

Zeitschrift: Matières
Herausgeber: École polytechnique fédérale de Lausanne, Institut d'architecture et de la ville
Band: 10 (2012)

Artikel: Nouvelles géométries pour l'architecture : le projet de la "grande salle de concert" de Violett-le-Duc
Autor: Chermolli, Giulia
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-984593>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Fig. 169

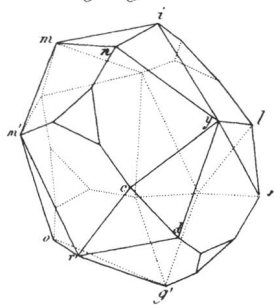


Fig. 170

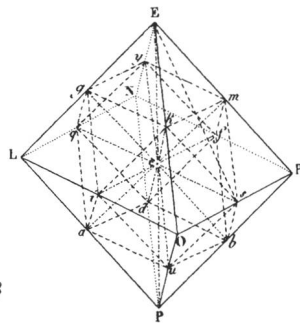


Fig. 171

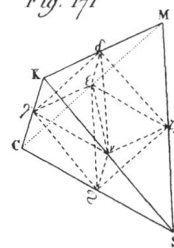


Fig. 173

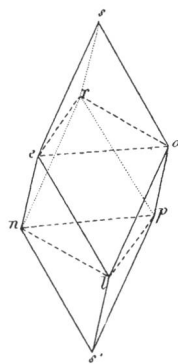


Fig. 174

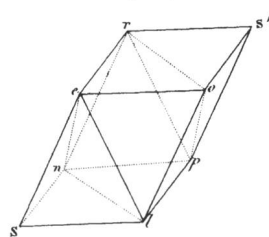


Fig. 177

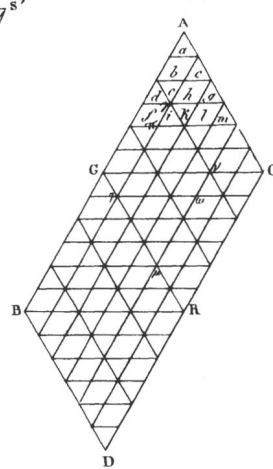


Fig. 172

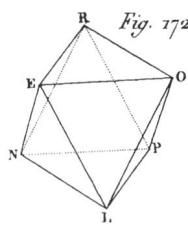


Fig. 175

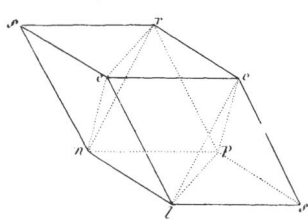
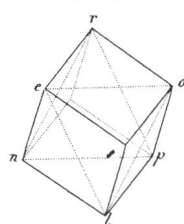


Fig. 176



Nouvelles géométries pour l'architecture

Le projet de la «grande salle de concert» de Viollet-le-Duc

Giulia Chemolli

Sa vie durant, Viollet-le-Duc a nourri un profond amour pour la nature, examinée aussi à la lumière des découvertes scientifiques de son époque. C'est dans la nature et dans les disciplines qu'il étudie qu'il trouve son inspiration pour les analogies et les méthodes auxquelles il recourt dans sa recherche d'une théorie de l'architecture alternative à celle qui est enseignée à l'Ecole des beaux-arts.

Dans son imaginaire, il attribue un rôle particulier aux processus de formation de la croûte terrestre qu'il commence à étudier dans sa jeunesse, à l'occasion d'excursions dans le massif volcanique d'Auvergne en 1831¹ et dans les Pyrénées en 1833² ainsi que lors de son ascension de l'Etna en 1836. Il reviendra à cette problématique vers la fin de sa vie avec le relevé et l'étude du massif du Mont-Blanc³.

Le «système de cristallisation» du gothique

C'est au cours de son voyage dans les Pyrénées que l'intérêt de Viollet-le-Duc pour la genèse des montagnes et les polyèdres des cristaux minéraux entre une première fois en résonance avec sa recherche passionnée d'un style personnel en architecture et son refus du formalisme imposé par l'Ecole des beaux-arts⁴. Il est intéressant de noter qu'à la fin de son voyage, Viollet-le-Duc tente d'interpréter l'architecture médiévale de la cathédrale d'Albi selon des critères et des concepts figurant dans le traité de cristallographie de René-Just Haüy⁵, à l'exemple de ce qu'avait fait Sulpiz Boisserée en 1823 pour la cathédrale de Cologne⁶.

Viollet-le-Duc observe que, de même que la nature prend toutes sortes de formes différentes à partir de deux ou trois principes, la variété dans l'architecture gothique est le résultat de la répétition de quelques principes de base. Il relève dans la cathédrale un véritable «système de cristallisation» basé sur les «ogives»; «ogives» et cristaux rhomboédriques sont les éléments fondamentaux, les uns de la construction gothique et les autres des montagnes de granit. Le «système de cristallisation», pour Viollet-le-Duc, pourrait correspondre à une méthode projectuelle que les hommes du Moyen Age auraient inconsciemment tirée de la nature⁷.

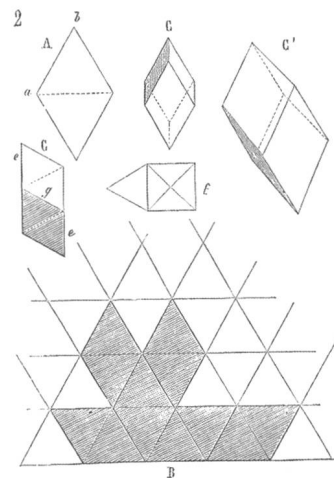
Géométrie des cristaux rhomboédriques. Haüy identifie cinq formes fondamentales de polyèdres à la base de toute formation cristalline, dont le rhomboèdre, figure extraite de René-Just Haüy, Traité de cristallographie, Paris, 1822, Atlas, pl. XLVIII.

Mais c'est dans les années 1860 que l'étude de la formation de la croûte terrestre devient, pour Viollet-le-Duc, une référence cruciale dans sa vision de l'architecture, alors qu'il met au point un chapitre fondamental de sa théorie⁸. Dans sa recherche d'une architecture nationale contemporaine, après avoir abandonné l'idée de développer l'architecture médiévale française, Viollet-le-Duc aboutit à la définition d'un concept de «style» indépendant des styles historiques, qui s'exprime dans la parfaite correspondance entre forme, matériau et fonction. C'est le cristal de granit qu'il prend en exemple pour illustrer le «style» en architecture⁹. Dans sa description personnelle du processus de formation de la croûte terrestre, une masse initialement fluide se refroidit sur une surface sphérique (la Terre) en formant une croûte constituée de la répétition d'un élément fondamental, un cristal rhomboédrique. Pour Viollet-le-Duc, la forme du cristal est celle qui correspond le mieux à sa fonction, qui est de former par solidification une surface courbe relativement homogène au moyen d'une agrégation d'éléments dotés d'une résistance élevée¹⁰.

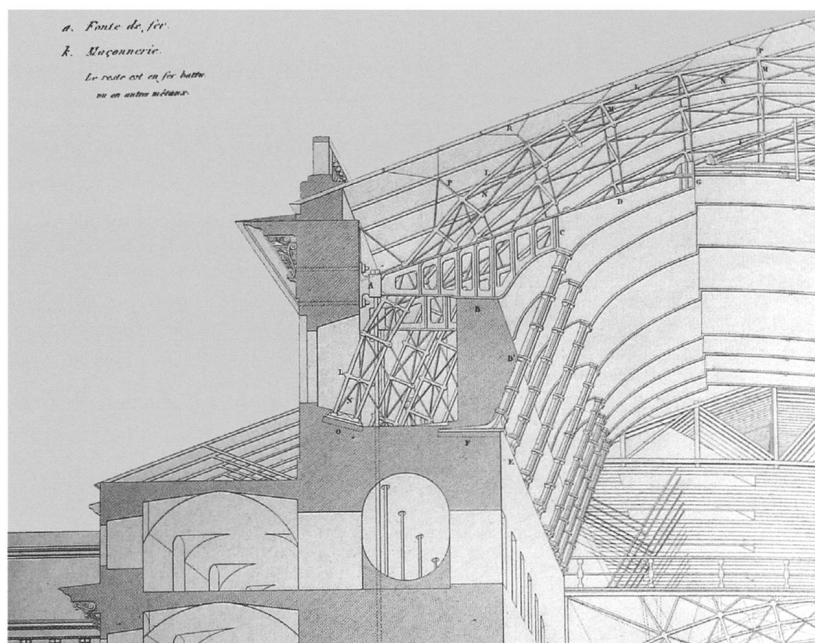
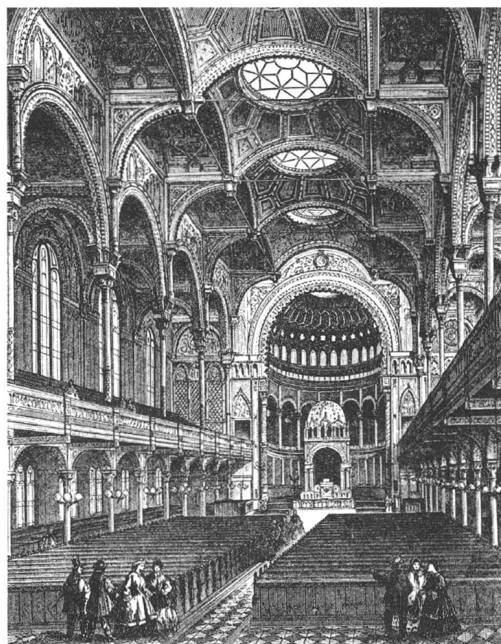
Polyèdres cristallins, formes pour la structure métallique de la «grande salle de concert»

Tandis qu'il élabore cette nouvelle vision du «style», Viollet-le-Duc est confronté à la grande thématique contemporaine de la construction en métal et maçonnerie. Il publie une série de propositions idéales dans les années 1870¹¹.

Dans les projets parisiens de Victor Baltard, Louis-Auguste Boileau et Henri Labrouste, dans les années 1850 et 1860, un système de piédroits et d'arcs en métal soutient des voûtes en matériaux légers, tandis que le périmètre est clos par une enveloppe de maçonnerie ; les voûtes s'inspirent des formes d'architectures passées¹². Dans la majeure partie des propositions de Viollet-le-Duc, des combinaisons de voûtes en maçonnerie reposent sur des structures métalliques qui transmettent les charges à la maçonnerie périphérique au moyen d'un système de «potences» ou de «jambes de force» en fonte stabilisées par des tirants en



E.-E. Viollet-le-Duc, géométrie des cristaux rhomboédriques de granit, figure extraite de E.-E. Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle, Paris, vol. VIII, 1866.



fer; le mur périmétral est fréquemment formé d'une ossature fermée par des remplissages¹³. Ces propositions sont inspirées des principes de l'architecture gothique, notamment la mise en scène de la transmission inclinée des forces.

Certains projets contemporains hors de France progressent selon les mêmes lignes de recherche que celles de Viollet-le-Duc. Par exemple, Carl Heinrich Eduard Knoblauch expérimente des combinaisons similaires de voûtes en maçonnerie et d'éléments structurels en métal, avec des colonnes en fonte et des tirants de fer apparents pour la Neue Synagoge de Berlin (1859-1866)¹⁴. Des éléments inclinés en métal ancrés à la maçonnerie au moyen de tirants sont utilisés dans le sous-comble du théâtre Alexandrin à Saint-Petersbourg, selon le projet publié par Charles Louis Gustave Eck en 1841¹⁵. En France, Jules Bourdais met en scène des «jambes de force» pour soutenir une voûte en bois dans le temple protestant de Nègrepelisse (1866-1870)¹⁶, comme on peut le lire dans la *Gazette des Architectes et du Bâtiment* de 1869-1970¹⁷.

Viollet-le-Duc recourt à la géométrie des cristaux pour inventer une forme de structure inédite, qui forme la base d'un «style» pouvant transcender tous les autres styles connus jusqu'ici. Avec son projet pour une «grande salle de concert»¹⁸, il imagine de couvrir une salle à plan central avec un système de voûtains en maçonnerie qui reposent sur une structure métallique formée d'un réseau de poutres disposées, comme il l'écrit, le long des lignes d'arête d'un polyèdre cristallin. Il s'agit d'une intuition fondamentale pour une nouvelle architecture en maçonnerie et métal. Le projet pour la «grande salle de concert» contribue en outre à ajouter aux géométries contemporaines naissantes des architectures métalliques la dimension d'un système fermé et fondé sur un montage radial plutôt que sur la répétition linéaire d'une travée.

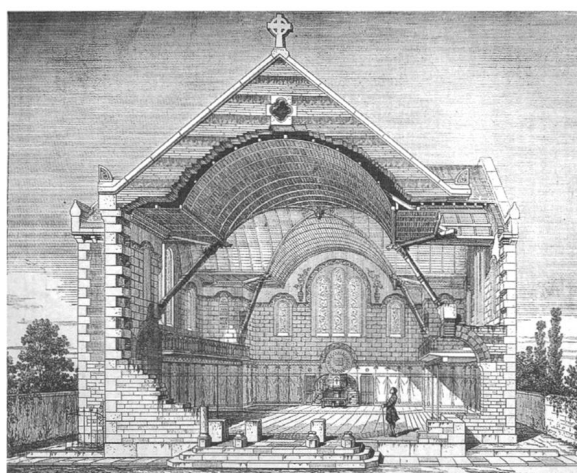
Le polyèdre utilisé comme modèle pour le projet de la «grande salle de concert» est dessiné schématiquement dans l'une des images qui accompagnent la description de la salle. Viollet-le-Duc choisit, dans la grande variété de figures décrites dans la géométrie des cristaux, une forme particulièrement régulière. Les faces, carrées, hexagonales et octogonales, sont réunies de telle manière que chaque octogone ait un côté commun avec les quatre hexagones; si nous inscrivons le polyèdre dans un cube, les faces octogonales coïncideraient avec les côtés du cube. Dans son texte, Viollet-le-Duc souligne l'égalité de tous ces «membres rectilignes» en fer et la similarité de tous les assemblages, autant d'aspects

Ci-contre, de gauche à droite :

Carl Heinrich Eduard Knoblauch, *Neue Synagoge de Berlin, 1859-1866, perspective intérieure, figure extraite de Berlin und seine Bauten, Berlin, 1896, fig. 150, p. 167.*

«Charpente en fer et fonte de fer du théâtre Alexandrin à Saint-Petersbourg exécutées à l'Usine Impériale d'Alexandrofsky sous la direction de M. Matieu Clark (1833)», figure extraite de Charles Louis Gustave Eck, *Application générale du fer, de la fonte, de la tôle et des poteries dans les constructions civiles, industrielles et militaires, Paris, 1841, pl. XLVI.*

A droite: Peter Zindel, *vue en coupe de l'intérieur du temple protestant à Nègrepelisse, architecte J. Bourdais, figure extraite de Gazette des Architectes et du Bâtiment, n° 7, n° 8, VII, 1869-1970, fig. 68.*



qui laissent ouverte la possibilité de standardiser le processus de production. La géométrie de la structure tient également compte des caractéristiques du matériau ; Viollet-le-Duc estime que les lignes droites des arêtes des polyèdres se prêtent mieux à une fabrication en métal que les lignes courbes des arcs, par rapport aux méthodes de fabrication pratiquées dans les ateliers¹⁹.

La forme des enveloppes en maçonnerie ne suit pas le profil des plans définis par le réseau métallique. Sur les nœuds du réseau et sur les murs périmétraux, Viollet-le-Duc place une série d'arcs et de nervures en briques ou en pierre tendre qui tissent, au-delà des plans imaginaires du polyèdre, les lignes courbes et entrelacées d'une maille en pierre fermée par des voûtains. L'ensemble donne l'impression d'une enveloppe articulée et complexe semblant flotter au-dessus de la rigide structure métallique qui devient alors le point d'appui d'une combinaison de voûtes de type gothique.

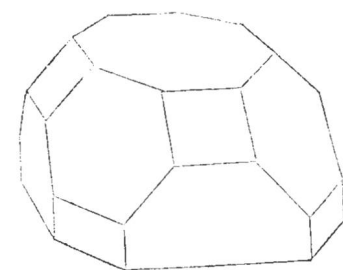
Comme dans d'autres projets conçus par Viollet-le-Duc, le recours au métal permet de surmonter les limites mécaniques et dimensionnelles des voûtes traditionnelles. Dans ce sens, Viollet-le-Duc conçoit certains de ses projets idéaux comme une nouvelle étape dans l'évolution des structures voûtées en maçonnerie, concept qui est central dans sa vision de l'histoire de l'architecture. Le profil du réseau métallique de la «grande salle de concert» évoque une coupole ; malgré sa forme inédite, elle s'insère dans la ligne d'évolution des grandes coupoles en maçonnerie. Viollet-le-Duc lui-même la compare à la coupole sur pendentifs de Sainte-Sophie à Constantinople, qu'il considère comme une étape décisive dans l'évolution des structures voûtées²⁰.

Une «construction raisonnée»

Pour les voûtes, Viollet-le-Duc étudie un type de maçonnerie adapté à la légèreté du réseau métallique ; il prévoit le recours à des «poteries», à des «briques creuses à plat» ou à des «tranches moulées»²¹. Le complexe système de voûtes est ensuite protégé des intempéries par une couverture soutenue par une charpente de fer. La multiplicité des légers voûtains parvient à exprimer dans la maçonnerie une tectonicité cohérente avec la gracilité relative des structures métalliques.

Briques creuses et poteries sont utilisées de plus en plus fréquemment au cours du XIX^e siècle pour créer, avec le métal, des voûtes et des planchers résistants au feu ; c'est pourquoi on les trouve dans de prestigieux édifices publics²². Les poteries sont aussi adoptées sans armature de fer pour construire des voûtes ou voûtains de dimensions réduites, comme dans les cas prévus par Viollet-le-Duc. En 1841, Eck signale des voûtains de ce type dans la Chambre des députés²³ et dans l'église de la Madeleine à Paris²⁴, un chantier dirigé par un ami de la famille de Viollet-le-Duc, Jean-Jacques-Marie Huvé, dont Viollet-le-Duc a fréquenté l'atelier vers 1833. Huvé emploie encore des poteries et du fer pour les planchers du théâtre Ventadour à Paris²⁵. Les poteries sont également utilisées en raison de leur faible coût ; Viollet-le-Duc a recours aux «briques creuses» pour les voûtes de l'église paroissiale d'Aillant-sur-Tholon (1862-1865)²⁶ et Anatole de Baudot, son élève, construit avec ce matériau les voûtes et voûtains en berceau de l'église paroissiale de Laroche-Milley dans les années 1860²⁷.

Pour les voûtes de la «grande salle de concert», Viollet-le-Duc propose également, comme alternative, de construire des éléments qu'il appelle des «caissons», fabriqués en «plâtre moulé» ou en «béton comprimé», éventuellement «moulés avec compartiments et tables



E.-E. Viollet-le-Duc, vue intérieure de la «grande salle de concert», figure extraite de E.-E. Viollet-le-Duc, *Entretiens sur l'architecture*, vol. II, 1872, fig. 18, p. 53.

E.-E. Viollet-le-Duc, dessin d'un polyèdre, figure extraite de E.-E. Viollet-le-Duc, *Entretiens sur l'architecture*, vol. II, 1872, fig. 16, p. 92.

renfoncées de façon à former décoration intérieure», à monter comme des claveaux en remplissant les joints de plâtre ou de ciment²⁸. Avec cet exemple, il reformule, avec des matériaux modernes et plus légers que la pierre, la modalité constructive des coupoles en claveaux de pierre.

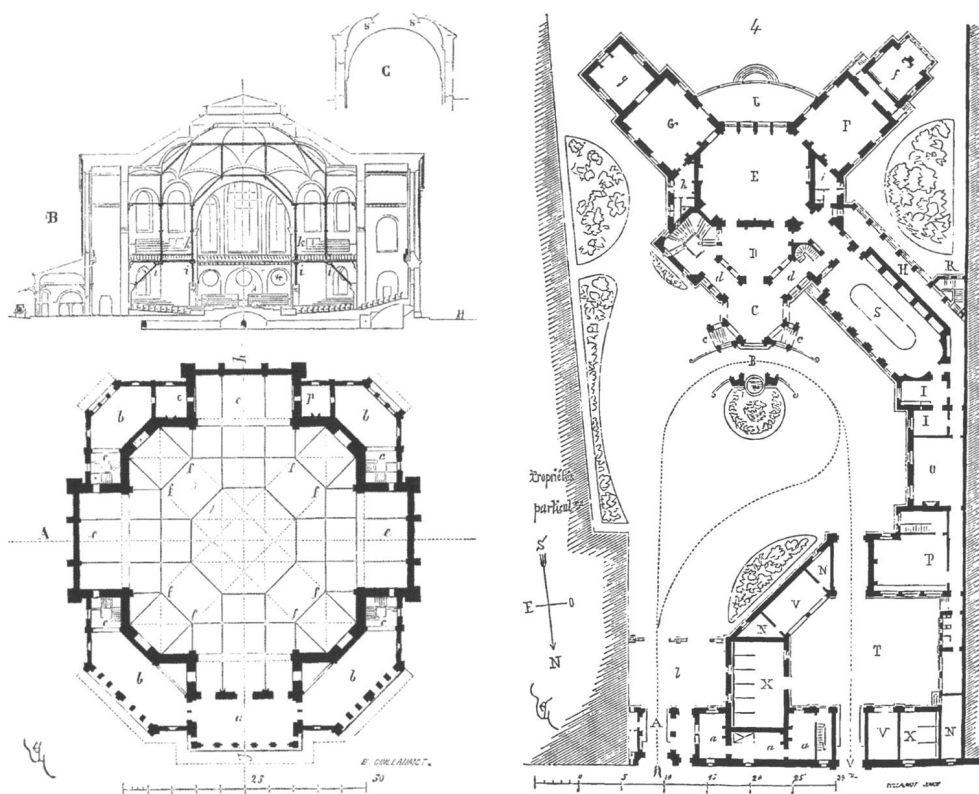
Non seulement les voûtes de la salle centrale, mais aussi celles de quatre modestes ailes appelées «appendices», qui lui sont adjointes sur les quatre côtés, sont construites en maçonnerie. Les ailes sont complètement ouvertes sur la salle centrale grâce à d'énormes arcs qui assurent la continuité spatiale et visuelle. Pour la couverture des ailes, Viollet-le-Duc prévoit une série de trois voûtes en maçonnerie, deux voûtes rampantes sur les côtés et une voûte en berceau au centre, posées sur les murs extérieurs et sur deux «*poitraux en tôle*». Il avait déjà exploré une solution similaire vers la moitié des années 1850 dans un dessin pour la couverture de l'église de Saint-Gimer à Carcassonne²⁹. Tandis que dans le projet pour Saint-Gimer les trois voûtes reposent sur des arcs longitudinaux, tendus entre des grands arcs transversaux à la nef, les voûtes s'appuient ici sur les poutres métalliques de manière à ne pas exercer de poussée sur les pignons.

Par contre, pour le mur extérieur, Viollet-le-Duc imagine deux possibilités de construction : soit uniquement en pierre de taille, ou avec de la pierre de taille concentrée le long des lignes de résistance maximale (les angles et éventuellement les arcs de décharge) pour dessiner une ossature fermée par de la maçonnerie en briques ou moellons.

La structure métallique est disposée de manière à ne transmettre les charges à la maçonnerie qu'aux angles de la salle ; les murs des ailes font ainsi office de contreforts. Le transfert des charges du réseau métallique à la maçonnerie se fait au moyen de sept piédroits de fonte, en forme de colonnes, qui reportent les charges sur des soutiens inclinés («jambes de force obliques»), à leur tour placés sur des massifs en maçonnerie saillant des parois. Les soutiens inclinés sont fixés à la maçonnerie par des tirants en fer pour absorber les composantes horizontales des poussées. Les tribunes sont construites dans l'espace compris entre les colonnes et le mur ; les poutres métalliques de la structure qui les soutient reposent sur les articulations entre les jambes de force obliques et les colonnes.

On peut déduire quel était le profil des éléments de la structure métallique d'après le dessin en perspective de la salle. Piédroits et jambes de force obliques de fonte sont articulés au moyen de moulures qui rappellent la forme des colonnes, avec bases et chapiteaux. Les piédroits de fonte semblent composés de deux parties ; la partie inférieure est courte, presque trapue ; la partie supérieure est plus gracile et élancée. Le point de contact entre les deux parties est mis en évidence par un évasement et des moulures aux deux extrémités. Cette solution, tout en tenant compte des limites techniques dans la réalisation des éléments de fonte, brise la continuité visuelle des colonnes, qui auraient pu paraître trop longues et fines par rapport à leur diamètre. Pour la forme de l'articulation entre «jambes de force obliques» et colonnes, dessinée comme une sphère, Viollet-le-Duc s'inspire probablement des os des articulations du squelette. Du reste, les références à l'anatomie et aux organismes vivants sont très fréquentes dans ses écrits³⁰ ; dans *l'Histoire d'un dessinateur*, il mentionne même les articulations du corps humain comme l'une de ses sources d'inspiration pour la forme des joints mécaniques³¹.

La question de la visibilité du dispositif constructif et structurel en métal et en maçonnerie de la «grande salle de concert» reste cependant ouverte. Viollet-le-Duc ne donne aucune indication claire concernant la finition à appliquer. Dans la perspective intérieure, il esquisse



les lignes de la trame de briques et blocs de pierre, aussi bien sur les murs périmétraux que sur les voûtains, faisant ainsi croire au lecteur que toute la machine constructive est apparente ; par contre, dans le devis sommaire qui accompagne le projet, il inclut, sans autre précision, les termes « enduit », « ravalement », « peinture », autant d'opérations susceptibles de dissimuler la structure. L'absence d'indications précises est d'autant plus surprenante que Viollet-le-Duc considère la décoration picturale comme une partie intégrante du projet architectonique et il lui reconnaît le pouvoir de le mettre en valeur ou de le dénaturer ; il expose dans ses écrits une théorie de la décoration polychrome et dès les premiers projets, il adopte des décorations picturales polychromes pour les surfaces des pièces intérieures³².

Géométries naturelles : cristaux et ruches

Le plan de la « grande salle de concert » présente une géométrie qui régit aussi bien le réseau de la voûte et la forme de la salle centrale que les espaces de service et les tribunes.

Les espaces entre les ailes comportent des volumes contenant les pièces de service, les escaliers conduisant aux tribunes, les vestibules des visiteurs. Dans le plan, les espaces sont identiques des quatre côtés même si ceux des deux côtés de l'aile d'entrée sont plus grands pour marquer un axe central confirmé par l'adjonction d'un autre vestibule sur le devant. Il est difficile de savoir comment Viollet-le-Duc prévoyait de développer en hauteur les volumes des pièces de service. L'étude de ses dessins et de ses écrits théoriques laisse supposer que des fonctions différentes devaient avoir des volumes, des couvertures et des hauteurs différentes ; le volume de la grande salle émergerait donc des autres, rassemblés par agrégation autour d'elle comme des formations cristallines.

E.-E. Viollet-le-Duc, plan et section de la « grande salle de concert », figure extraite de E.-E. Viollet-le-Duc, *Entretiens sur l'architecture*, vol. II, 1872, fig. 17, p. 93.

E.-E. Viollet-le-Duc, projet d'hôtel citadin, plan du rez-de-chaussée, figure extraite de E.-E. Viollet-le-Duc, *Entretiens sur l'architecture*, vol. II, 1872, fig. 4, p. 284.



Chrysoberil, figure extraite de M. O'Donoghue, *Roches et minéraux*, Paris-Bruxelles 1991, p. 93.

La recherche de Viollet-le-Duc de géométries innovantes pour les architectures ne se réduit pas au polyèdre de la structure de la «grande salle de concert». Il recourt à un polygone pour tracer un projet d'hôtel pour une grande ville : deux ailes obliques³³ partent d'un volume central à section octogonale. Le bâtiment s'insère dans un lot rectangulaire au milieu d'un jardin. Dans ce cas également, le projet est élaboré par un processus d'agrégation des volumes et des fonctions autour d'un volume central. Viollet-le-Duc parle de «plans tracés suivant la méthode du groupement» pour obtenir les avantages procurés par le «groupement des locaux d'habitation autour d'un centre»³⁴. Le recours à des formes géométriques pour le plan des pièces d'habitation n'est pas nouveau dans la tradition française, mais ici Viollet-le-Duc utilise le polygone – et, dans l'espace, le polyèdre – pour définir les volumes également³⁵. Même s'il ne fait pas explicitement référence aux cristaux, la forme obtenue et le type de groupement des pièces peuvent évoquer les agrégations cristallines. Pour ce qui est de la distribution, il utilise des «tracés obliques, polygonaux» étudiés dans l'architecture médiévale³⁶.

Du reste, on peut constater que Viollet-le-Duc, dans ses écrits théoriques, applique les analogies avec des exemples du monde naturel aux modalités de groupement des espaces architecturaux. Il compare, par exemple, la forme de la structure des amphithéâtres et des termes romains aux ruches. En effet, il identifie dans la construction romaine un «système cellulaire»³⁷ et définit comme «une ruche», composée de «cellules de dimensions différentes» cette structure où, à partir de simples unités, on parvient à constituer un système complexe de parties fortement corrélées entre elles, en mesure de créer des espaces monumentaux et à l'intérieur desquelles les dimensions de l'unité peuvent aussi varier³⁸.

Le cristal, la ruche et tout autre système «cellulaire» sont autant de modèles d'un processus d'agrégation en parties capables de définir des stratégies de composition alternative à celle du système Beaux-Arts. Le projet de la «grande salle de concert» entre dans cette perspective et devient également une œuvre fondamentale pour une idée de structure réticulaire spatiale à venir.

Notes

1 En 1831, Viollet-le-Duc entreprend avec son oncle maternel Étienne-Jean Delécluze un voyage au cours duquel ils parcourent le massif volcanique d'Auvergne. Viollet-le-Duc observe et dessine les roches et les cimes volcaniques autour de Clermont-Ferrand et visite les «cabinets de minéralogie» de Clermont-Ferrand et d'Avignon. A propos de son voyage en Auvergne, cf. la correspondance de Viollet-le-Duc avec sa famille, publiée in Geneviève Viollet-le-Duc, *Les Viollet-le-Duc. Histoire*

d'une famille. *Documents et correspondance*, Sommières-Genève, 2000; *Viollet-le-Duc en Auvergne*, catalogue d'exposition, Clermont-Ferrand, 1980. Par la suite, Delécluze continue à encourager son neveu à étudier la géologie en lui signalant par exemple, en 1832, un ouvrage d'Elia de Beaumont (lettre de Delécluze à son neveu, 3 septembre 1832, publiée in Geneviève Viollet-le-Duc, *Les Viollet-le-Duc...*, op. cit., p. 101).

2 Pour le journal de voyage, la correspondance avec la famille et les dessins de la période passée dans les Pyrénées, cf. Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Voyage aux Pyrénées, 1833*, Les amis du Musée Pyrénéen (éd., Lourdes, 1972; Geneviève Viollet-le-Duc, *Les Viollet-le-Duc...*, op. cit., pp. 115-298.

3 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Le massif du Mont-Blanc: étude sur sa constitution géodésique et géologique sur ses transformations*

et sur l'état ancien et moderne de ses glaciers, Paris, 1876.

4 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, lettre à son père, 25 juillet 1833, publiée dans Geneviève Viollet-le-Duc, *Les Viollet-le-Duc...*, op. cit.

5 René-Just Haüy, *Traité de cristallographie*, Paris, 1822.

6 A propos de l'intérêt de Viollet-le-Duc pour les cristaux, la montagne, la géologie, voir Laurent Baridon, *L'imaginaire scientifique de Viollet-le-Duc*, Paris, 1996, pp. 119-124, 171-177, 203-208.

Dans la première moitié du XIX^e siècle, la géologie et la minéralogie sont des disciplines en pleine expansion et liées au développement vertigineux de l'industrie. Les méthodes et concepts élaborés dans ce contexte sont aussi appliqués à l'architecture et à l'archéologie. En 1823, Sulpiz Boisserée, pour décrire les particularités du gothique, fait aussi référence au «principe de la cristallisation» du traité de minéralogie de René-Just Haüy (Sulpiz Boisserée, *Histoire et description de la cathédrale de Cologne, accompagnée de recherches sur l'architecture des anciennes cathédrales* (1823), Stuttgart-Paris, 1843, p. 73; René-Just Haüy, *Traité de minéralogie*, Paris, 1801). En 1835, Johann Metzger trouve, dans les formes des éléments de l'architecture médiévale, une loi dérivée de la géométrie des cristaux et des plantes, la «*Kreistheilungsgesetz*» (J. Metzger, *Gesetze der Pflanzen und Mineralienbildung angewendet auf altdeutschen Baustyl*, Stuttgart, 1835). On retrouve également des références à la géologie dans les écrits de John Ruskin et Gottfried Semper (voir en particulier Nikolaus Pevsner, «Ruskin and Viollet-le-Duc: Englishness and Frenchness in the appreciation of Gothic architecture», *Architectural Design*, n° 50, 1980; Barry Bergdoll, «Of crystals, cells, and strata: natural history and debates on the form of a new architecture in the nineteenth

century», in *Architectural History*, vol. L, 2007, (pp. 1-29), pp. 6-7). Arcisse de Caumont, fondateur en 1824 de la Société des Archéologues de Normandie et l'un des premiers spécialistes du gothique français, alterne la publication d'essais sur le gothique et sur les cartes géologiques.

7 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, lettre à son père, 8 septembre 1833, publiée dans Geneviève Viollet-le-Duc, *Les Viollet-le-Duc...*, op. cit.

8 Bien qu'il n'y ait pas beaucoup de preuves concrètes de l'intérêt actif de Viollet-le-Duc pour la minéralogie et la géologie durant la période située entre son voyage aux Pyrénées et son étude du Mont-Blanc, il ne cesse, dans ses écrits théoriques, d'établir des analogies entre le processus de «cristallisation» et le développement de l'architecture gothique.

9 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*, vol. VIII, Paris, 1866, pp. 474-497.

10 Les rhomboèdres ont la caractéristique de pouvoir se combiner entre eux de manière à couvrir des surfaces courbes: ils présentent «une réunion de six mailles semblables, pouvant se rattacher à trois réseaux se coupant, se pénétrant, et se prêtant ainsi à couvrir des surfaces courbes». Le concept de «mailles» et de «réseaux» associé aux cristaux évoque les études d'Auguste Bravais, publiées en 1847. Viollet-le-Duc attribue en fait des caractéristiques de solidité et de résistance au triangle équilatéral et aux formes géométriques qui s'en inspirent (Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Dictionnaire...*, op. cit.

11 Voir en particulier XII, XIII et XVIII^e Entretiens et Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *L'Art russe*, Paris, 1877.

12 Eglise Saint-Augustin (1859-1871) de Baltard, sous-sol des

Halles (construites à partir de 1854) de Baltard et Felix Callet, église Saint-Eugène (1854-1856) de Boileau, bibliothèque Sainte-Geneviève (1843-1850) et Bibliothèque nationale (1864-1875) de Labrousse.

13 Les voûtains disposés le long du périmètre reposent directement sur le mur, ce qui permet de résoudre le problème de la confrontation directe entre la gracilité des structures en métal et la force de la maçonnerie.

14 Carl Heinrich Eduard Knoblauch (1801-1865), architecte allemand, étudie à la Berliner Bauakademie sous la direction de Karl Friedrich Schinkel. En 1830, il débute en tant qu'architecte indépendant à Berlin. Son projet le plus connu est la Neue Synagoge de Berlin, achevée par Stüler. Voir Azra Charbonnier, *Carl Heinrich Eduard Knoblauch (1801-1865): Architekt der Burgertums*, Munich, 2007; Annette Bossmann, *Drei Architekten in Berlin*, Berlin, 1993.

15 «Charpente en fer et fonte de fer du théâtre Alexandrin à Saint-Petersbourg exécutées à l'Usine Impériale d'Alexandrofsky sous la direction de M. Matieu Clark (1833)» (Charles Louis Gustave Eck, *Application générale du fer, de la fonte, de la tôle et des poteries dans les constructions civiles, industrielles et militaires*, Paris, 1841, pl. XLVI).

16 Jules-Désiré Bourdais (1835-1915), ingénieur diplômé de l'Ecole centrale en 1857, puis élève d'Hector Horeau à l'Ecole des beaux-arts, est nommé en 1866 architecte départemental de Tarn-et-Garonne. Dans ce département il édifie l'église Saint-Pierre-ès-Liens (temple Protestant) à Nègrepelisse.

17 Anatole de Baudot, «Temple protestant, à Nègrepelisse», *Gazette des Architectes et du Bâtiment*, n° 7, VII, 1869-1970, pp. 81-88, fig. 54-67, et *Gazette des Architectes et du Bâtiment*, n° 8, VII, 1869-1970, fig. 68-81.

18 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Entretiens...*, op. cit., vol.

II, 1872, pp. 92-98. La date de 1864 est indiquée sur le dessin en perspective de la «grande salle de concert».

19 Le choix de cette géométrie particulière de polyèdre garantit à Viollet-le-Duc une stabilité de forme puisque le réseau métallique est constitué de «membres rectilignes» en fer qui forment toujours «une pyramide suivant les mêmes angles» (Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Entretiens...*, op. cit., vol. II, 1872, p. 96). Cette référence à la géométrie comme garantie de stabilité, déjà présente dans l'exemple de la formation de la croûte terrestre, ressort également dans le projet idéal de bâtiment municipal avec halle de marché, publié dans le même volume des *Entretiens*, où Viollet-le-Duc désigne comme «figure génératrice» de la structure un hexagone formé de triangles équilatéraux parce qu'il «présente une figure stable» (Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Entretiens...*, op. cit., vol. II, 1872, pp. 64-66 et Atlas, pl. XXI).

20 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Dictionnaire...*, op. cit., vol. IV, 1859, sous «Construction», p. 4.

21 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Entretiens...*, op. cit., vol. II, 1872, p. 94.

22 Cf. Charles Louis Gustave Eck, *Application générale du fer, de la fonte, de la tôle et des poteries dans les constructions civiles, industrielles et militaires*, Paris, 1841, p. 60. En 1863, Labrousse prévoit des «globes à tabatière» et des structures en fer pour la voûte de l'hémicycle de la salle de lecture de la Bibliothèque nationale (cf. Maria Grazia Tampieri, «La Bibliothèque Imperiale di Henri Labrousse

(1854-1875)», *Parametro*, n° 17, 1997, (pp. 10-59), pp. 36-41).

23 Charles Louis Gustave Eck, *Application générale du fer, de la fonte, de la tôle, des poteries, briques perforées et autres, dans les constructions civiles, industrielles et militaires*, vol. I, Paris, 1841, p. 43, fig. 4, pl. XVI.

24 *Ibidem*, p. 43.

25 *Ibidem*, p. 22.

26 Anatole de Baudot, *Eglises de bourgs et villages* (2 vol.), vol. I, Paris, 1867.

27 Anatole de Baudot, *Eglises...*, op. cit., vol. II.

28 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Entretiens...*, op. cit., vol. II, 1872, pp. 87-88, fig. 14.

29 Paris, Médiathèque de l'Architecture et du Patrimoine, CRMH 2978.

30 A propos des références de Viollet-le-Duc à l'anatomie, voir Laurent Baridon, *L'imaginaire scientifique de Viollet-le-Duc*, op. cit., pp. 31-41; Martin Bressani, «The life of stone: Viollet-le-Duc's physiology of architecture», *Any*, 1996, pp. 22-27; Id., «Opposition et équilibre. Le rationalisme organique de Viollet-le-Duc», *Revue de l'art*, n° 112, 1996, pp. 28-37.

31 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Histoire d'un dessinateur*, Paris, 1879, p. 132, fig. 59.

32 Voir en particulier Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Dictionnaire...*, op. cit., vol. VII, 1864, sous «Peinture»; Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, «Peintures murales des chapelles de Notre-Dame de Paris», in *Peintures murales des chapelles de Notre-Dame de Paris*

exécutées sur les cartons de E. Viollet-Le-Duc, Paris, 1870.

33 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Entretiens...*, op. cit., vol. II, 1872, pp. 281-290, Atlas, pl. XXXIII.

34 A ce propos, voir aussi l'exemple donné par Viollet-le-Duc du château anglais de Warkworth (Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Entretiens...*, op. cit., vol. II, 1872, p. 378).

35 Les plantes caractérisées par des polygones centraux d'où partent de longues ramifications sont étudiées aussi par les contemporains, en particulier dans le cadre de la construction carcérale.

36 Viollet-le-Duc apprécie les «tracés obliques» aussi bien dans la distribution intérieure que pour positionner les entrées et les cages d'escalier. Les escaliers dans les angles de la cour du château de Pierrefonds ou la rotation des dégagements dans le projet de la Maison Griois à Ambrières (1857-1865) en sont quelques exemples appliqués dans ses projets.

37 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Entretiens...*, op. cit., vol. I, 1863, p. 135. Viollet-le-Duc fait un parallèle avec un «système cellulaire» également dans d'autres contextes, par exemple pour la structure des roses des églises gothiques du XV^e siècle (Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Dictionnaire...*, op. cit., 1866, vol. VIII, p. 62, cité dans Laurent Baridon, *L'imaginaire scientifique de Viollet-le-Duc*, op. cit., p. 101).

38 Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Entretiens...*, op. cit., vol. I, 1863, p. 112.