l'intrados. Parmi les influences que Viollet-le-Duc a vraisemblablement générées dans l'architecture, il faut mentionner l'expérience de Peter Rice pour le pavillon du Futur présenté à l'Exposition internationale de Séville (1992)⁶ : la façade, autonome et indépendante de la structure du pavillon lui-même (même si elle reprend une partie de la charge de la couverture), est composée d'une séquence de onze arches (ill. 9). La finesse de cette structure implique une importante réaction à l'action du vent : contrairement aux monuments en maçonnerie réalisés dans le passé, en effet, celle-ci ne résiste pas par sa masse mais par sa forme. Les arcs formant la structure en pierre sont accompagnés d'une seconde structure, en acier, destinée à reprendre les efforts dynamiques en dehors du plan de la façade. Si l'arc de Viollet-le-Duc présente une armure en contact direct avec la pierre, celui-ci – en se servant de câbles plutôt que de bandes métalliques – l'en sépare, tout en conservant le rôle de cerclage. Ce rôle nous donne le renforcement de post-tension.

Rice adopte le même système pour la façade de l'église Notre-Dame de Lille en France (ill. 10). Il recouvre la façade originale d'une arche de pierre de taille dont les claveaux sont reliés entre eux par des liaisons de métal portant une nappe de câbles en forme de queue de poisson. Cette nappe reprend les efforts horizontaux sur la façade dont les pierres ne sont pas amorcées avec celles de l'arche.



6. Il s'agit d'un pavillon thématique de l'Expo 92, dont la mise en œuvre a été confiée aux architectes catalans Martorel Bohigas-Mackay. Il commémorait le 500^e anniversaire du voyage de Christophe Colomb et devait donc évoquer le sens de la découverte. Les architectes sont partis de l'idée d'une façade monumentale et ouverte qui constitue une toile de fond pour les jardins, où il était placé, et auxquels était suspendue la couverture du pavillon lui-même. La conception et la mise en œuvre ont été confiées à Peter Rice et Ove Arup, qui se sont inspirés de la façade plane, inachevée et ouverte du Palacio de Ajuda à Lisbonne. L'objectif était de concevoir une structure en pierre, à la fois monumentale et minimaliste par rapport aux bâtiments massifs du passé, d'où la possibilité d'adapter les techniques de la préfabrication à des éléments structurels en pierre, pour obtenir une plus grande transparence, réaliser une économie importante de matériaux et une rationalisation du chantier.

VIOLET-LE-DUC ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES : SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ

Giuseppe Fallacara, Luc Tamborero, Maurizio Brocato

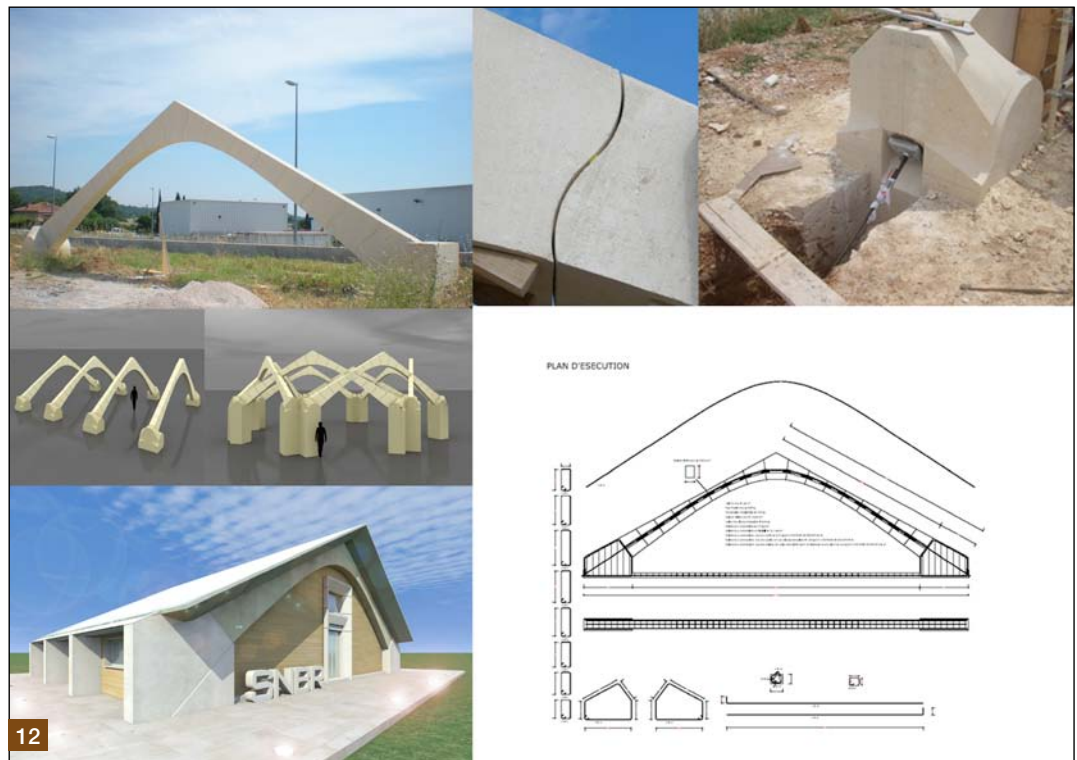


11

Renzo Piano parvient à ce résultat quelques années plus tard, dans son projet pour l'église du Padre Pio à San Giovanni Rotondo (Italie, 2000), qui a été à l'origine d'un véritable langage formel (ill. 11). La structure, dans ce cas, est jointe à la forme pour donner naissance à un espace. Contrairement au résultat final d'apparence complexe, le schéma structurel est lié à une composition répétitive, qui est en fait très simple. L'élément, à la fois formel et structurel, de cette œuvre, est l'arc en pierre : cet événement constructif traditionnel de l'architecture médiévale sacrée est proposé ici selon une technologie contemporaine. Il est répété radialement autour d'un pilier central, ce qui permet aux 21 arcs de se contreventer les uns les autres à travers la couverture, sans l'utilisation de contreforts. Chaque arc – qui ne travaille uniquement qu'en compression axiale – se compose de cinq modules préfabriqués (des maxi-blocs), maintenus en tension par un système de six câbles d'acier, qui agissent comme des tirants et stabilisent la structure en cas de catastrophe naturelle. La travée principale, dans l'entrée, mesure 24 mètres de haut et 48 de long : c'est le plus long arc de pierre portant jamais réalisé.

Cette technologie contemporaine originale se compose de câbles en acier qui passent entre les blocs, d'entretoises bipied en acier inoxydable ancrés à l'arc et enfin de la technique de « pré-compression de la pierre ». Dans ce cas, donc, le rôle de cerclage que joue le métal est déplacé à l'intérieur de la pierre : celle qui, dans les schémas, représente la « courbe de pression », se concrétise ici par un tirant métallique.

Le même système de renforcement précontraint a été utilisé pour la construction de l'« arc diaphragme » par la SNBR (ill. 12).



11. Renzo Piano : l'église du Padre Pio à San Giovanni Rotondo.
Détail des arches de pierre précontraint.

12. Arc diaphragme.
Détail de la modélisation curviligne des joints, le passage des câbles et le calcul de l'armature
<http://www.atelierfallacara.it>. G. Fallacara.

12

VIOLLET-LE-DUC ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES : SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ

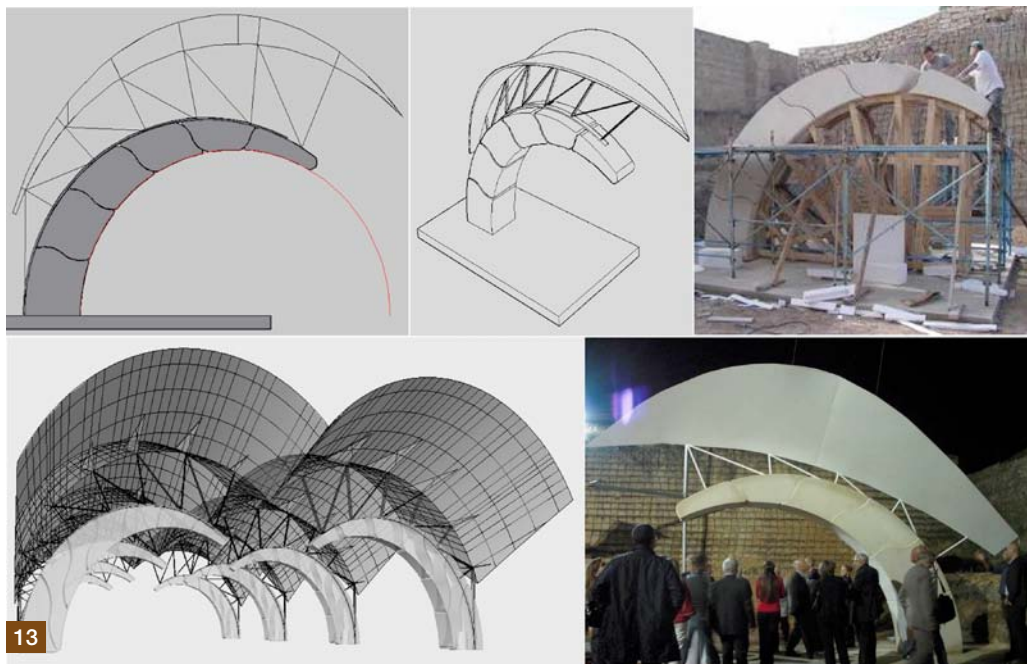
Giuseppe Fallacara, Luc Tamborero, Maurizio Brocato

L'arc diaphragme fait partie d'un programme de recherche sur la nouvelle architecture en pierre de taille mise au point par la société française SNBR (Troyes), spécialisée dans la restauration et la pierre de traitement informatisé de contrôle numérique. Le développement de la forme structurelle de l'arc était fondé sur l'optimisation des formes architecturales afin de minimiser l'utilisation de la pierre pour des raisons évidentes de coût et de charges engagées dans le projet. La courbe parabolique de l'intrados « suit » la courbe des pressions auxquelles l'arc est exposé, les lignes droites (double pente) de l'extrados sont pensées pour soutenir directement la charpente du toit. Finalement, le dessin curviligne des joints est finalisé à l'augmentation de la résistance à l'effort tranchant de la surface de contact.

En généralisant – et en se hasardant dans des hypothèses peut-être risquées par rapport à ce que Viollet-le-Duc aurait pu concrètement imaginer, compte tenu des connaissances techniques en sa possession à l'époque –, le rôle joué par la bande métallique est devenu évident au cours de la description. En revanche, celui des palettes qui séparent les claveaux dans son arc peut être comparé à celui des joints de séparation en acier placés entre les mini-blocs, ou encore aux plaques qui alternent avec les maxi-claveaux dans les arcs de Renzo Piano, ou même à des joints en époxy dans la structure de Peter Rice. Encore

une fois, donc, l'intuition statique de Viollet-le-Duc en fait un précurseur, par des solutions formelles à des questions qui suscitent encore aujourd'hui beaucoup d'intérêt.

Notre dernier exemple d'arc est celui qui comporte l'armure sur l'extrados. À cet égard, le projet de petite structure appelé *Foglià* (ill. 13) mérite une attention particulière. La *Foglià* est le prototype d'un grand surplomb pour la création des logements ou, plus généralement, des porte-à-faux des structures de toit : elle arbore une forme semi-arquée et se compose de pierres courbées, maintenues ensemble par une bande de métal qui les engage dans la partie supérieure et agit comme un extrados-armature. À la même époque, est apparu en Irlande un brevet d'arc en béton armé appelé *FlexiArch* par la Macrete Ltd (ill. 14) : il s'agit d'un arc unique qui ne nécessite pas l'utilisation de côtes qui ne nécessitent pas l'utilisation de côtes qui ne nécessitent pas l'utilisation de côtes d'armature. Il est, lui, composé de blocs de béton préfabriqués individuellement et placés côte à côte sur un lit plat ; sur les blocs est posée une grille en polymère qui a pour rôle de maintenir l'unité et empêcher la rotation mutuelle de ces blocs pendant le levage. Au-dessus des polymères se trouve un jet de quelques centimètres de béton qui, lorsqu'il durcit, forme les interconnexions entre les blocs. À ce stade, l'arc, qui a encore une conformation horizontale, est transporté dans une voiture-remorque sur le site sous la forme de *flat-pack*. Il est engagé ici en trois points et soulevé



13. La *Foglià*. Dessins, photos de la construction et modélisation 3D <http://www.atelierfallacara.it>. G. Fallacara.

14. *FlexiArch* : étapes de l'assemblage.
Brevet Macrete Ltd <http://www.macrete.com/news/ashtonbridgeflexiarchinstallation>
E. Antonacci, D. Bavia, C. Calabria, I. Caló, T. Pagnelli, G. Trotti.

VIOLLET-LE-DUC ET LES OSSATURES CONSTRUCTIVES MIXTES : SPÉCULATIONS MORPHOLOGIQUES-CONSTRUCTIVES SUR LE THÈME DE L'ARC ARMÉ

Giuseppe Fallacara, Luc Tamborero, Maurizio Brocato

par une grue, pour assumer automatiquement la conformation arquée. Ainsi, il est prêt à être mis en place comme un arc en maçonnerie normale, ou répétée en série pour former un pont.

Sur la base du projet breveté par la Macrete, les étudiants de la faculté d'architecture du Politecnico de Bari (E. Antonacci, D. Bavia, C. Calabria, I. Calò, T. Pagnelli, G. Trotti) ont imaginé un moyen d'y arriver avec une voûte en pierre. Ils ont ainsi suivi toutes les étapes de montage et de levage proposées par la société irlandaise, mais en l'adaptant au comportement différent de la pierre par rapport au ciment. Les bandes de support placées sur l'extrados de l'arc réagissent à la traction et assurent la stabilité de la structure tout en intégrant les qualités de la résistance à la compression de la pierre. En réalité, cette armure est « morte » dans le système car elle réagit uniquement à la demande : il s'agit en effet d'un arc contrecarré.

En conclusion, nous pouvons donc dire que trois principaux courants de pensée se distinguent dans la conception des arcs armés. Le premier cherche à contenir les poussées de l'arc par un tirant horizontal ; c'est le procédé le plus répandu, puisqu'il s'applique au béton armé : il s'agit de contenir dans des armatures de fer les efforts de traction des structures. Le deuxième consiste à contraindre la tenue des claveaux par l'ajout d'un système de serrage ; ce procédé, formulé théoriquement et appliqué par Eugène Freyssinet dès 1928, a permis de mettre en place des arcs clavés de très grande portée ; c'est un procédé encore très en usage aujourd'hui. Le troisième courant de pensée cherche à contrecarrer les forces développées par la mise en place des structures, comme dans le cas de l'arc en acier et métal ; cette invention est de Viollet-le-Duc.

Les structures contrecarrées existent à partir du moment où leur géométrie devient multifonctionnelle : les forces de compression, par exemple, participent à la récupération des forces de traction, par l'artifice d'un second composant de la structure. C'est précisément le cas de la structure qu'a imaginée Viollet-le-Duc : les forces de compression des joints entre les pierres maintiennent les plaques de fer fixées à la bande métallique destinée à contenir les efforts de traction de la structure. Les deux corps participent donc indépendamment chacun à la tenue de l'autre, et c'est ce qui fait toute la qualité de ce type de structure. Les structures contrecarrées nous étonnent parce qu'elles sont irrémédiablement dynamiques ; n'étant bloquées que par leur masse, elles peuvent facilement se déformer sous la contrainte.

Le plus grand intérêt de ces solutions réside dans la possibilité de réaliser des structures ductiles. Or la ductilité est encore aujourd'hui le Graal de la recherche pour les structures sismiques. Viollet-le-Duc a donc eu sur ce point une approche extrêmement raisonnée mais surtout extrêmement novatrice.

BIBLIOGRAPHIE

Antonacci (E.), Bavia (D.), Calabria (C.), Calò (I.), Pagnelli (T.), Trotti (G.), « Sperimentazione di modelli strutturali in pietra armata – archi flessibili », thèse de diplôme universitaire, École polytechnique de Bari, 2010.

D'Amato (C.), Fallacara (G.), *L'Art de la stéréotomie. Les Compagnons du devoir et les merveilles de la construction en pierre*, Paris, Les Compagnons du Devoir, 2005.

Fallacara (G.), *Verso una progettazione stereotomica. Nozioni di stereotomia, stereotomia digitale e trasformazioni topologiche : ragionamenti intorno alla costruzione della forma*, Roma, Aracne Editrice, 2007.

Fallacara (G.), *Stereotomy – Stone Architecture and New Research*, Paris, Presses des Ponts, 2012.

Viollet-le-Duc (E. E.), *Entretiens sur l'architecture*, Paris, A. Morel, 1863-1872.

VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa

Faculté d'architecture polytechnique de Bari (Italie)

RÉSUMÉ

La pierre a longtemps constitué le seul matériau apte à couvrir et protéger durablement des espaces. Entre le XVIII^e et le XIX^e siècle, de nouveaux matériaux et, par conséquent, de nouvelles techniques ont progressivement remplacé la pierre. Cette réalité n'a pas favorisé le développement des études sur le comportement structural des éléments et des systèmes voûtés en pierre, figeant les connaissances à l'état de l'intuition ou/et de l'expérimentation empirique des réactions des structures lithiques.

Toutefois, un récent retour, dans le Bassin méditerranéen notamment, à une raisonnable utilisation de la pierre et à une renaissance des techniques de construction traditionnelles offre des réponses aux questions formelles et techniques engendrées par l'espace architectural contemporain. Les recherches sur la pierre précontrainte réalisées par Peter Rice, Ove Arup, Renzo Piano, Buro Happold, ainsi que les expérimentations du département ICAR de l'école d'architecture de Bari (Italie), soulignent la nécessité de redonner, dans le domaine du projet contemporain, la juste valeur à la construction en pierre – souvent associée à d'autres matériaux – en puisant une inspiration chez les architectes et théoriciens ayant œuvré ou proposé une réflexion dans le domaine.

Cette recherche propose ainsi une étude des voûtes élaborées par Viollet-le-Duc dans ses *Entretiens sur l'architecture* et *L'Art russe*. Il s'agit le plus souvent d'œuvres jamais réalisées, présentées comme des visions, dans lesquelles interagissent et collaborent la pierre et le métal (fonte, fer forgé ou laminé) en créant des formes nouvelles sur le fondement de principes et des règles de composition venant de la tradition.

Pour « tirer » une « méthode du bien construire » des propositions de Viollet-le-Duc, nous envisagerons l'analyse de plusieurs de ses voûtes en identifiant les caractères géométriques et technique-structuraux qui ont permis leur conception et qui, opportunément examinées et discutées, peuvent représenter une ressource pour la composition architectonique contemporaine de grands espaces.

Les buts spécifiques de cette recherche s'articulent ainsi en plusieurs étapes : la compréhension de la géométrie des formes ; l'individuation du modèle technique et structural de fonctionnement de chaque voûte ; l'approfondissement sur la méthode de construction, d'appareillage et assemblage des éléments ; l'interprétation critique du travail de recherche effectué par l'architecte par rapport à la culture technique et formelle de son temps ; la mise à jour critique du modèle formal-constructif afin de proposer des perspectives pour le futur de la composition architectonique méditerranéenne.

Les « instruments » par lesquels cette recherche a été conduite sont ceux d'un architecte designer. Selon l'enseignement du même Viollet-le-Duc, nous avons dessiné et réalisé les modèles tridimensionnel de chaque voûte pour comprendre et réélaborer d'une façon critique les architectures étudiées « car en dessinant on apprend à voir, et voir est savoir ».

Le résultat du travail de reconstruction représente un abrégé des règles soumises à la composition avec lesquelles il est possible de clarifier le rapport et l'influence entre formes, matériaux et techniques de construction à travers une opération théorique de recombinaison du tout et de chaque partie, au point de vue des méthodes de tracement et de « montage ». La « reconstruction » proposée présente à la fois les propriétés de génération de la forme, à travers l'interprétation de ses géométries, et un examen des techniques de construction employées, dont le but finale est la codification d'un ensemble de règles universellement valides pour la conception de grandes voûtes.

INNOVATION AND TRADITION IN ARCHITECTURE: THE LANGUAGE OF FORM AND STRUCTURE IN VIOLLET-LE-DUC'S CONCEPT OF POLYHEDRAL STONE AND STEEL VAULTS

Maria Rita Campa

Polytechnic University of Bari (Italy)

ABSTRACT

Stone was for a long time the only material suitable for roofing over and durably protecting spaces. Between the 18th and 19th centuries new materials, hence new techniques, gradually replaced stone. This fact impeded the development of studies of the structural behavior of stone vaulted elements and systems, confining knowledge of them to intuition and/or to an empirical testing of stone structures.

However, a recent return to a sensible use of stone and a renaissance of traditional building techniques, especially in the countries of the Mediterranean basin, provide answers to the formal issues and techniques generated by contemporary architectural spaces. The research of Peter Rice, Ove Arup, Renzo Piano and Buro Happold into prestressed stone, as well as the experiments of the ICAR department at the Bari Faculty of Architecture, emphasize the need for reinstating the value of stone construction in contemporary projects – where it is often combined with other materials – by drawing inspiration from traditional principles and rules of composition.

My research thus proposes to examine the vaults that Viollet-le-Duc elaborated in his *Discourses on Architecture* and in *L'Art Russe* (Russian Art). For the most part these works were never actually built; they were presented as mental constructs in which stone and metal (cast iron, wrought or laminated steel) interacted and united to create new forms based on principles and compositional rules derived from tradition.

To extrapolate a “method of sound building” from Viollet-le-Duc's proposals, I will analyze some of his vaults, identifying the geometric and technical-structural characteristics that enabled him to conceive them. Properly examined and discussed, the specific properties of these vaults can be a resource for the contemporary architectonic handling of large spaces.

The specific aims of my research are articulated as follows: understanding the geometry of forms; specifying the functional technical and structural model of individual vaults; looking closer at the method of constructing, ordering and assembling architectural elements; assessing the architect's work critically in the context of the technical and formal culture of his era; and critically updating the formal building model with a view to proposing perspectives for Mediterranean architectonic compositions in the future.

The “tools” used for this research are the tools of an architect-and- designer. Taking a cue from Viollet-le-Duc, we have designed and built a three-dimensional model of each vault in order to understand and critically reconstruct the architectural structures we were studying, “for drawing is learning to see, and seeing is knowing.”

This reconstruction yields a condensation of the compositional laws whereby the relationships and interactions between forms, materials and building techniques can be clarified through a theoretical approach to recomposing a structure as a whole as well as its individual components, from the standpoint of the methods of blocking them out and “assembling” them. Our proposed “reconstruction” presents both the generating properties of the architect's forms, through an interpretation of their geometry, and an examination of his building techniques, our ultimate goal being to codify a set of universally valid rules for designing large-scale vaults.

VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa

Faculté d'architecture polytechnique de Bari (Italie)

PRÉAMBULE

Cette communication est fondée sur la conviction que la « forme construite » est la conséquence d'une méthode de conception et de composition dictée par des règles et codes bien précis. La pierre a été, pendant longtemps, le seul matériau apte à couvrir et protéger durablement des espaces. Cependant, entre le XVIII^e et le XIX^e siècle, de nouveaux matériaux et donc de nouvelles techniques l'ont remplacée. Les études sur le comportement structural des éléments et des systèmes voûtés en pierre ont donc eu tendance à se raréfier, et la recherche s'est cantonnée à un niveau d'intuition ou d'expérimentation empirique des réactions des structures en pierre.

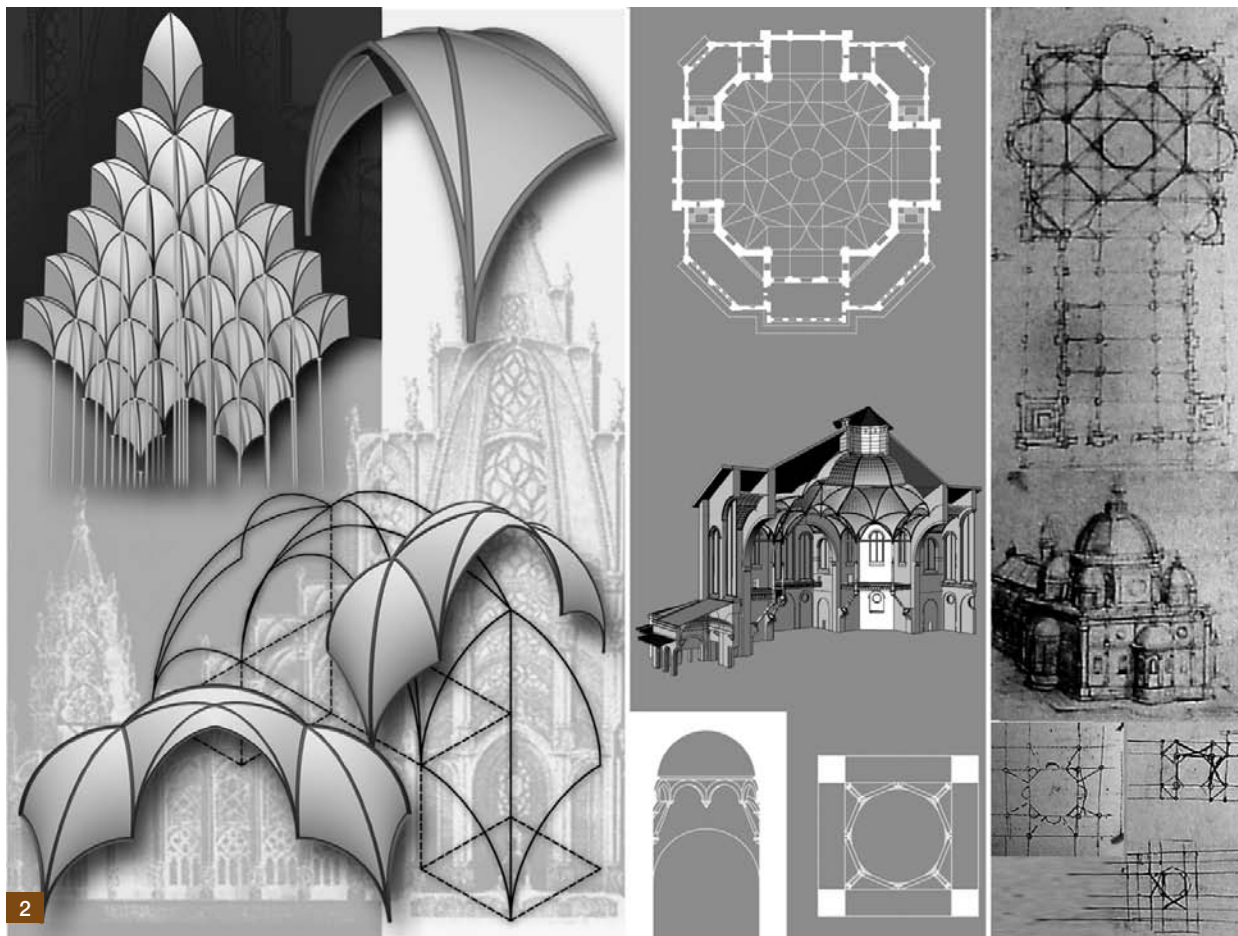
Toutefois, dans le Bassin méditerranéen, un récent retour à une utilisation raisonnée des matériaux et à une mise à jour des techniques de construction traditionnelles a permis de nouvelles réponses adaptées à l'espace architectural contemporain. Les recherches sur la pierre précontrainte réalisées par Peter Rice, Ove Arup, Renzo Piano, Buro Happold, ainsi que les expérimentations du département IcAr de l'École d'architecture de Bari (Italie), soulignent la nécessité de redonner, dans le domaine du projet contemporain, sa juste valeur à la construction en pierre – souvent associée avec d'autres matériaux – en prenant inspiration sur l'architecture traditionnelle. Partant de ces principes, ou plutôt s'en inspirant directement, cette recherche étudie les voûtes proposées par Viollet-le-Duc dans ses *Entretiens* et *L'Art russe*, et identifie des solutions compatibles avec celles mentionnées ci-dessus (III. 1).



1. Pierre et métal – forme et structure, de Viollet-le-Duc à l'architecture contemporaine. La salle de concert de Viollet-le-Duc (1863-1872) et son schéma polyédrique; le pavillon de Peter Rice pour l'Expo de Séville (1992); l'église de Renzo Piano à San Giovanni Rotondo (Italie, 2004); l'escalier Ridolfi de Claudio D'Amato et Giuseppe Fallacara à Vérone (Italie, 2005).

VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa



2. Schéma du système voûté de Boileau pour l'église Saint-Eugène à Paris (1853); la salle de concert et la cathédrale russe de Viollet-le-Duc (1872) rapportées aux dessins de Léonard de Vinci (*Manuscrit B*, 1490).

INFLUENCES

Dans le domaine des études sur Viollet-le-Duc, la question des influences est encore aujourd'hui très actuelle et sujette à de virulents débats. Pour une grande partie des critiques, ses propositions ne seraient pas originales sous prétexte que d'autres avant lui avaient introduit le métal dans les bâtiments, particulièrement Louis Auguste Boileau à l'église Saint-Eugène à Paris (iii. 2).

Viollet-le-Duc vs Boileau

Incontestablement la construction de cette église (1854-1855) précède la rédaction des *Entretiens* (1863-1872), comme d'ailleurs la bibliothèque Sainte-Geneviève ou la salle de lecture de la Bibliothèque nationale de Labrouste ou, encore, les Halles centrales ou le Crystal Palace. Cependant la différence entre ces projets et d'autres œuvres conjuguant pierre et métal consiste dans le langage formel adopté, l'utilisation raisonnée et novatrice des deux matériaux : non plus selon les formes de la tradition, mais selon celles de la création.

Comme Viollet-le-Duc lui-même le soutient, en effet, ce n'est pas une innovation que de remplacer par des arcs et des colonnes en fonte les éléments correspondants en pierre dans une cathédrale de forme gothique. Ce n'est d'ailleurs pas non plus faire œuvre d'architecture que de réaliser des espaces plus semblables à des ponts ou à des hangars qu'à des salles des fêtes ou à des monuments destinés à durer des siècles, témoins de l'histoire d'une époque pour laquelle une société requiert de nouveaux types de bâtiments. En revanche, conjuguer les matériaux traditionnels et récents selon des formes inédites, de façon à mieux exploiter leurs potentialités respectives, apporte une innovation au projet. Il s'agit donc là d'expression architecturale et de forme, et non de primauté dans l'emploi d'un matériau.

VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa

La différence entre les deux conceptions est évidente si l'on prend, par exemple, le cas de la couverture pour la salle de concert de Viollet-le-Duc et si on la compare à l'église de Boileau. Cette dernière consiste en une superposition en série de voûtes en pierre contenues et soutenues par des arcs métalliques, avec pratiquement pour seul but d'alléger la structure : le résultat donne une église gothique « modernisée » par l'insertion d'un matériau novateur. La salle de concert, elle, est une composition organique de voûtes en pierre – contenues par des arcs eux aussi en pierre – reposant sur une structure métallique qui suit une autre logique : celle qui, liée au matériau dont elle est faite, dérive de la géométrie des solides, des polyèdres en particulier.

Viollet-le-Duc vs Léonard de Vinci

La présence dans la bibliothèque de Viollet-le-Duc de plusieurs textes sur Léonard de Vinci, sur les châteaux de Chambord et Blois, ainsi que certains passages de son *Histoire d'un dessinateur* permettent de supposer la possibilité d'une référence – à peine voilée – aux théories léonardiennes sur l'architecture. Les recherches de ce dernier sur la forme octogonale et ses innombrables applications trouvent en effet un écho dans certaines réflexions de Viollet-le-Duc sur des sujets proches.

La feuille 24r du *Manuscrit B de Paris*, par exemple, représentant le plan hypothétique d'une église avec chapelles alternativement semi-circulaires ou rectangulaires, révèle une forte analogie avec la salle de concert que Viollet-le-Duc décrit dans le « XII^e entretien » – quoique cette dernière assume, dans sa conception de l'espace, des formes sûrement très différentes par rapport à la première.

L'analogie la plus surprenante est, peut-être, celle de l'illustration n° 78 de *L'Art russe* de Viollet-le-Duc avec un dessin de la feuille 12r du *Codex Trivultianus* de Léonard. La première est un escamotage de Viollet-le-Duc pour réaliser une structure voûtée en combinant la méthode russe avec les avantages liés à l'insertion d'éléments métalliques ; le dessin est une solution de Léonard pour assurer la stabilité horizontale entre *tiburium* et collatéraux au *Duomo* de Milan, au moyen de tirants métalliques.

La coïncidence des sujets entre Léonard et Viollet-le-Duc mérite d'être interrogée. La lecture de *l'Histoire d'un dessinateur*, véritable testament de Viollet-le-Duc, comme la consultation de ses dessins et de sa bibliothèque révèlent des centres d'intérêt analogues : de la perspective à la médecine, de l'anatomie à la statique. Bien que la culture scientifique de Léonard ait été incomparable, celle de Viollet-le-Duc, considérable elle aussi, n'a jamais cessé de s'approfondir et de se renouveler : il fréquentait beaucoup de savants, grâce à son oncle Delécluze, ce qui lui apporta sans doute beaucoup. Cependant, on ne peut que lui reconnaître de remarquables capacités et du « génie ».

LES DIFFÉRENTS CAS D'ÉTUDE

Afin de tirer une « méthode pour bien construire » des leçons de Viollet-le-Duc, nous avons donc analysé ses dessins-projets de voûtes, en identifiant les caractères géométriques, techniques et structuraux qui ont permis leur conception et qui sont susceptibles de nourrir la composition architecturale contemporaine.

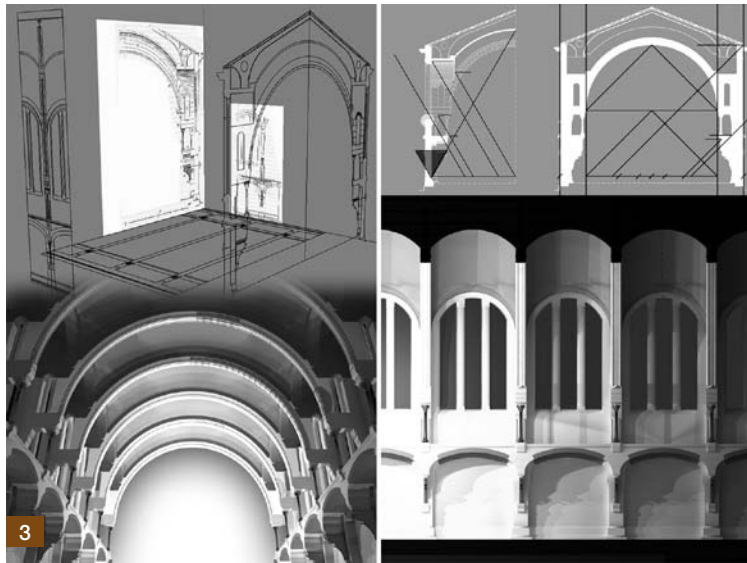
L'indiscutable mérite de Viollet-le-Duc est certainement d'avoir systématisé, par une définition théorique, le processus de renouvellement des techniques et du « langage » de l'architecture.

Nous examinerons ainsi :

- la compréhension de la géométrie des formes ;
- l'identification du modèle technique et structurel de fonctionnement pour chaque voûte ;
- l'approfondissement de la méthode de construction, d'appareillage et assemblage des éléments ;
- l'interprétation critique des recherches techniques et formelles effectuées par l'architecte ;
- l'évaluation critique du modèle formel-constructif afin de proposer des perspectives d'avenir pour la composition architectonique méditerranéenne.

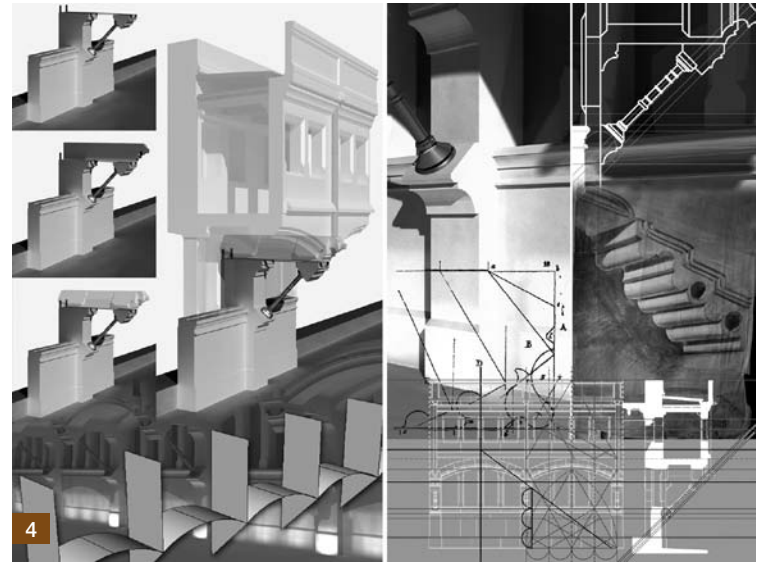
VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa



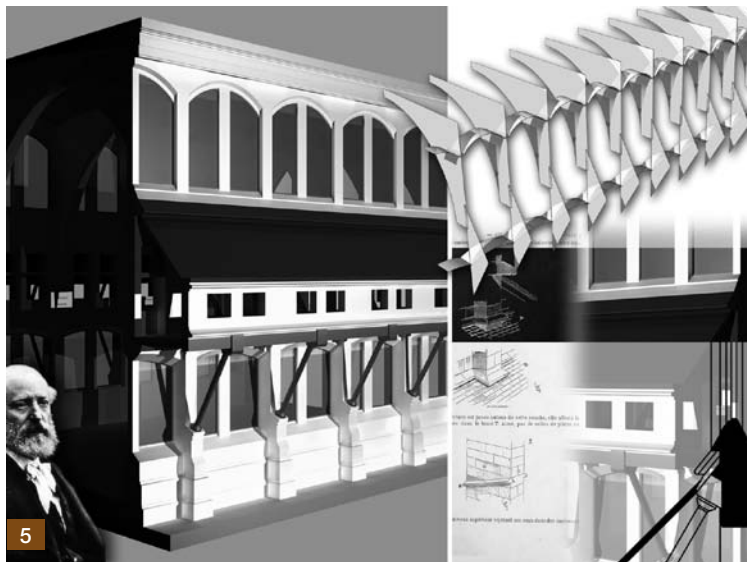
3. Premier cas-étude : la salle de réunions du « XI^e entretien ».

4. Deuxième cas-étude : le premier projet de galerie hors d'un bâtiment.



5. Troisième cas-étude : le deuxième projet de galerie hors d'un bâtiment.

6. Quatrième cas-étude : la salle de réunion au-dessus d'un marché couvert rapportée à l'école du Sacré-Cœur d'Hector Guimard.



Pour appréhender de près l'évolution théorique de l'architecte et joindre naturellement à la déduction une « méthode pour bien composer », nous avons étudié les œuvres selon l'ordre employé par l'auteur, c'est-à-dire : la « salle réunions [sic] » du « XI^e entretien » (ill. 3), question primordiale à laquelle Viollet-le-Duc se soumet et dont proviennent tous ses raisonnements sur les grandes couvertures; le « premier projet de galerie hors d'un bâtiment » (ill. 4) avec lequel l'auteur suggère un emploi alternatif du « nouveau matériau » à disposition de la société moderne; le « deuxième projet de galerie hors d'un bâtiment » (ill. 5), évolution formelle et technique du premier modèle, pour lequel il hasarde une étude statique des charges et des poussées; la « salle de réunion au-dessus d'un marché couvert » (ill. 6), conséquence naturelle des raisonnements mis à jour pour les projets de galeries; la voûte « très-plate et d'une grande largeur » (ill. 7),

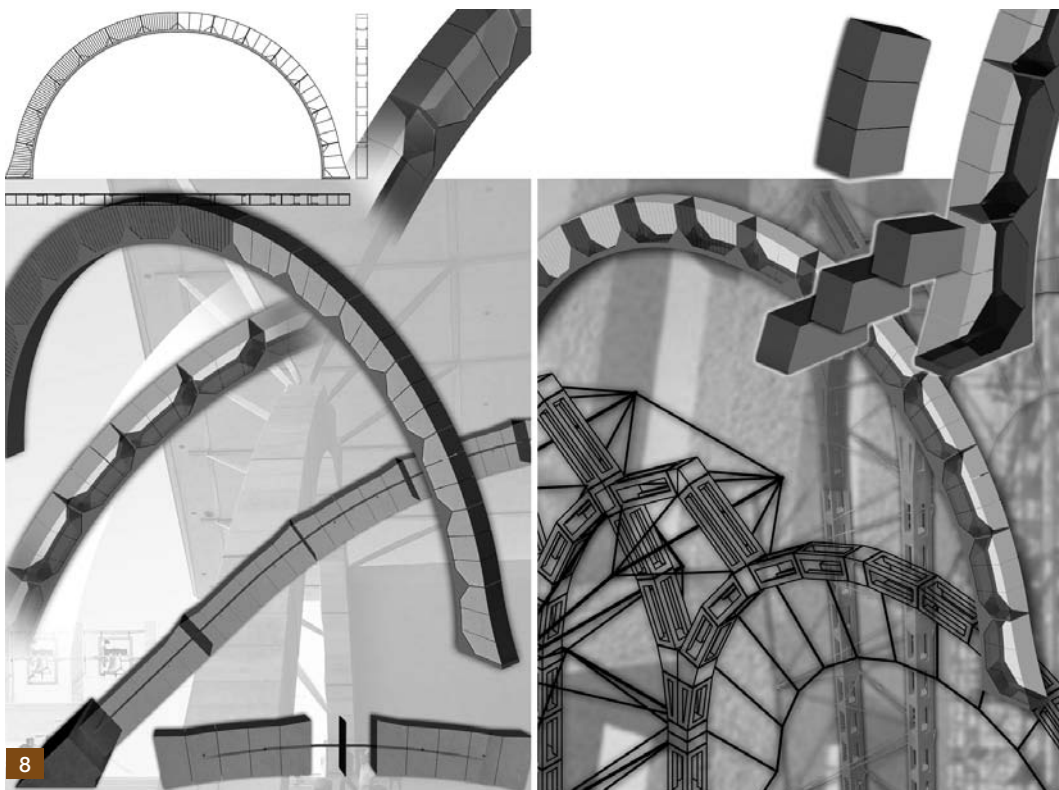
VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION
ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME
ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION
DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa



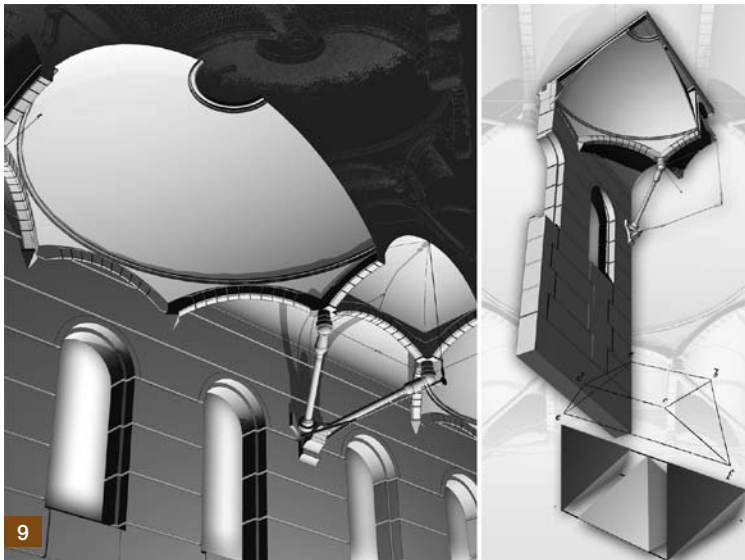
7. Cinquième cas-étude : la voûte « très-plate et d'une grande largeur » rapportée au Memory Hall de l'université Harvard de Van Blunt et Ware.

8. Sixième cas-étude : l'arc en pierre armée rapporté aux arcs de Renzo Piano et Peter Rice.

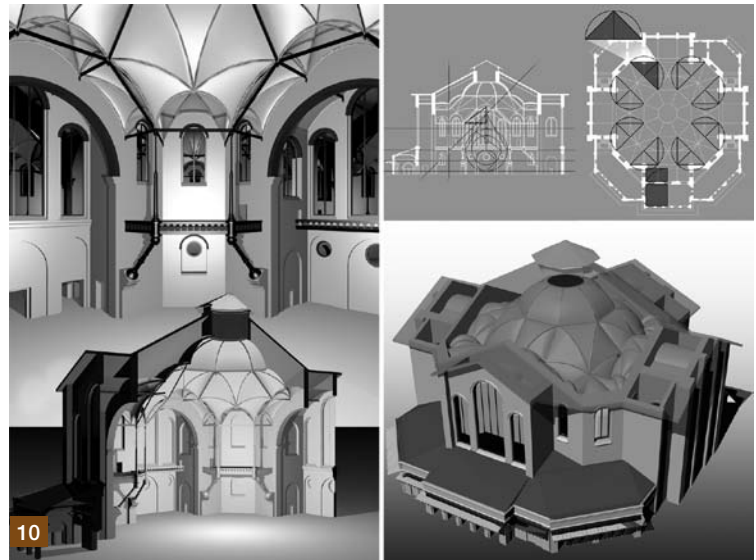


VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa



9. Septième cas-étude : la voûte pour une salle de 20 m de large.

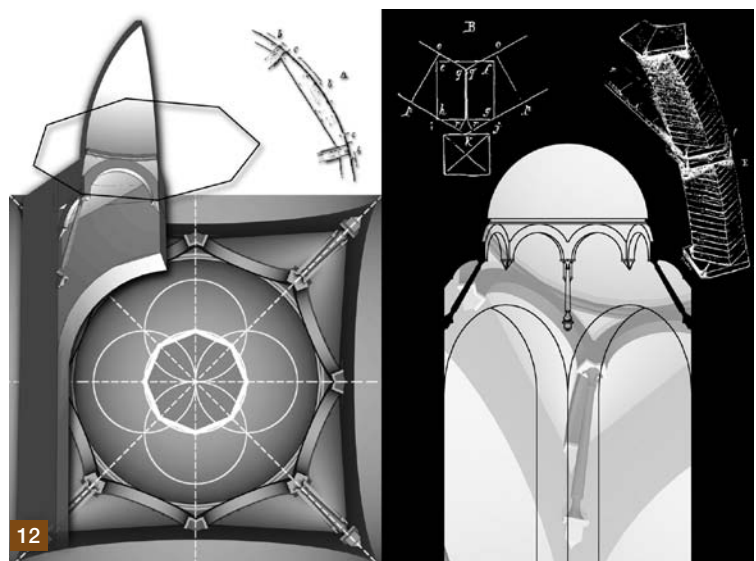


10. Huitième cas-étude : la salle de concert.

premier témoin de la confiance acquise dans les grandes couvertures ; l'« arc en pierre armée » (ill. 8), précurseur à coup sûr inconscient de nombreuses expérimentations et recherches actuelles ; la « voûte pour une salle de 20 mètres de large » (ill. 9), variation sur le thème de la couverture pensée, dans ce cas, pour une salle à développement longitudinal ; la « salle de concert » (ill. 10), le plus connu des projets, dans lequel la spéculation sur les polyèdres assume son meilleur développement ; la « cathédrale russe » (ill. 11), dans laquelle Viollet-le-Duc conjugue l'emploi novateur des piliers métalliques inclinés aux techniques traditionnelles romaines et byzantines de superposition des arcs en brique (système dit « en arcs croisés » employé à Rome dans la construction du Panthéon puis, selon la description du Piranèse reprise par Viollet-le-Duc, par les Byzantins et les Russes) ; la « voûte octogonale » (ill. 12), silencieux hommage à la forme géométrique, objet de nombreuses études de Léonard de Vinci, ici réinterprétée par l'insertion de supports inclinés dans les deux directions diagonales. Cet écho ne se limite pas à la composition architecturale, mais concerne aussi le domaine statique caractérisant les deux structures : le déchargement de la voûte équilibré par un système de butons.



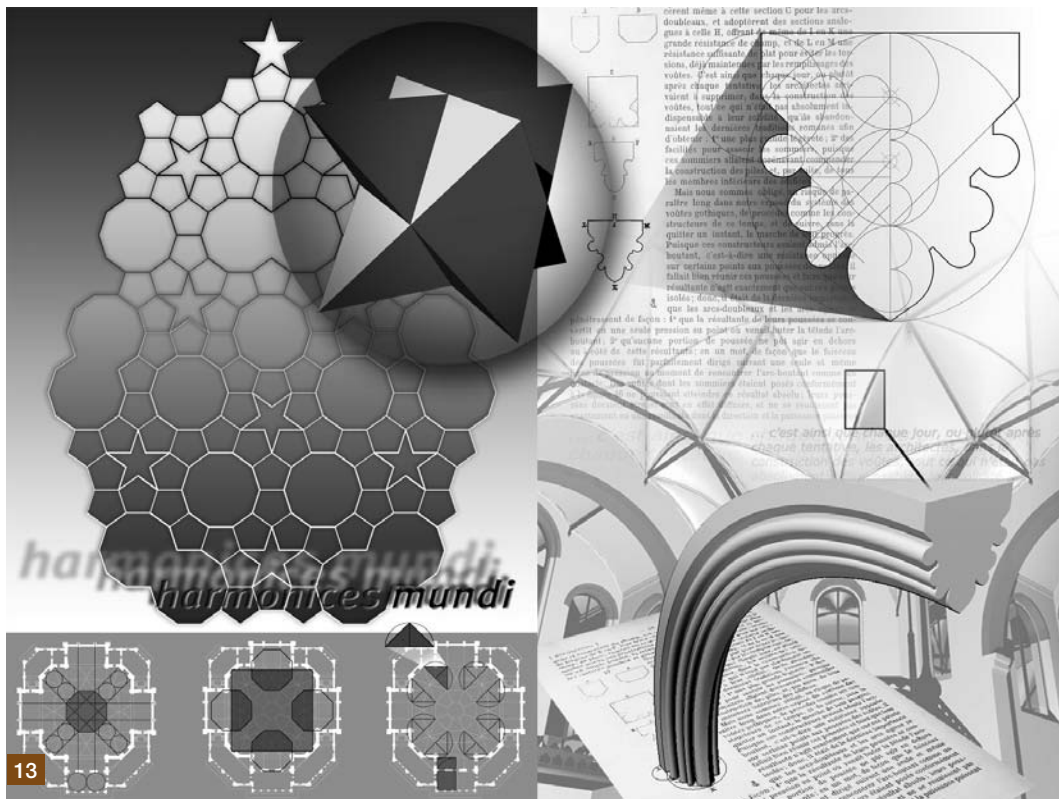
11. Neuvième cas-étude : la cathédrale russe.



12. Dixième cas-étude : la voûte octogonale.

VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa



13. Analyse des proportions et des solides euclidiens composant les structures (gauche); étude des moulures des profils en pierre (droite).

Méthode d'analyse

Les « instruments » de cette recherche sont donc ceux d'un architecte dessinateur. Suivant les enseignements de Viollet-le-Duc, nous avons dessiné et réalisé les modèles en 3D de chaque voûte, afin de comprendre et de réélaborer d'une façon critique les architectures étudiées, « car en dessinant on apprend à voir, et voir est savoir » (ill. 13).

Nous avons procédé à une analyse pour parvenir à une reconstruction idéale du parcours théorique accompli par l'architecte pendant l'élaboration de ses œuvres. Nous sommes ainsi parvenus à énoncer une « méthode » apte à engendrer de nouvelles architectures, grâce aux propositions logiques qui la constituent et qui, pour la première fois et consciemment chez Viollet-le-Duc, se croisent : la forme de l'espace et sa genèse géométrique euclidienne, d'un côté; la structure et la technique par lesquelles on construit la forme et son comportement statique, de l'autre.

Pour chaque projet, nous avons donc concrétisé la rédaction d'un modèle global en une séquence d'opérations :

- détermination des géométries originelles dans l'espace;
- détermination des figures solides originelles;
- élément minimum de la symétrie de composition;
- subdivision du système de solides par rapport au matériau représenté : métal, pierre, brique;
- détermination des profils des moulures en pierre selon la recherche correspondante effectuée sur le *Dictionnaire raisonné* et sur les œuvres achevées par le même auteur;
- détermination des éléments composant la construction et leurs influences réciproques;
- analyse du parcours des charges;
- schéma de fonctionnement structurel;
- structure en pierre et structure métallique;
- comparaison de la structure déterminée avec les arêtes décrivant les solides euclidiens.

VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa

De cette reconstruction résulte un abrégé des « règles » soumises à la composition, avec lesquelles nous cherchons à clarifier les liens entre formes, matériaux et techniques de construction, par le biais d'une recomposition théorique du tout et de chaque partie, selon les méthodes de tracement et de « montage ».

La « reconstruction » effectuée par la présente étude concerne les propriétés de génération de la forme, à travers l'interprétation de ses géométries ; elle présente également un examen des techniques de construction employées ainsi que des propriétés de l'organisme. Le but final consistera dans la codification d'un ensemble de règles universellement valables pour la conception de grandes voûtes.

Étude des profils des moulures en pierre

Loin d'être un simple exercice de calque des dessins de Viollet-le-Duc, notre travail de modélisation infographique propose une interprétation critique de son approche du projet en architecture. Il s'agit de reparcourir le processus de composition de chaque œuvre, dont l'analyse vise à en restituer la construction, ne fût-ce que « virtuelle ».

Ce faisant, nous nous sommes souvent confrontés à des questions concernant le dimensionnement de certains éléments constructifs, ainsi que leur forme dans l'espace, selon leur fonction liée à leur structure.

Une de ces questions, auxquelles Viollet-le-Duc a souvent voué une attention presque maniaque, consiste dans la forme et le dimensionnement des profils assignés aux éléments architecturaux en pierre. En traçant n'importe quel profil de parement dans les bâtiments examinés, en déterminant les proportions et dimensions respectives, nous avons eu constamment recours non seulement à l'œuvre théorique de Viollet-le-Duc, mais aussi à celle qui concernait le projet et la construction, en pratiquant des comparaisons et des renvois constants.

Analyse des proportions

La « désagrégation » virtuelle du monument en éléments architecturaux constitutifs par une géométrie génératrice spécifique, puis « réassemblés » par l'identification et l'intuition des règles proportionnelles de la composition, a permis de déterminer un type formel stable. Chaque modèle 3D a fait l'objet d'une opération de décomposition supplémentaire jusqu'aux points constructifs cruciaux hors architecture, à savoir tous les composants de l'appareil en maçonnerie et de la structure métallique, de l'autre. En effet, comme Viollet-le-Duc l'affirme : « Nous nous trouverons face à une bonne architecture quand elle sait combiner harmoniquement forme et structure. »

Il faut probablement chercher la clé de sa pensée dans le message que les spécialistes pouvaient retirer des grandes structures réticulaires, déjà largement répandues en France comme ailleurs. Pour la première fois et de façon évidente, « structure » et « construction » coïncidaient parfaitement.

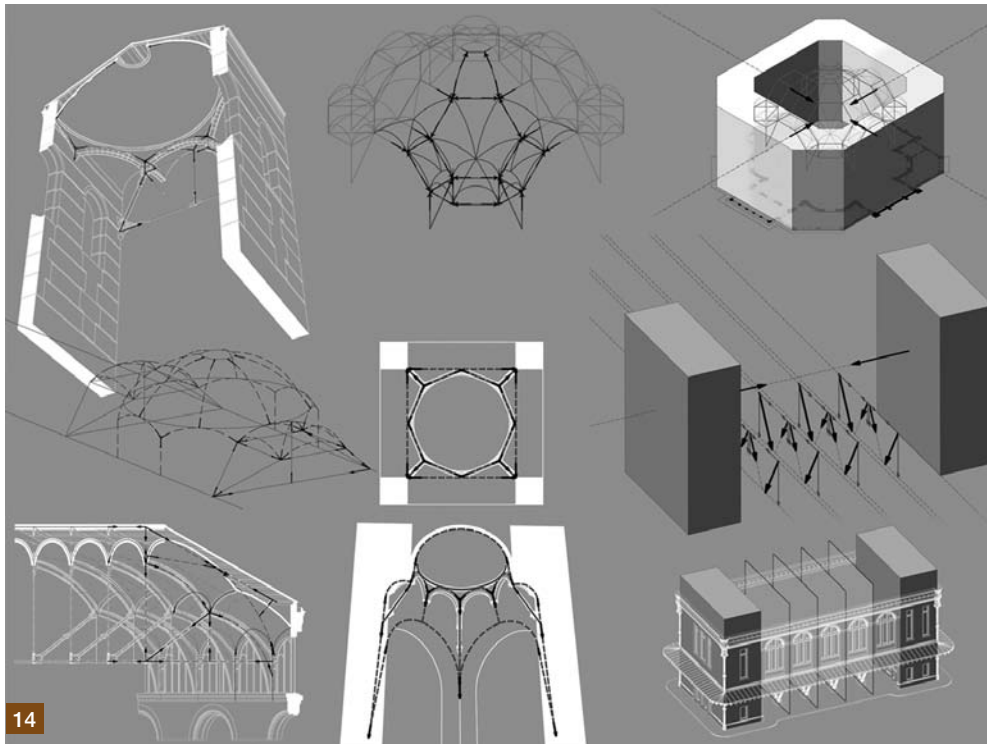
FORME ET STRUCTURE CHEZ VIOLLET-LE-DUC

Pour expliquer les premiers cas d'étude, Viollet-le-Duc se sert uniquement des solides élémentaires ; en revanche, en procédant dans l'exposition – et donc dans la création –, il témoigne d'une certaine maîtrise dans l'exploitation formelle des matériaux : qu'il s'agisse de polyèdres réguliers ou semi-réguliers, les formes dont il use révèlent sa bonne connaissance de la géométrie euclidienne (ill. 14). Le tétraèdre, le cube et leur combinaison sont à la base de l'« organisme » de décharge des voûtes présentées dans la salle de 20 mètres de large ; l'octaèdre tronqué lui permet de réaliser la salle de concert pour 3 000 personnes ; la géosphère est à la base de la cathédrale russe.

Utilisant la géométrie plane pour la conception des modèles structuraux tels que le triangle équilatéral, l'hexagone ou l'octogone (une méthode relativement « évoluée » pour son temps), Viollet-le-Duc se sert de la géométrie solide, c'est-à-dire de l'espace, pour la création de formes caractérisant les voûtes, fruit d'une synergie entre pierre et métal.

VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa



14. Relations entre forme et structure achevées dans les cas-études.

Il faut probablement rappeler les études de Léonard de Vinci – en particulier celles sur le *tiburium* – pour retrouver les références dans lesquelles Viollet-le-Duc pourrait avoir puisé cette formidable intuition qui lui fait associer le thème des grands bâtiments, libres de piliers intermédiaires, au thème des formes géométriques dites « solides réguliers et semi-réguliers », rien de semblable à ce qu'Henry Labrouste et Victor Baltard s'apprêtaient à réaliser à la Bibliothèque nationale ou aux Halles à Paris.

Polyèdres et cristaux constituaient une référence obligée dans la première moitié du XIX^e siècle pour toutes les recherches sur les grandes structures spatiales. Mais la référence au polyèdre pour représenter la structure spatiale de la grande salle de concert marque un virage dans l'histoire de l'architecture. Auparavant, la recherche d'une forme concrète, réalisable, n'avait jamais été tentée autrement que selon les règles et les formes traditionnelles; en outre, on n'avait jamais posé en termes si clairs le rôle que la construction, devenue structure, était appelée à jouer dans un contexte historique, social et politique bouleversé par la révolution industrielle.

Les structures réticulaires constituaient probablement le point d'arrivée – quoiqu'il ne les considérât pas comme « architecture », mais comme « œuvres d'ingénierie » – des recherches pour une meilleure économie de matériaux. Dans ces structures, en effet, rien n'est inutile parce que le matériau est disposé effectivement où il faut, c'est-à-dire autour des lignes le long desquelles actions et réactions se transmettent entre les nœuds et les barres. L'expérience de la construction des charpentes en bois se référait auparavant au schéma de base de la ferme soutenant les couvertures : proposer comme modèle, pour la coupole hémisphérique, une forme dérivée des polyèdres réguliers ou semi-réguliers constituait un dépassement des typologies classiques. Cela ouvrait de nouveaux horizons pour une architecture toujours en quête de nouvelles solutions constructives.

Viollet-le-Duc avait certainement les connaissances de base en matière de composition et décomposition des forces jusqu'à la construction du polygone funiculaire. Cependant, quoiqu'il reconnût explicitement l'importance de ce dernier comme élément fondamental pour la compréhension d'une structure, cela n'apparaît jamais complet lorsqu'il en fait usage : seuls quelques traits de crayon indiquent les éléments caractéristiques, fonctionnels à la démonstration de la thèse qu'il soutient.

VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa

Sens de l'innovation

Viollet-le-Duc a lancé, peut-être inconsciemment, tout un courant de recherches sur l'optimisation structurelle des formes selon les propriétés de la matière. Il a associé la résistance au métal à la résistance à la compression de la pierre, phénomène qui engendre des structures composites.

Le choix qu'il fait de se référer aux profils des solides euclidiens, dans la conception structurelle du système métallique, est donc dû à des motivations d'ordre formel : les formes géométriques « pures » sont sûrement aptes à résoudre les problèmes statiques de façon claire et simple. Le matériau est donc employé pour ses caractéristiques propres.

De même, la pierre est appelée à jouer un rôle plus attendu ; les voûtes sont donc entièrement conçues en pierre – ou pierre et brique – ; elles n'entrent pas en conflit avec la structure métallique, elles la supportent. C'est là la différence essentielle par rapport à l'emploi que Boileau préconise de ces deux mêmes matériaux ; en cela, Viollet-le-Duc apporte une véritable innovation au système de voûtes « mixtes ».

Roger Bacon, au XIII^e siècle, disait dans son *Opus tertium* : « Dans toute recherche il faut employer la meilleure méthode possible. Méthode, examen, expérience. » Le système de Viollet-le-Duc est complètement résumé dans ces trois mots. L'architecte procède par étapes, du simple au complexe, se donne des buts progressifs en prêtant constamment attention à toutes les « variables » d'un projet, afin d'obtenir une composition unitaire et harmonique.

Ce sont, en quelque sorte, des principes analogues au *Discours de la méthode* de Descartes : évidence, analyse et synthèse. Viollet-le-Duc y fait référence en exposant sa « méthode », dont on dirait aujourd'hui qu'elle sert à faire de l'architecture non seulement un art mais aussi une science expérimentale.

Nous avons mentionné plus haut les expériences de ces vingt dernières années sur la pierre « armée » et sur la pierre précontrainte. La « limite » – pour ainsi dire – de ces spéculations et, par conséquent, des architectures qui en sont dérivées est cependant, celle de continuer à cacher, comme les architectes du XVIII^e siècle, le métal « dans » la pierre.

Au XIX^e siècle, Viollet-le-Duc identifie cette limite et propose une façon de la dépasser, mais il ne possède pas les instruments pour en vérifier sa validité : il s'est donc limité à des « suggestions » pour projeter correctement.

L'avancée des connaissances dans la science des constructions permet aujourd'hui de relire et d'affronter clairement les questions sur la « forme » posées par Viollet-le-Duc. Maîtriser la forme par la compréhension de la structure et savoir « conjuguer » forme et structure pour atteindre une architecture raisonnée exigent cependant une profonde connaissance des matériaux et de leur capacité de résistance.

Cette étude, représentant un bref résumé de la thèse de doctorat développée par l'auteur auprès du département IcAr du Polytechnique de Bari (Italie), veut offrir sa modeste contribution au projet contemporain méditerranéen, en appliquant la « méthode » conseillée par Viollet-le-Duc pour la conception de nouvelles voûtes en pierre et acier, en cherchant une réponse à quelques questions.

Comment utiliser aujourd'hui la pierre selon les principes de sa tectonique, et non contre eux ?

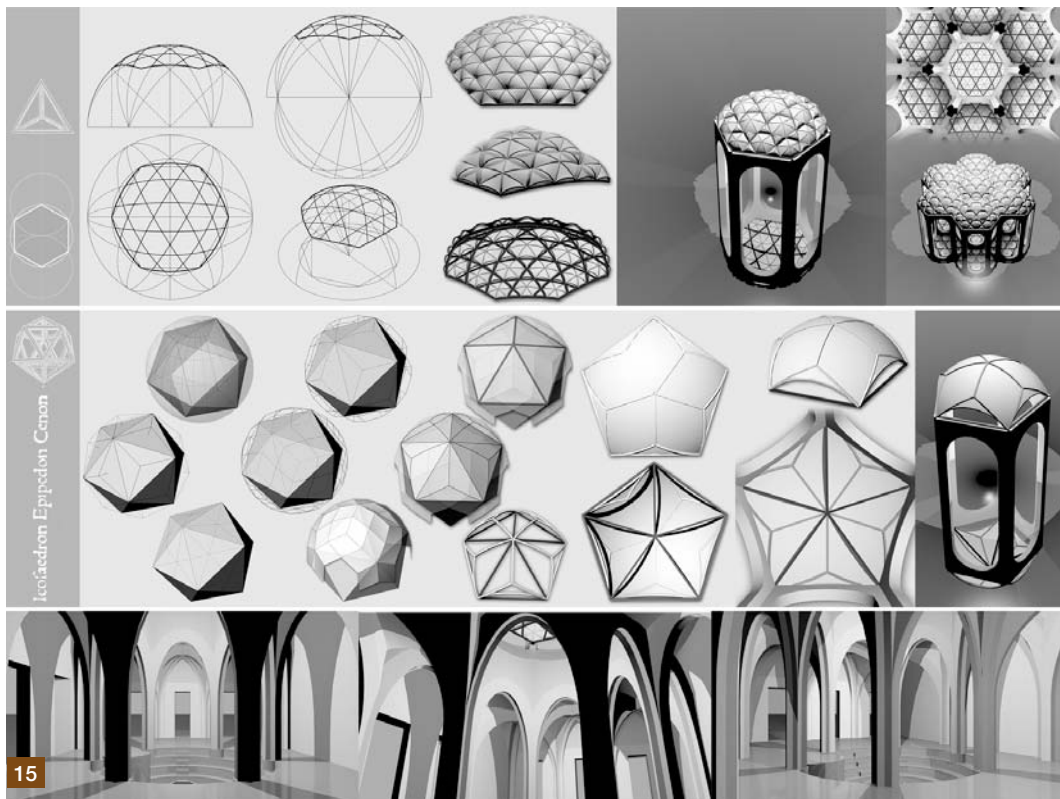
Comment introduire tout de suite les technologies informatiques dans le projet et dans sa construction-réalisation ?

Comment dépasser l'aporie la plus voyante dans l'usage contemporain de la pierre, celle de l'opposition entre structure et enveloppe ?

Comment dépasser l'outrage de la forme architecturale « irresponsable » rendue possible aujourd'hui par l'« ingénierisation » du projet ?

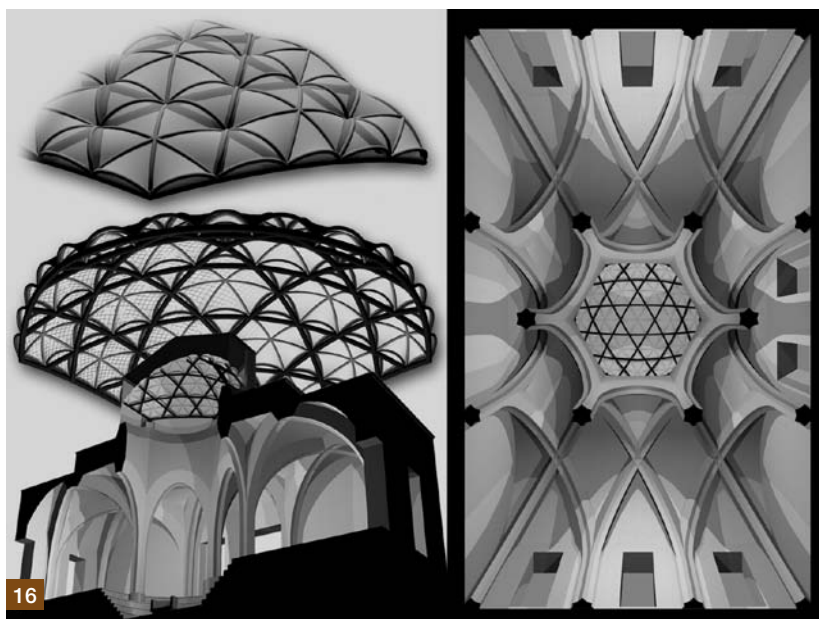
VIOLLET-LE-DUC : INNOVATION
 ET TRADITION EN ARCHITECTURE. LANGAGE DE FORME
 ET STRUCTURE DANS LA CONCEPTION
 DE VOÛTES POLYÉDRIQUES EN PIERRE ET MÉTAL

Maria Rita Campa



D'ailleurs, Viollet-le-Duc même ne propose pas des exemples afin qu'ils soient assumés comme modèles à imiter, mais parce qu'on en saisit le raisonnement, la « méthode », l'esprit avec lequel on les a menés, en exhortant les « jeunes » à essayer la composition de nouvelles formes, nouvelles voûtes.

Le sujet choisi est enfin l'espace sacré. La forme-structure hexagonale caractérise l'endroit central. La composition en plan est cohérente avec les théories de Viollet-le-Duc à propos des proportions. L'espace est complètement divisé en triangles équilatéraux.



Les arcs « croisés » caractérisant la nef – conçus selon les règles stéréotomiques de la coupe des pierres – sont disposés chacun le long du côté de deux triangles consécutifs. Leur section est modelée de façon à former, en se joignant à celle de deux autres arcs, piliers à six pointes (ill. 15 et 16).

15. Projets de voûtes en pierre et acier conçues par Maria Rita Campa (2008).

16. Projet pour une église avec arcs croisés et voûte en pierre et acier pour la couverture de l'espace central (Campa, 2008).

BIBLIOGRAPHIE

- AUZAS (P.-M.), *Eugène Viollet-le-Duc*, Paris, 1979.
- BARIDON (L.), *L'Imaginaire scientifique de Viollet-le-Duc*, Paris, 2000.
- CHEVALIER (M.), « Exposition Universelle : le fer et la fonte employés dans les constructions monumentales », *Journal des débats*, Paris, 1855.
- DI PASQUALE (S.), *L'arte del costruire. Tra conoscenza e scienza*, Venise, 1996.
- FRAJESE (A.) et MACCIONI (L.), *Gli elementi, Euclide*, Turin, 1970.
- LENIAUD (J.-M.), *Viollet-le-Duc ou les délires du système*, Paris, 1994.
- MARREY (B.), *La Querelle de fer : Eugène Viollet-le-Duc contre Louis Auguste Boileau*, Paris, 2002.
- PACIOLI (L.), *De divina proportione*, Milan, 1986.
- PERDETTI (C.), *Leonardo architetto*, Milan, 1978.
- VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, Paris, B. Bance, 1854-1868.
- VIOLLET-LE-DUC (E. E.), « Le fer et la fonte employés dans les constructions monumentales », *Journal des débats*, 1^{er} juin, Paris, 1855.
- VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Entretiens sur l'architecture*, Paris, A. Morel, 1863-1872.
- VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *L'Art russe*, Paris, V^o A. Morel, 1877.
- VIOLLET-LE-DUC (E. E.), *Histoire d'un dessinateur : comment on apprend à dessiner*, Paris, Hetzel, 1878.
- YOUNG (T.), « Of the equilibrium and strength of elastic substances », *A course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts*, Londres, 1807.