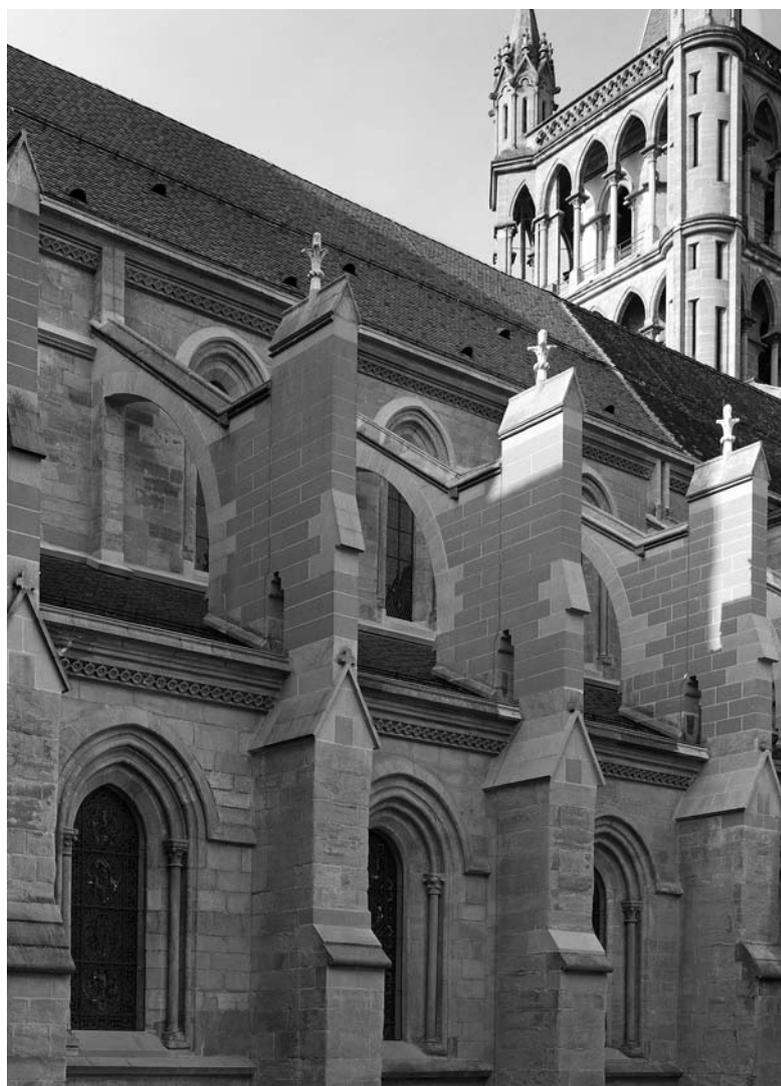


la nef et le portail peint

Cathédrale de Lausanne





couverture
Saint-Marc,
à l'abri des nouvelles verrières du portail.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2007.

Résurrection de la Vierge,
linteau de la porte nord du portail, détail.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2007.

Façade nord de la cathédrale,
après travaux de conservation-restauration
de la nef.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2010.

ci-contre
Façade nord de la cathédrale :
travées c-d-e,
après travaux de conservation-restauration.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2010.

La constance des soins

BERNARD VERDON – PRÉSIDENT DE LA COMMISSION TECHNIQUE

Participer aux décisions qu'appelle la maintenance régulière d'un grand monument, c'est d'abord être saisi par la portée du temps. L'esprit est d'emblée frappé par l'épaisseur de l'histoire qui constitue la vie de l'édifice et l'anime d'une force dépassant la seule génération humaine : il devient dès lors évident que toute équipe de constructeurs appelée à œuvrer dans le cadre des travaux de la conservation d'un monument historique doit s'inscrire dans une continuité qu'elle a charge de reprendre et de transmettre.

La commission technique de la cathédrale de Lausanne, responsable de la conduite des travaux d'entretien depuis mars 1898, inscrit son action dans le long terme et s'attache depuis de longues années, pour le suivi des opérations de maintenance à la mise en place d'une réflexion pluridisciplinaire. Cette dernière est destinée à gérer les questions complexes qui surviennent lors de toute opération de conservation. Elle doit assurer la rigueur scientifique des prises de décision et ménager la marge de créativité nécessaire à l'exercice des talents professionnels des divers acteurs du patrimoine.

Cet exercice est délicat, il exige une claire définition des rôles et des compétences de tous les intervenants. Le maître de l'ouvrage est le promoteur des intentions dont il doit assumer la responsabilité de leur exécution, le maître d'œuvre est le projeteur du parti de restauration ainsi que le coordinateur de l'équipe des spécialistes mandatés, les experts officiels sont les garants du respect de la déontologie en matière d'intervention sur un monument historique, les représentants des utilisateurs enfin s'assurent de la bonne gestion et de la bonne qualité d'exploitation de l'édifice.

La prise en charge collective des questions qui se posent lors d'interventions sur le patrimoine impose la sauvegarde de l'état existant. Ceci, toutefois, ne se limite pas à une conservation aveugle. À la suite d'analyses approfondies, il devient parfois nécessaire d'abandonner telle ou telle partie de l'édifice. Par

exemple, dans le cadre du récent chantier de restauration des arcs-boutants de la nef, la conjugaison de l'altération du matériau et des conditions techniques de remplacement des claveaux des arcs-boutants a démontré la nécessité de leur remise à neuf.

L'histoire des restaurations qui ont été entreprises à la Cathédrale de Lausanne lors de ces derniers siècles met en évidence un chantier « pluriséculaire ». Celui-ci ne s'est pas déroulé de façon continue, mais plutôt sur un mode cyclique qui a fait alterner des périodes actives de travaux et des périodes de repos.

Ces dernières, selon leur durée, peuvent occasionner des retards de maintenance dommageables. Les périodes de repos s'expliquent par des difficultés économiques pouvant survenir dans la société, empêchant la mise à disposition régulière de moyens financiers. Au XX^e siècle, par exemple, la succession des deux guerres mondiales a fortement freiné la dotation financière dévolue à la cathédrale et explique, en partie, le manque d'entretien constaté jusque vers la fin des années 1960.

Les travaux de conservation qui ont été entrepris durant cette dernière décennie et qui font l'objet de la présente publication, procèdent de ce rattrapage d'entretien et de ce dernier cycle de travaux intenses entrepris dès le début des années 1970.

Cependant, si la période des cycles a été jusqu'à ce jour inévitable, une leçon doit être tirée pour l'avenir : les soins constants sont préférables aux interventions occasionnelles et conséquentes.



1/ Le portail peint avant 1825.
Samuel Prout,
Lithographie en couleurs avec rehauts.
© MHL.

2/ a-d, Insertion du portail peint
dans le bas-côté sud.
© ATELIER D'ARCHÉOLOGIE MÉDIÉVALE DE
MOUDON, 1987-97.



Repères historiques et archéologiques

CLAIRE HUGUENIN – HISTORIENNE DE L'ART
WERNER STÖCKLI – ARCHÉOLOGUE

Chronologie de la cathédrale gothique

Le chantier de la cathédrale actuelle débute au milieu du XII^e siècle, par la construction du mur de précincton du déambulatoire, encore de style roman. Le Maître de Lausanne, concepteur de l'édifice gothique, reprend ce mur pour y adjoindre le chœur, le transept et la nef entre 1180/90 et 1217/19 (Gasser 2004 p. 28). Pour la nef, il commence par ériger, sur quatre travées, les murs extérieurs des bas-côtés puis leurs piliers respectifs. Il appuie, sur ces éléments, les voûtes des bas-côtés, le triforium, enfin le mur gouttereau. Dans le vaisseau central, seule la voûte sexpartite est établie.

Les deux travées occidentales du bas-côté et de la nef, ainsi que les cinq voûtes à l'ouest de la travée sexpartite sont dues à son successeur, Jean dit Cotereel, à partir de 1217/19. Celui-ci construit également le massif occidental, avec ses deux tours, dont celle au nord restée inachevée. Il ajoute au sud, dans la façade de son prédécesseur, le portail peint. Après l'incendie de 1235, il élève la tour lanterne au-dessus des toitures de l'édifice, monte le pignon sur la rose et remplace les contreforts du chœur par des arcs-boutants. Ces travaux sont achevés vers 1250.

La nef et ses arcs-boutants

CONSTRUCTION ET DATATION

La construction de la nef commence par l'élévation des murs extérieurs des bas-côtés, suivie des paires de piliers correspondants puis de leur voûtement sur croisée d'ogives ; sur ces voûtes, un sol horizontal est établi à la base du triforium. Cette surface permet l'implantation du triforium, dont le mur arrière est renforcé par un raidisseur. Dans le même axe, une culée est posée sur le mur extérieur et le contrefort du bas-côté, afin de reprendre les poussées du futur arc-boutant. Cet élément témoigne de la volonté de recourir à ce système de contrebutement déjà à ce niveau.

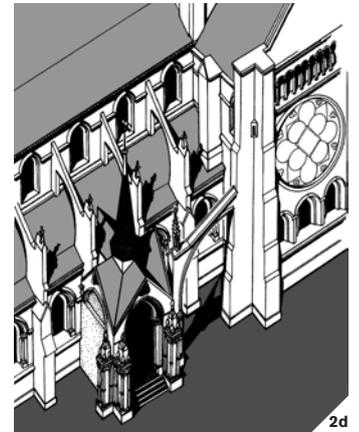
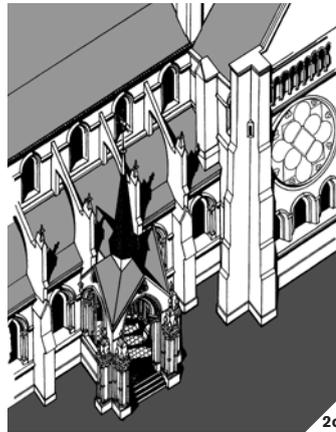
Le Maître de Lausanne arrête le mur gouttereau au niveau des formerets virtuels pour y poser les voûtains nord et sud. Cette étape achevée, il pose la corniche qui donnera appui à la charpente de la toiture.

Dans les quatre travées suivantes, Cotereel monte le mur d'un seul jet jusqu'à la corniche tout en laissant des encoches longitudinales dans le parement intérieur pour y appuyer les voûtains ; sur la corniche, il dresse la charpente. Les voûtes sur croisée d'ogive sont établies en dernier lieu, à l'abri des intempéries ; les doubleaux de la nef sont alors contrebutés par des arcs-boutants. Dans la dernière travée Cotereel renonce à ce dispositif, étant donné qu'il cache, dans le mur, des contreforts dirigés d'est en ouest, pour renforcer la façade nord-sud de la tour-porche prévue sur le carré central de la grande travée, et qui ne sera mise en œuvre que jusqu'au sol de la coursive supérieure.

LA RECONSTRUCTION DES ARCS-BOUTANTS, 1768-1774

L'état des arcs-boutants, avant la campagne de travaux menés à l'extérieur de l'édifice à la fin du XVIII^e siècle, est peu documenté : les sources écrites sont muettes, les témoignages iconographiques, peu fiables. En 1763, l'architecte bernois Erasme Ritter produit un relevé de la face sud. Il y figure des arcs-boutants qui, eu égard à la taille des pierres et au type de mortier, remontent au XVII^e-XVIII^e siècle. Dans la dernière travée n'apparaissent plus que quelques moellons de la tête d'un arc fichés dans le mur. Il doit s'agir d'un des deux arcs effondrés signalés par le colonel Johannes Bernhard Sinner, recteur des travaux de la République de Berne, responsable du chantier de 1768 à 1774.

Celui-ci fait reconstruire l'ensemble des arcs – nef et chœur – en molasse extraite de la carrière de la Barre, fait réparer les culées, équipées alors d'amortissements baroques, ainsi que les contre-



forts. La qualité du matériau utilisé va rapidement poser problème. Malgré des tentatives d'amélioration au début du XIX^e siècle, des experts soulignent, en 1860 déjà, l'état de décomposition des arcs et en conseillent la reconstruction en pierre dure.

L'INTERVENTION DE VIOLLET-LE-DUC ET DE SES SUCCESSEURS, 1877–1888

En 1872, Viollet-le-Duc revient sur ce point et insiste sur la nécessité de mettre l'édifice hors d'eau. Quant aux arcs, il ne relève pas, à l'intérieur, de déformations aux voûtes et aux piliers, symptomatiques d'un vice de conception, problème qu'il ne se serait fait faute de signaler, cas échéant, voire de corriger.

Au vu des possibilités financières du Canton, il propose en 1877 de traiter en priorité les deux travées orientales de la nef et les faces contiguës du transept, par tranches verticales. L'architecte s'attache à régler l'évacuation des eaux pluviales, qui seront dirigées dans des tuyaux fermés pour épargner les parements. Du point de vue statique, il décide de modifier la courbure de l'arc, afin d'abaisser le centre du rayon dans une pile de la nef, et de rehausser la culée ; il conserve leur emplacement actuel, jugé pertinent. Il choisit des matériaux plus résistants – divers calcaires – que la molasse pour les pièces stratégiques.

Les travaux commencent en 1878 dans ces travées. Puis pris de doute, Viollet-le-Duc suggère d'avancer par couches horizontales, sur la longueur restante de la nef. Bien qu'admis, ce changement ne sera mis en œuvre qu'après l'achèvement de la restauration de la travée du portail peint et du porche (1880–1881). Le programme lui-même est mis en cause dès 1880 – la mort de l'architecte n'est peut-être pas étrangère à ce revirement. Les experts, appelés à en débattre, se montrent favorables au plan de Viollet-le-Duc, soutenus par le nouvel architecte de la cathédrale, le Lausannois Henri Assinare, ancien adjoint du Français. Ces discussions ralentissent

le cours des opérations et les deux dernières travées, traitées en 1883, ne seront dotées d'arcs-boutants neufs qu'en 1886–1888.

Le portail peint

CONSTRUCTION ET DATATION

Le Maître de Lausanne installe dans la travée (V^e) du bas-côté sud une petite porte, vers 1210–1217/19. Cotereel l'agrandit et l'enrichit d'un porche saillant et du portail peint ; les éléments préexistants sont démontés, remplacés ou adaptés à cette nouvelle construction, de conception originale avec sa toiture en molasse grise de Lausanne, dont la forme en double bâtière permet à chacune des faces d'être couronnée d'un pignon, et avec sa flèche appuyée sur les croisées d'ogive de la voûte.

Le type de mouluration des tailloirs et des éléments de la voûte, ainsi que les marques lapidaires apposées sur le parement de la toiture, permettent d'en attribuer la paternité à Cotereel. Ce maître a sans doute été appelé sur le chantier pour achever la nef, tâche à laquelle il associe l'ambitieux projet de tour-porche, abandonné vers 1225/30. Aussi l'intervention « luxueuse » du portail peint ne peut guère être envisagée avant cette date. Le luxe se décline en terme de sculptures, un ensemble réalisé par une équipe française à l'iconographie complexe. Mais l'architecture et la sculpture sont contemporaines, comme le démontre le montage des colonnes et des treize statues grandeur nature, indissociables de la maçonnerie.

Un dernier élément permet de circonscrire la chronologie de l'ouvrage. Il s'agit de traces de rubéfaction, visibles surtout sur la toiture ; elles sont dues à l'incendie de 1235. Ainsi, la construction du portail et l'installation de la statuaire doivent se situer dans une fourchette comprise entre 1225 et 1230/35.

AU FIL DES SIÈCLES

Dès le début du XIV^e siècle, la polychromie semble en avoir constitué la caractéristique principale, lui valant en 1318 l'appellation de « portail peint ». Liée à la conception originale de la statuaire, elle fait l'objet de restaurations dès le XV^e siècle. Dès l'époque bernoise, elle est recouverte de trois couches de badigeon ; l'une est posée probablement après l'introduction de la Réforme en pays de Vaud en 1536, afin d'atténuer la puissance expressive des images catholiques. L'ensemble est désormais vu comme « porche des Apôtres ».

Celui-ci fait l'objet de soins attentifs au XVIII^e siècle. Sous la direction de Gabriel Delagrangue, l'enveloppe architecturale est sérieusement reprise entre 1747–1749, avec construction d'une nouvelle flèche. Louis Dupuis, sculpteur, exécute la petite figure du trumeau, ainsi que la main droite de la Vierge. Entre 1768–1774, le colonel Sinner procède à des travaux de rénovation et fait installer des pinacles baroques sur les piliers.

RETOUR À UN ÉTAT PRIMITIF

Dès 1860, des experts déplorent l'état de dégradation du portail à l'extérieur et dénoncent, comme autant de corps bizarres à supprimer, les aménagements du XVIII^e siècle puis les bouchons latéraux, considérés comme une réparation maladroite bien postérieure à la construction. Le rétablissement du portail dans son style primitif est à l'ordre du jour.

En 1879, Viollet-le-Duc dresse un devis pour sa restauration extérieure – une opération aisée et peu coûteuse – quatre mois avant sa mort. Le chantier est alors confié à Assinare.

L'arc-boutant, entre le bras sud du transept et le portail, est supprimé ; sa fonction de soutien est désormais assurée par un chaînage traversant la façade du transept. Des baies ajourées remplacent les bouchons latéraux. L'extérieur, largement reconstruit, est

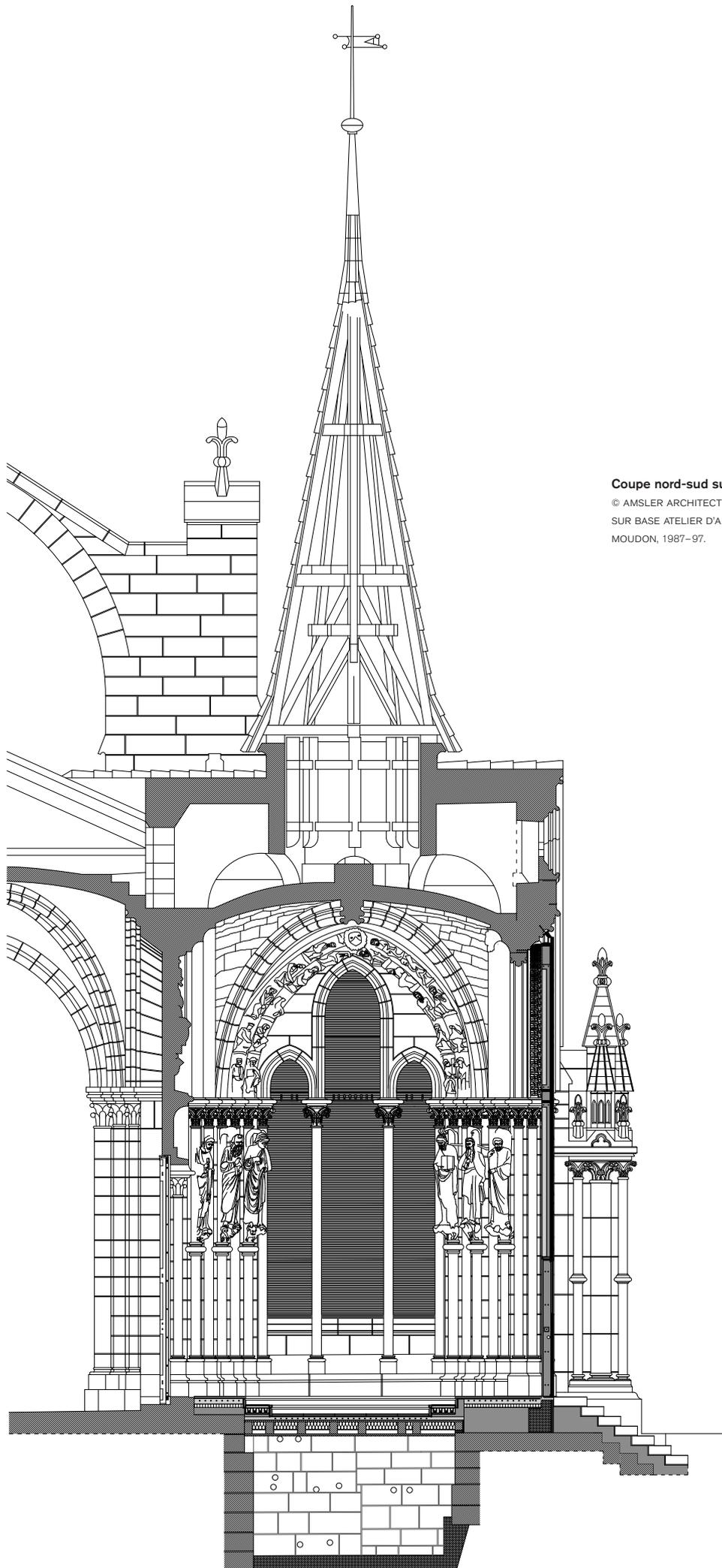
orné de sculptures – chapiteaux, fleurons et gargouilles aux angles rentrants – dues au Vaudois David Lugeon. Enfin, une nouvelle flèche est établie sur le tambour octogonal primitif surélevé de deux assises et bordé d'une corniche neuve. Au printemps 1881, la restauration du porche est achevée, conférant à l'ensemble un caractère néo-gothique affirmé, dans le goût du XIII^e siècle.

Viollet-le-Duc ne s'est guère occupé de l'intérieur du portail et encore moins de la polychromie, pourtant visible sous les badigeons qui s'écaillaient. Celle-ci est dégagée par endroits en 1881 et étudiée par l'architecte veveysan Maurice Wirz, dont les observations serviront de base aux études du peintre restaurateur Ernest Correvon, attaché au chantier de la cathédrale depuis 1904.

DES MESURES DE PROTECTION À LA PRÉSENTATION IN SITU

Dès 1908, on cherche à protéger les sculptures des intempéries et des oiseaux par l'installation de treillis ; on s'inquiète de l'aggravation des dommages depuis l'ouverture du porche et on s'interroge sur l'opportunité de le refermer complètement. En 1916, on fait remplacer la flèche de 1880, accusée de peser trop lourdement sur les reins de la voûte. Le nouveau modèle est posé sur le tambour octogonal débarrassé d'une de ses assises étrangères.

En 1920, pour mettre les sculptures à l'abri, on convient de déposer les statues-colonnes les plus menacées et de les remplacer par des copies. Le sculpteur Casimir Raymond confectionne, en grès dur, six pièces, installées dans le portail de 1925 à 1928, alors que les originaux prennent place sous la rose ; ils y resteront jusqu'en 1974. Dès lors et jusqu'en 1991, la polychromie fait l'objet d'analyse, de travaux de nettoyage et de restauration. Changement de parti, on trouve les solutions les plus adéquates pour conserver les originaux *in situ*, solutions dont la réalisation récente de baies de verre constitue l'épilogue.



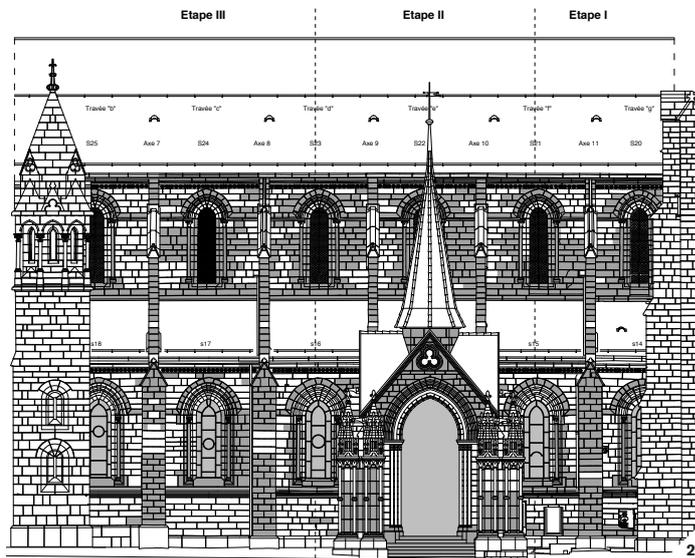
Coupe nord-sud sur le portail, vue vers l'est.

© AMSLER ARCHITECTE, LAUSANNE, 2009,
SUR BASE ATELIER D'ARCHÉOLOGIE MÉDIÉVALE,
MOUDON, 1987-97.



1/ Nef et bas-côtés, élévation nord : état de conservation des parements et structures de pierre en 2000, avant l'ouverture du chantier de conservation-restauration.

© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2000.



2/ Pathologie typologique : les dégradations observées sont consignées selon leur nature, indépendamment de la fonction constructive des éléments qu'elles altèrent.

© AMSLER ARCHITECTE, LAUSANNE, 2002, SUR BASE PAT PHOTOGRAMMÉTRIE, SION, 2000.

Les travaux aux façades de la nef

CHRISTOPHE AMSLER – ARCHITECTE EPF

La restauration des façades de la nef est une grande opération, comme la cathédrale n'en avait pas connue depuis le chantier initié par Viollet-le-Duc à ces mêmes élévations (1879–1898) ou la restauration intérieure de l'église conduite par Eugène Bron et Albert Naef entre 1908 et 1914.

L'actuelle intervention a été dominée par la problématique de la pierre: le grès aquitainien, ses fragilités, ses faiblesses, sa vulnérabilité au climat. Ce bref article est l'occasion de synthétiser la réponse qu'a proposée le récent chantier à cette lancinante question, car elle trouve peut-être à la nef son expression la plus différenciée.

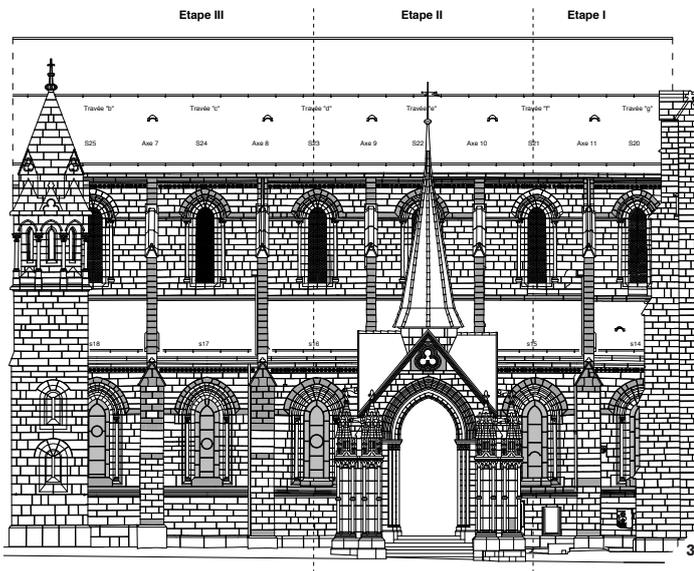
Dans le domaine de la conservation de la pierre, les équipes de Lausanne ont développé une analyse que l'on peut dire fonctionnelle.

La structure d'une cathédrale implique en effet, pour les matériaux qui la composent, un cahier des charges d'une extrême variété. À la pierre, par exemple, il est demandé tantôt de porter, d'amortir, d'ossaturer, de fermer, de protéger, de contrebuter, d'étancher, etc. etc. Or, quelque soit sa nature pétrographique, il est impossible qu'un seul type de pierre puisse satisfaire avec un égal succès à toutes ces exigences. D'un autre côté, l'idée d'une pierre qui, inversement, échouerait systématiquement à répondre à toute sollicitation structurelle n'est pas vraisemblable non plus.

Il n'existe donc pas de pierre bonne, ni de pierre mauvaise dans l'absolu: il n'y a de bon ou de mauvais dans le domaine matériel que relativement à la fonction constructive que le matériau relève plus ou moins bien. D'où cette approche dite «fonctionnelle» qui évalue la qualité d'une pierre non à l'échelle de valeurs idéales, au contenu constructif insignifiant, mais à celle, concrète, des tâches «fonctionnelles» que la pierre doit remplir dans la structure qu'elle réalise.

Ainsi le grès de Lausanne n'est-il ni bon, ni mauvais en lui-même. Et c'est une nouvelle encourageante pour notre «molasse» tant décriée que ce caractère relatif de la qualité. Prenons le module d'élasticité. Il est bas pour la pierre de Lausanne, en raison de la faiblesse des liens inter-granulaires qui caractérise les grès de la famille aquitainienne. Cette propriété fait de la molasse lausannoise un matériau très peu résistant au ruissellement de l'eau, par exemple. Mais dans le même temps, la médiocrité du module devient une qualité inestimable lorsque l'on considère les structures porteuses de la cathédrale: proche en élasticité des blocages intérieurs de la maçonnerie gothique, la molasse collabore de façon équilibrée avec les mortiers à la reprise globale des charges. Les sections de maçonnerie portent dans leur ensemble à Lausanne et non sur leurs seuls parements appareillés. C'est à cette soit disant «médiocrité» de la molasse que nous devons le parfait dimensionnement des piles de la croisée qui, travaillant sur toute leur surface, n'ont pas eu à être consolidées lors de la restauration de 1988-95, comme ont dû l'être, une quarantaine d'années plus tôt, celles du Tiburio de Milan: le marbre de Candoglia employé aux couronnes des piles milanaises par les Maîtres du XIV^e siècle, bien que plus résistant que la molasse – ou plutôt parce qu'il était plus résistant – avait explosé sous la charge de la lanterne, ses bonnes qualités mécaniques ayant attiré à lui la pratique totalité des poids.

À l'inverse, méconnaître les faiblesses d'une pierre et lui confier, dans une structure, un rôle qu'elle ne tiendra pas – un contre-emploi constructif en quelque sorte – peut accélérer les phénomènes d'altération. Non seulement pour la pierre en question, mais plus généralement pour l'ensemble auquel cette pierre appartient. L'emploi de la molasse en couverte en est un bon exemple: la rapide défection des corniches en grès tendre ne met pas seulement en péril les



3/ Pathologie architecturale ou fonctionnelle: les dégradations sont qualifiées dans leur gravité relativement à la fonction constructive qu'elles altèrent et aux techniques de conservation disponibles.
© AMSLER ARCHITECTE, LAUSANNE, 2007, SUR BASE PAT PHOTOGRAMMETRIE, SION, 2000.



4/ Nef et bas-côtés, élévation nord: les parements et structures de pierre en 2010, après travaux de conservation-restauration.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2010.

larmiers eux-mêmes, elle expose aussi au ravinement de l'eau les pans entiers de la façade que ces larmiers étaient censés protéger.

Les qualités intrinsèques d'une pierre ne sont donc jamais relevantes en elles-mêmes, toujours relativement aux manières plus ou moins judicieuses d'en tirer parti.

Et ce qui vaut de la pierre vaut aussi de la dégradation de cette pierre: l'altération d'un matériaux n'est jamais grave ni bénigne en tant que telle. Toujours en regard de la fonction dont cette dégradation empêche la réalisation. Une altération qui n'affecterait pas la pierre dans ses fonctionnalités n'est pas une altération inquiétante en elle-même, alors qu'elle l'est lorsqu'elle inhibe la pierre dans le rôle constructif qu'elle doit tenir.

Constater et consigner uniquement la diffusion d'une dégradation à la surface d'une façade (fig. 1) n'a donc pas de sens. Cette manière de relever ne suffit pas, et de loin, même si, à première vue, l'altération paraît identique en tout point de l'élévation. Encore faut-il qualifier cette dégradation, c'est-à-dire en évaluer le degré de gravité. Et cela ne peut se faire qu'en rapportant la dégradation constatée à la situation particulière de chaque lieu où elle se manifeste, à la fonction de chaque pièce attaquée, en évaluant à chaque fois le niveau du handicap fonctionnel que la dégradation provoque ou ne provoque pas. Qualifier la dégradation d'une façade c'est donc d'abord analyser cette façade dans sa composition, dans l'agencement et le fonctionnement de ses parties constructives, en un mot dans son architecture. C'est y superposer ensuite la carte de la dégradation de manière à évaluer en tout lieu les conséquences plus ou moins sérieuses de l'altération sur la fonctionnalité. En pathologie fonctionnelle, la gravité n'est pas une notion abstraite, mais concrète, dont le grand intérêt est de ne concerner que les altérations qui touchent la pierre dans l'une ou l'autre de ses fonctions véritablement essentielles.

Si, dans un second temps, le nombre des dégradations critiques déjà réduit par l'analyse fonctionnelle est encore mis en corrélation avec les procédés de traitement que la recherche met aujourd'hui à la disposition du restaurateur, la quantité des altérations dites graves diminue encore, pour ne compter finalement plus que les seuls cas de dysfonctionnement dépourvus de toute indication thérapeutique. Or dans l'état actuel des recherches en ce domaine, nous pouvons dire que, de toutes les altérations du grès, n'en subsistent aujourd'hui plus que deux à ne pas disposer de traitement: la perte de capacité mécanique d'une part, la perte de résistance au ruissellement de l'autre. Partout où de fortes résistances statiques sont demandées, partout où le rôle de la pierre est de détourner l'écoulement de la pluie, il n'existe pas, à l'heure actuelle, de moyen qui rende à la matière dégradée une part significative de ses propriétés originelles. Dans ces cas, et dans ces cas seulement, la substitution matérielle est envisagée, par défaut, en quelque sorte. Cela a été le cas des arcs-boutants: les efforts qui y ont été mesurés approchant la résistance maximale de la pierre érodée, les claveaux, ne pouvant être restaurés dans leur résistance mécanique initiale (au flambage notamment), ont dû être renouvelés.

Lorsqu'au relevé indistinct de la dégradation d'une façade historique on superpose le double filtre de la fonction et de la thérapeutique, l'image de la dégradation se transforme: d'abstraite et monotone, elle devient différenciée et architectonique. Elle commande alors un projet d'intervention qui n'est plus la simple consolidation d'une matière historique mais la conservation d'une architecture chargée d'histoire. Dans cette optique, l'analyse fonctionnelle, outre qu'elle augmente considérablement le champ de la conservation matérielle, permet de réactualiser l'une des visions les plus fécondes qui ait été portée sur la cathédrale, celle jetée par

5/ Contrefort et culée sud de l'arc 7, état avant travaux de conservation-restauration.

La culée est sortie de son plan suite à la dégradation des assises inférieures.

© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2000

6/ Détail d'une travée de l'élévation nord de la nef, état après travaux de conservation-restauration.

© AMSLER ARCHITECTE, LAUSANNE, 2009.



Viollet-le-Duc il y a 150 ans: quoi de plus proche en effet de l'exhortation à restaurer « non-seulement comme apparence, mais comme structure » qu'une lecture fonctionnelle de la dégradation? La substitution d'arcs altérés dans leur statique correspond bien à la définition violletienne de la restauration (Viollet-le-Duc a lui-même reconstruit les arcs dégradés qu'il avait trouvés à son arrivée). Mais une définition réactualisée pour une intervention recalibrée et recentrée désormais sur les seuls éléments qui, par leur dégradation, mettent en péril les structures auxquels ils appartiennent. Ainsi des arcs: au-delà de la restauration des claveaux, c'est la conservation des équilibres médiévaux de la travée dans son ensemble qui est visée. Dans cette mesure, la substitution stratégique d'éléments limités peut – doit – être considérée aujourd'hui comme une mesure conservatoire, au sens contemporain du terme.

Un projet patrimonial vaut avant tout par la plénitude et la richesse des harmoniques historiques qu'il réveille et, ce faisant, conserve. Nous avons évoqué l'écho des maîtres passés aux arcs. Nous aurions pu le faire à propos de la restauration des renvois d'eau aux baies de la nef – autre lieu de substitution matérielle: elle rappelle en effet, au-delà de la pure réhabilitation fonctionnelle, les décisions de la première Commission technique. La retaille des gouttes pendantes ne résulte pas en effet de la seule analyse du fonctionnement que nous avons décrite plus haut, mais achève en quelque sorte un projet séculaire engagé au début du XX^e siècle: celui de mettre hors d'eau les façades de la cathédrale par une reprise systématique des larmiers, au fur et à mesure de l'avancement des chantiers (grande travée, triforium du chœur, enfin aujourd'hui gouttereaux de la nef). L'unité d'intervention à la cathédrale, par l'ampleur de l'église et la durée des chantiers, implique des interventions trans-générationnelles et une constance dans l'opération qui est une autre caractéristique du projet patrimonial à la cathédrale.

La restauration des parements et structures de pierre, enfin, ne constitue pas non plus le seul aspect de l'opération conduite à la nef depuis 2001. D'autres points forts concernent les vitraux, la climatologie intérieure de la cathédrale, la conservation préventive des sculptures du portail, la mise en place d'un monitoring de la dégradation, etc. Ils font tous, dans cette brochure, l'objet d'articles spécifiques qui rendent compte de l'approche pluridisciplinaire suivie dans la préparation puis dans l'exécution de ce chantier aussi complexe qu'étendu.

Le traitement de la pierre

BERNHARD FURRER – ARCHITECTE ETH-SIA-ASS.BSA, PROFESSEUR À
L'ACADÉMIE D'ARCHITECTURE DE L'UNIVERSITÉ DE LA SUISSE ITALIENNE

La formulation de principes, dans le domaine de la restauration des Monuments Historiques, remonte à plus d'un siècle¹. Les lignes directrices pour la conservation, publiées en 2007 par la Commission Fédérale des Monuments Historiques, en sont l'une des expressions les plus récentes.²

Ces directives peuvent être appliquées directement à la problématique du traitement de la pierre dégradée, question prépondérante posée par la restauration de la nef et du portail peint de la cathédrale de Lausanne. Les règles générales, en déontologie, ne doivent cependant jamais être confondues avec des recettes de cuisine. Dans chaque cas spécifique, pour chaque intervention particulière, il convient de les adapter aux données propres de la situation et de les concrétiser avec un sens développé de la réalité afin d'en déduire une action appropriée.

« L'entretien régulier est la mesure de conservation la plus adéquate »³. Il s'agit là de l'une des règles de sauvegarde les plus importantes puisqu'elle vise à éviter les pertes continues de ce qui fonde la valeur historique et culturelle de tout témoignage bâti: la substance authentique. À long terme, la maintenance soigneuse d'un monument réduit aussi, et sensiblement, les investissements financiers nécessaires à sa conservation. À la cathédrale, depuis près d'un siècle, le manque d'entretien régulier est un fait indéniable et déplorable. Cette négligence éclatante est incompréhensible: la responsabilité en revient à l'Etat, propriétaire pourtant fier de son monument et conscient d'avoir affaire avec l'édifice le plus important du canton. Economiser sur le soin continu conduit, inévitablement, à des investissements considérables, liés à des interventions invasives (et d'ailleurs coûteuses), comme celles que décrit le présent fascicule, ou celles qui devraient suivre à la cathédrale. De telles opérations, très lourdes, amènent surtout à des pertes énormes de substance historique: à Lausanne, l'état de

1 Depuis quelques mois, une « charte » spécifique existe à Cathédrale de Lausanne, réglant les travaux de restauration qui s'y déroulent.

2 Commission fédérale des monuments historiques, Principes pour la conservation du patrimoine culturel bâti en Suisse, Zurich 2007.

3 idem note ii: 3.3

4 Le budget actuel d'entretien ne s'élève qu'à CHF 200'000.- par an.

5 idem note ii: 3.9

conservation particulièrement mauvais, catastrophique même par endroits, a forcé à des interventions bien plus radicales que souhaitées. Pourtant, et malgré de multiples incitations extérieures, la somme attribuée aujourd'hui à l'entretien annuel de l'édifice reste encore et toujours beaucoup trop faible.⁴ L'idée d'instituer une équipe permanente d'intervenants, dans le sens des « fabriques » que l'on connaît en d'autres monuments de ce genre, n'a pas non plus été prise en considération.

Durant le XX^e siècle et jusqu'au début des grands chantiers actuels, le remplacement de la pierre était la règle quasi générale de restauration à Lausanne. Les exemples de la tour du beffroi et de la lanterne le montrent. « La conservation de la substance a la priorité sur toute autre mesure ».⁵ Cette consigne importante n'était donc respectée que de façon très insuffisante à la cathédrale. La longue durée des derniers chantiers a permis, néanmoins, de réorienter petit à petit le comportement en ce domaine: la substitution systématique de la pierre, progressivement mise en doute, puis abandonnée, a fait place aujourd'hui au concept de la conservation des parements, dans leur matière authentique.

À l'intérieur du portail peint, le respect absolu de la substance originelle, notamment médiévale, a toujours été acquis, dès le début des travaux. Les méthodes d'intervention n'y ont jamais été celles des tailleurs de pierre, toujours celles des conservateurs-restaurateurs: minutieuses, avec haute compétence, selon le principe de l'intervention minimale. Les précieux parements de pierre, porteurs de polychromie, y ont été nettoyés, conservés et consolidés évitant, avec toute l'attention possible, d'en modifier la surface et la structure.

La décision initiale, de mettre à nu de délicates surfaces polychromées ne supportant pas les atteintes atmosphériques et climatiques a débouché sur une nécessité particulière: l'installation,



1/ Vue générale de la nef et des bas-côtés depuis le nord, état après travaux de conservation-restauration de la pierre.

© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2010.

2/ Arc 11 sud : état de la pierre avant travaux de conservation-restauration.

© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2000.

3/ Parement de contrefort consolidé : les surfaces originelles, même érodées sont conservées et sécurisées par la réalisation de solins périphériques et la réhabilitation du jointolement.

© BERNHARD FURRER, BERNE, 2008.

4/ Facette g du chœur : l'état de conservation actuel révèle une perte considérable de substance originelle due à un manque flagrant d'entretien.

© BERNHARD FURRER, BERNE, 2009.

5/ Bases d'une pile angulaire du portail peint : le traitement conservatoire des parements extérieurs se conforme aux principes de conservation appliqués aux éléments sculptés intérieurs.

© BERNHARD FURRER, BERNE, 2007.

6 idem note ii: 4.2

7 Des solins de mortier sont indispensables à la conservation des bords de lacunes. Lorsqu'ils les cherchent à re-proposer la forme, ils ne sont que partiellement réussis.

8 idem note ii: 3.6

9 idem note ii: 3.1

10 Etat de Vaud, Cathédrale de Lausanne, Nef et portail peint: colloque sur les arcs-boutants, Lausanne, juin 2001; et Compte rendu du colloque « arcs-boutants », Lausanne, décembre 2002

11 idem note ii: 4.4

aux baies du porche, de verrières de fermeture et de protection. « Toute intervention de conservation et de restauration doit être la plus réversible possible. »⁶ Des recherches extrêmement poussées ont permis d'installer de telles fermetures en évitant toute intervention dans la pierre et en limitant les fixations à un strict minimum, de sorte que si, à l'avenir, les vitrages devaient être démontés, ils ne laisseraient que peu de traces. Vu de l'intérieur le verre est très discret. De l'extérieur, il marque pourtant le portail d'une forte présence (les tôles latérales de raccordement à la pierre n'y sont pas pour rien). Les mesures de vérification actuellement en cours (cf. présent fascicule, articles de D. Chuard et de F. Girardet) prouvent l'efficacité de ce dispositif à protéger la pierre et les pellicules picturales qui la recouvrent.

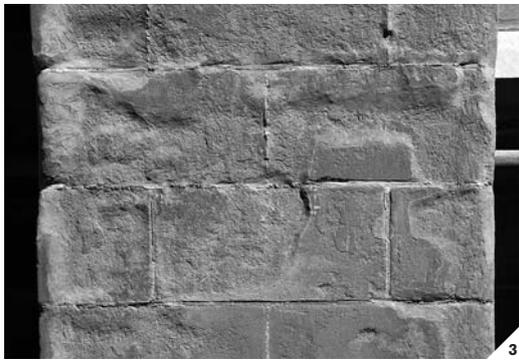
Parallèlement, le traitement des façades du portail, largement renouvelées dans les années 1880 par Henry Assinare sur le dessin d'Eugène Viollet-le-Duc, a fait l'objet d'un même soin. De longues discussions entre Maître de l'ouvrage, architecte, expert fédéral et restaurateurs ont abouti à la décision, là aussi de conserver la pierre et de consolider la plupart des éléments, même fortement dégradés. Les interventions de conservation n'ont pas effacé les altérations provoquées par le temps, mais elles ralentiront sensiblement la rapidité de leur évolution⁷. Une même approche a été suivie dans le traitement du reste des élévations extérieures de la cathédrale, notamment celles des bas-côtés et des gouttereaux de la nef.

Les principes de la conservation des parements de pierre ont été définis, à Lausanne, dans le cadre de la Commission technique permanente de la Cathédrale – instance réunissant tous les spécialistes concernés; ils ont été affinés et « traduits » dans le concret du chantier lors de réunions hebdomadaires de coordination, ouvertes à toutes les disciplines travaillant sur les

échafaudages. « Le traitement des questions de conservation du patrimoine nécessite une approche interdisciplinaire. »⁸ Un dialogue confiant et ouvert entre architecte et ingénieur, restaurateur et tailleur de pierre, archéologue et conservateur des monuments, maître de l'ouvrage et utilisateur est la base indispensable à une prise de décision équilibrée dans le domaine pluridisciplinaire. Un tel échange n'est efficace cependant que si tous les acteurs acceptent de s'intégrer à l'approche commune et de voir, parfois, leur opinion propre ne pas être pleinement suivie.

« Les interventions sur le patrimoine culturel bâti doivent en assurer la pérennité. »⁹ Lorsque la dégradation de la pierre est telle qu'elle met en péril la stabilité même du bâtiment dans son ensemble, une intervention lourde peut se révéler incontournable. Tel a été le cas des arcs-boutants de la nef, la compression des claveaux calculée par les ingénieurs donnant des efforts approchant les capacités mécaniques maximales de la pierre dégradée. Un colloque international, tenu en juin 2001¹⁰, n'ayant pu proposer d'autre alternative réaliste et fiable à long terme que la substitution des matériaux déficients, la pierre altérée des arcs-boutants a été remplacée, dans la forme que leur avait donnée Eugène Viollet-le-Duc. Il ne s'agit pas là d'un mépris de la substance historique du second XIX^e siècle (toutes les assises et couvertes en calcaire ont, par exemple, été conservées), ni d'une volonté « d'embellir » les parties érodées, mais d'une nécessité statique impérative.

A une échelle toute différente, l'obligation de renouveler peut aussi se présenter lorsqu'un élément de pierre se trouve trop fortement abîmé pour satisfaire à sa fonction technique – celle de dévier le ruissellement des eaux pluviales par exemple – tout en ne conservant plus la moindre trace de son fini originel, ni aucune marque de l'outil médiéval. « L'étendue et la portée de l'intervention doivent être réduites le plus possible. »¹¹ La substitution de



3



4



5

12 idem note ii: 4.1

13 Comme en tout domaine professionnel, les conceptions en matière de conservation monumentale évoluent, chaque génération les transformant légèrement.

14 Il s'agit de l'« Alterswert »: Alois Riegl, *Der moderne Denkmalkultus. Sein Wesen und seine Entstehung*, Wien und Leipzig, 1903.

15 A la cathédrale de Coire, par exemple, ou à la collégiale de Berne.

blocs est une solution extrême qui doit être limitée au strict minimum. Mais certaines situations, dues essentiellement au manque d'entretien, empêchent parfois la conservation matérielle et forcent malheureusement à des interventions plus lourdes. Ainsi des corniches et tablettes ravinées des baies hautes de la nef – et cela sera le cas certainement de certaines moulures du cœur – ont dû être remplacées, avec maintien, aux endroits les mieux préservés, de vestiges témoins. Si, pour les précédents chantiers, la critique d'un renouvellement complet de certains éléments architecturaux a pu être soutenue, la restauration de la nef, elle, a été très prudente: seuls ont été remplacés les éléments entièrement détruits et dont la fonction technique était importante.

Les interventions aux façades de la nef se sont donc attachées, en premier lieu, à ralentir considérablement le rythme de la dégradation. « Les objets du patrimoine doivent, dans toute la mesure du possible, être conservés dans l'état où ils nous ont été transmis ». ¹² Nettoyage prudent des parements, consolidation ponctuelle de la pierre, obturation de fissures, pontage d'écorces décollées au cours des siècles: autant de procédés conformes aux règles actuelles de la conservation-restauration. ¹³ L'image qui en résulte pour le monument reflète l'âge de la construction, l'influence du temps, l'imperfection de ses matériaux, bref, ce que l'on appelle la valeur d'ancienneté ¹⁴ d'un édifice. Elle appartient à une philosophie de la conservation qui ne cherche pas à redonner à une construction l'apparence du neuf en comblant, par exemple, les lacunes de la pierre par du mortier. La restitution des formes – pratiquée dans d'autres chantiers de cathédrales en Suisse ¹⁵ – peut se révéler nécessaire dans certaines situations concrètes et avoir un effet positif pour la durabilité des interventions; mais elle est aussi, dans beaucoup de cas, révélatrice d'une volonté perfectionniste de restituer un état d'intégrité.

Le contraste entre les façades prudemment conservées dans les marques de leur âge et les arcs-boutants neufs est fort. L'aspect hétérogène des élévations peut même paraître choquant. Aurait-il fallu atténuer ce contraste? Embellir les façades en rhabillant les formes perdues ou alors vieillir les arcs, par exemple, en cherchant des formes moins précises ou en les intégrant chromatiquement? L'une comme l'autre de ces deux solutions eût été fautive: l'histoire d'un bâtiment est aussi l'histoire de ses restaurations. L'attention au devenir monumental d'un édifice est une attitude actuelle qui révèle un rapport contemporain au passé. Elle exprime notre culture d'aujourd'hui: camoufler la disparité d'interventions qui répondent à des situations et à des problématiques très diverses, aurait créé une unité artificielle et aurait, en outre, fait mal vieillir les surfaces. Quoiqu'il en soit, les influences atmosphériques auront tôt fait de déposer leurs patines et, d'ici quelques décennies, les différences, bien visibles aujourd'hui, ne seront plus qu'à peine perceptibles.



Capteurs «Treyvaud»
en place aux claveaux d'un arc.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2004.

Le remplacement des arcs-boutants

JEAN-PIERRE MARMIER – INGÉNIEUR CIVIL EPUL
JEAN-FRANÇOIS KÄLIN – INGÉNIEUR CIVIL EPF

Préambule

Suite au colloque du 7 juin 2001, une étude approfondie de la statique de la nef a été entreprise en y intégrant une campagne de mesures de contraintes « in situ », afin de vérifier les hypothèses de calcul des efforts dans les arcs-boutants de l'axe 11.

État de la molasse des arcs-boutants

Le premier contrôle visuel de l'état des arcs boutants avait montré des dégradations importantes du côté sud de la nef. La profondeur de cette dégradation presque toujours asymétrique, sous forme de plaques, atteignant plus de 6 cm, parfois sur trois faces. Si la réserve intrinsèque de résistance de la pierre n'est pas en cause, la sécurité à la stabilité latérale – il s'agit d'un phénomène d'équilibre – devient critique, n'étant plus garantie. Cette altération s'est révélée bien plus importante encore lors de la mise en place des échafaudages, l'état réel de la molasse pouvant être mieux appréhendé par des auscultations diversifiées. Ainsi, lors des mesures de relaxation des contraintes, l'ampleur des dégradations en profondeur a pu être vérifiée: témoin la photo ci-dessus où le capteur 107 se trouve dans la zone encore saine après dégagement de la zone dégradée de l'arc-boutant alors que le capteur 106, sur une zone apparemment intacte, n'enregistre plus aucune contrainte. La plaque extérieure de molasse est en fait détachée du noyau porteur, elle n'est plus apte à recevoir un quelconque effort.

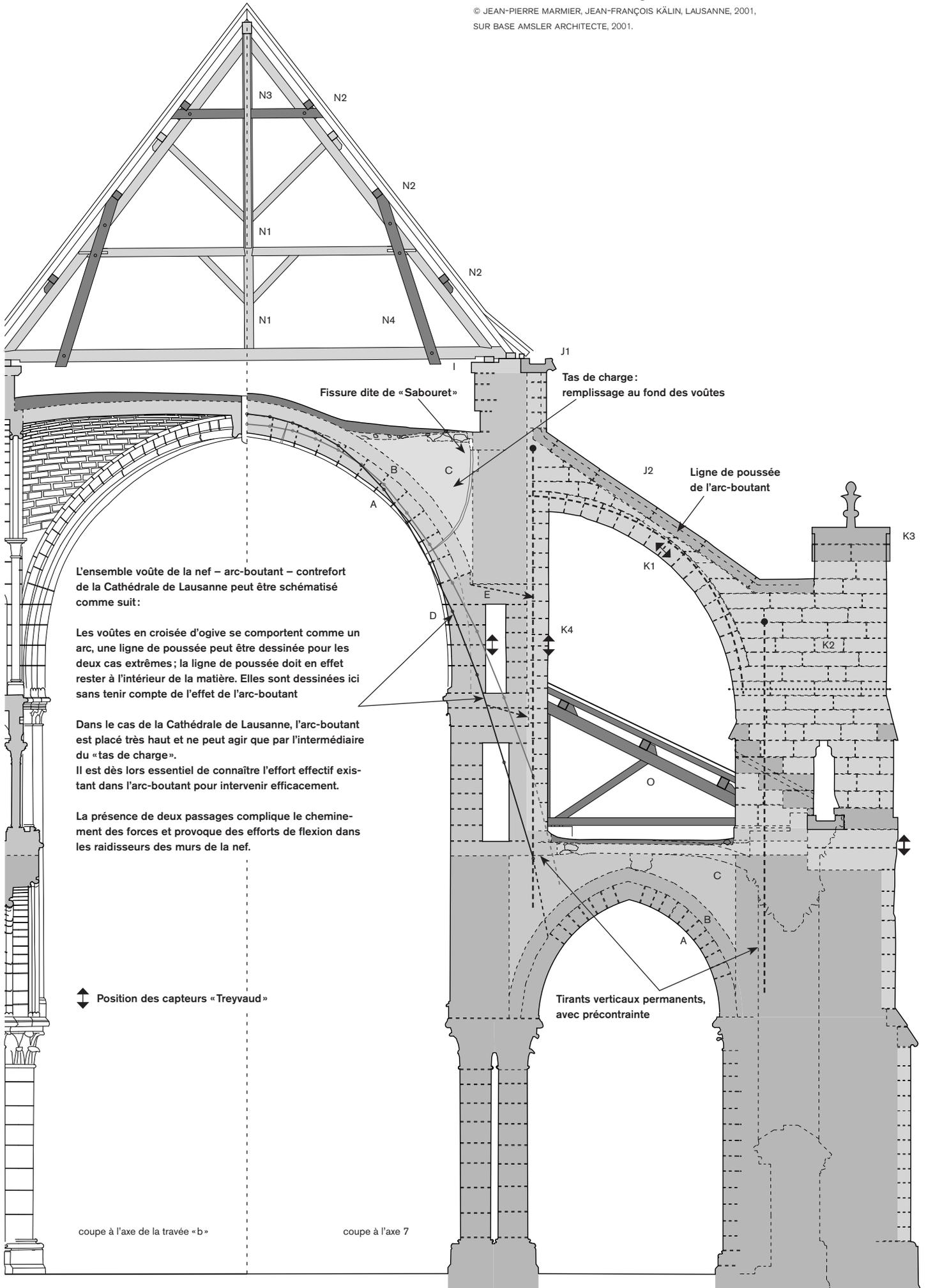
Le recours à une consolidation des arcs-boutants par recharge de mortier de réagrégage est totalement illusoire. Le mortier rajouté ne peut en effet pas participer d'une manière significative à l'effort dans l'arc boutant en raison des différences de comportement des matériaux en présence (molasse et mortier). Il faut rappeler ici que la molasse dite de Lausanne est très sensible

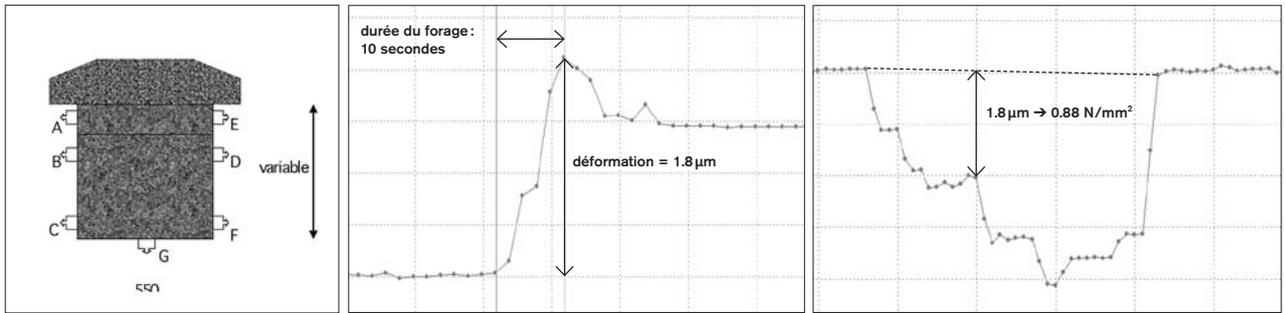
aux variations d'humidité en raison de sa légère teneur en argile. Comme les arcs-boutants sont par nature fortement exposés aux intempéries et aux variations thermiques, des migrations d'humidité se produisent incessamment dans le matériau. Le recours à des reprofilages impliquant des mortiers moins sensibles aux variations d'humidité que la molasse de base peut s'avérer plus néfaste qu'utile.

La décision de remplacer les arcs-boutants du sud était donc inéluctable. Une telle mesure doit, pour des raisons de symétrie de structure, s'appliquer au sud aussi bien qu'au nord, où la dégradation n'aurait pas encore pu justifier un remplacement complet de la pierre. Si l'on avait procédé à un remplacement asymétrique, le sud, avec un grès molassique plus résistant, eut été plus rigide que le nord (molasse de Lausanne). Lors de la remise en charge des arcs-boutants, en relâchant les tirants provisoires assurant la stabilité de la nef pendant les travaux, l'entier du système porteur (nef – arcs-boutants – contreforts) aurait subi un déplacement vers le nord avec des conséquences néfastes difficiles à évaluer. Le grès molassique de remplacement prévu pour ces parties fortement soumises aux intempéries est en effet plus rigide que la molasse en place.

Schéma de la descente des charges à l'axe 7 de la nef.

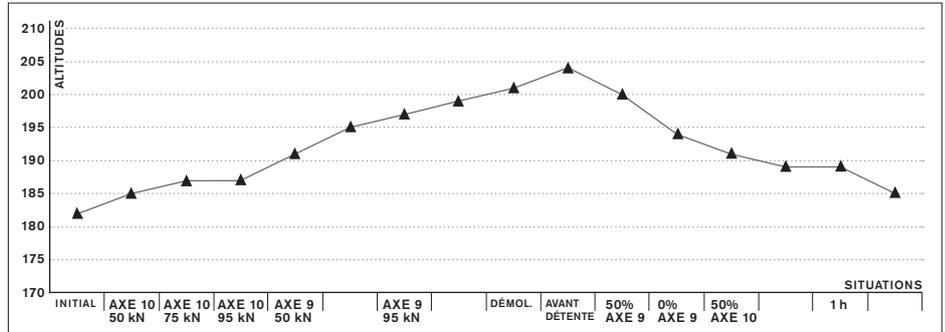
© JEAN-PIERRE MARMIER, JEAN-FRANÇOIS KÄLIN, LAUSANNE, 2001,
SUR BASE AMSLER ARCHITECTE, 2001.





Relaxation de contraintes :
principe de fonctionnement (axe 7, arc B Nord, point D)
et altitude cible de la nef (axe 9).

© JEAN-PIERRE MARMIER, RENÉ TREYVAUD, JEAN-CLAUDE GASSER,
 LAUSANNE, LA COUDRE, PRILLY, 2002 – 2009.



Comportement statique

Le résultat de cette étude a été résumé dans le rapport des ingénieurs du 28 janvier 2002. Elle a permis d'une part de confirmer les résultats obtenus par l'analyse graphique traditionnelle et d'autre part de pouvoir, grâce aux capteurs ultra sensibles de guider les travaux lors de la mise en place des tirants provisoire sensés reprendre les efforts de stabilisation des arcs-boutants. Après restauration des arcs-boutants et consolidation des contreforts et raidisseurs, la même opération a été faite en sens contraire pour la mise en charge des nouveaux arcs-boutants en relâchant les tirants par paliers. Ce processus s'est répété deux fois en englobant deux paires d'arcs-boutants à la fois (9-10 et 7-8).

Parallèlement, le comportement des clés de voûte a été observé par les mesures du géomètre Jean-Claude Gasser. Ces clés de voûte se soulevant au moment de la mise en tension des tirants et reprenant leur position après achèvement de la mise en charge des arcs-boutants, ceci avec une légère réserve pour tenir compte d'ajustements futurs de la structure. La tension dans les tirants provisoires a été surveillée pendant la durée des travaux de restauration.

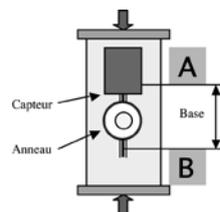
L'étude statique a montré deux faiblesses systématiques dans la structure. L'une est due à la présence de passages au niveau du triforium et de la galerie haute. Il en résulte des forces de déviation qui agissent sur le mur de la nef et ses raidisseurs. L'autre se situe au niveau du contrefort là où agit l'arc-boutant : il y a risque de cisaillement horizontal d'une des assises du contrefort. Pour garantir une sécurité minimale, deux tirants verticaux précontraints ont été mis en place dans des forages à sec et scellés dans les tas de charge des voûtes des bas-côtés, voire dans la partie basse du contrefort.

Pilotage des opérations

Le pilotage des opérations s'est effectué par la mise en place de capteurs « Treyvaud » disposés sur les arcs-boutants, sur les raidisseurs, sur le mur de la nef ainsi que sur les contreforts sollicités par les arcs-boutants.

Par la suite ce dispositif de contrôle a été complété par des cellules de mesure sous les têtes d'ancrages des tirants provisoires.

L'utilisation des capteurs « Treyvaud » permet d'obtenir deux types de renseignements : d'une part, il est possible de mesurer les contraintes dans l'ouvrage selon la technique des relaxations de contrainte, d'autre part les allongements, même minimes, de la structure peuvent être observés et l'on peut en déduire le comportement réel de l'ensemble nef / arcs-boutants lors des opérations de la restauration. La procédure de relaxation des contraintes se déroule comme suit :



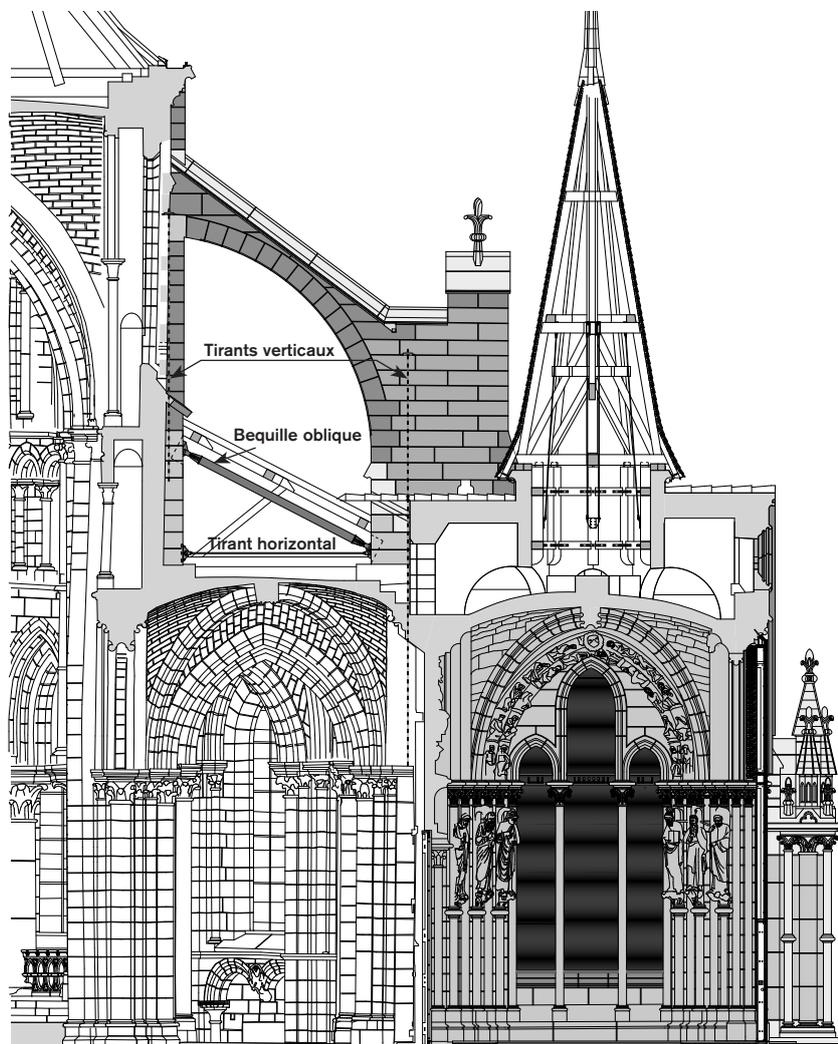
Une base de mesure de 75 mm (A-B), pontée par un anneau reliant le point fixe au capteur de mouvement (sensibilité 1/100^e de micron), est implantée dans tous les endroits sensibles de la structure.

Une première série de mesure en continu est faite pour déterminer l'importance de la dérive thermique.

Un forage à sec de Ø 15 mm et de 60 mm de profondeur est ensuite percé au centre de l'anneau, et l'on mesure le raccourcissement ou l'allongement de la base A-B.

Un petit vérin cylindrique est ensuite introduit dans le forage, il est mis en pression par paliers successifs. Les modifications de la longueur de la base sont enregistrées en continu.

La comparaison entre les deux diagrammes de déformation permet de définir la contrainte « in situ » dans la direction A-B.



Coupe au droit du portail peint avec étais obliques abaissant la reprise des poussées du voûtement de la nef.

© JEAN-FRANÇOIS KÄLIN, CHRISTOPHE AMSLER, LAUSANNE, 2009.

Pour reprendre la poussée des voûtes gothiques de la nef pendant le remplacement des arcs-boutants, une paire de câbles précontraints, traversant la nef, ont été mis en place. L'effort de ces câbles agissait de part et d'autre au niveau de la butée des arcs-boutants par l'intermédiaire d'une structure métallique. La tension dans les câbles devait être ajustée de façon à contrebalancer aussi exactement que possible les poussées existantes. Le pilotage de cette opération a pu se faire grâce aux capteurs « Treyvaud ». La mise en charge des tirants a été augmentée par paliers jusqu'à ce que la « décharge » observée sur les arcs-boutants ne soit plus perceptible : l'effort pris par les tirants compensant l'effet des arcs-boutants. Pendant les opérations de mise en charge des tirants, la clé de voûte correspondante se soulève après chaque palier, lors du blocage des efforts, le soulèvement de la clé de voûte était de l'ordre de 1,9 à 2,4 mm selon les travées.

À la fin de l'intervention, un mois après mise en charge des nouveaux arcs-boutants, le niveau des clés de voûte était encore légèrement en dessus de l'état initial.

Portail peint

La coupe transversale de la Cathédrale présente une exception aux axes 9 et 10 avec, en leur face Sud. La présence du Portail Peint avec sa statuaire modifie notablement le comportement statique de cette travée.

Cette anomalie résulte de l'historique de la construction du Portail, érigé ultérieurement aux murs des bas-côtés de la nef. Les faces Ouest et Est du Portail se substituent, dans leur partie inférieure aux contreforts des axes 9 et 10. Cette situation s'est en outre aggravée lors du percement de ces deux faces, à la fin du XIX^e siècle.

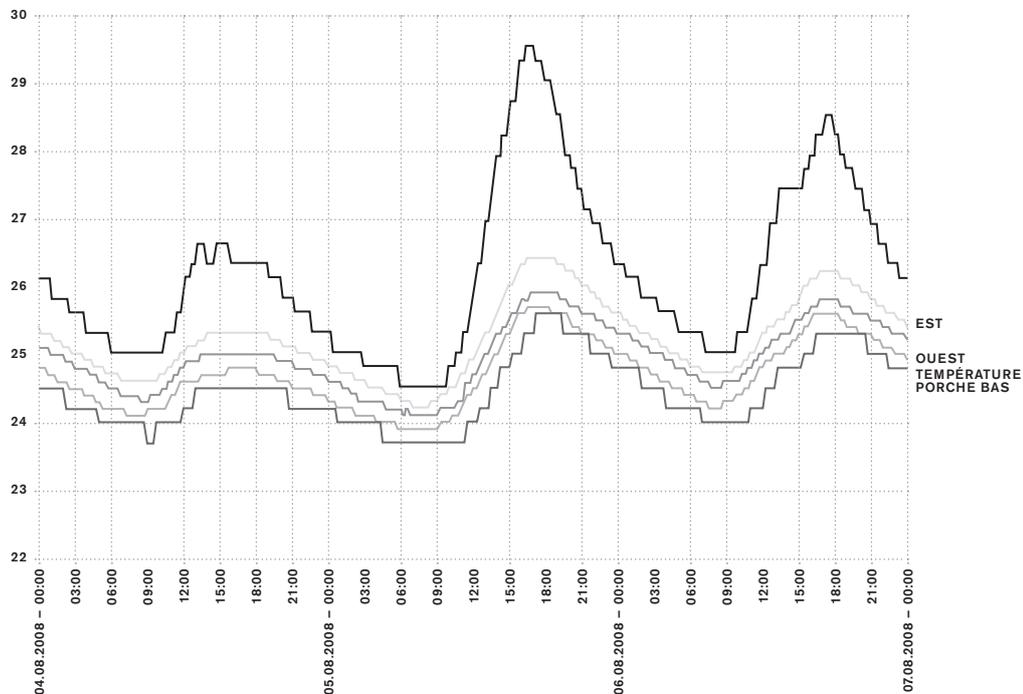
Les efforts de reprise de poussée des voûtes de la nef passant dans le système arc-boutant et contreforts de cette coupe transversale chargent asymétriquement les arcs des façades Est et Ouest du Portail Peint. Malgré l'aspect massif des piliers Sud du Portail Peint, les poussées obliques des contreforts y introduisent des efforts qui les rendent instables. Par ailleurs, on observe sur l'intrados des voûtes du Portail Peint un réseau de fissures montrant un effet de fragilisation de toute la superstructure en maçonnerie dû à ces efforts parasites.

Les efforts de poussées des voûtes de la nef, entre les axes 10 et 12 sont ceux d'une voûte sexpartite alors que la partie Ouest de la nef est constituée de voûtes quadripartites jusqu'au massif occidental. L'arc médian de la voûte sexpartite (axe 11) est moins chargé que les arcs adjacents (axes 10 et 12). Ces derniers sont également moins sollicités que les arcs transversaux des voûtes quadripartites. Ces efforts différenciés en provenance de la nef induisent un effet de torsion horizontale dans la structure du Portail Peint.

Le principe du renforcement fut de reprendre en partie les poussées des voûtes avant qu'elles ne se reportent sur la structure du Portail Peint. Cet objectif a été réalisé par un système mixte d'étais obliques (tubes métalliques) et de tirants tant horizontaux que verticaux dans l'espace des bas-côtés de la nef. La profondeur des tirants verticaux installés dans les raidisseurs et les contreforts fut prolongée pour les ancrer plus bas que la naissance des arcs latéraux et des voûtes d'arêtes du Portail Peint. Finalement, une coupure de la maçonnerie a été pratiquée dans la zone d'appuis des contreforts sur les arcs latéraux des bas-côtés du Portail Peint.

Mesures de contrôle menées durant l'année 2008 :
température de surface de trois statues, température de l'air dans la zone basse et la zone haute du porche.
On remarque la stratification de l'air sur la hauteur du porche.
La température des statues oscille de 2.5 °C sur 24 heures, ce qui est acceptable.
L'humidité est restée dans la plage de 35 à 65% sur toute l'année.

© SORANE, ECUBLENS, 2009.



La fermeture du portail peint

DOMINIQUE CHUARD – INGÉNIEUR PHYSIQUE DU BÂTIMENT
CHRISTOPHE AMSLER – ARCHITECTE EPF

Fermeture du porche

Le but premier de la fermeture des baies latérales et frontale du Porche est de mettre à l'abri les sculptures intérieures en grès, témoignage historique inestimable (XIII^e siècle), et plus particulièrement leurs surfaces polychromées. La fermeture doit offrir une protection efficace contre l'attaque des polluants de l'air, la poussière, les intempéries (pluie, humidité) et les sautes de températures : les couches picturales, restaurées et consolidées par injections de résine, sont en effet particulièrement sensibles aux fortes variations de température et surtout d'humidité.

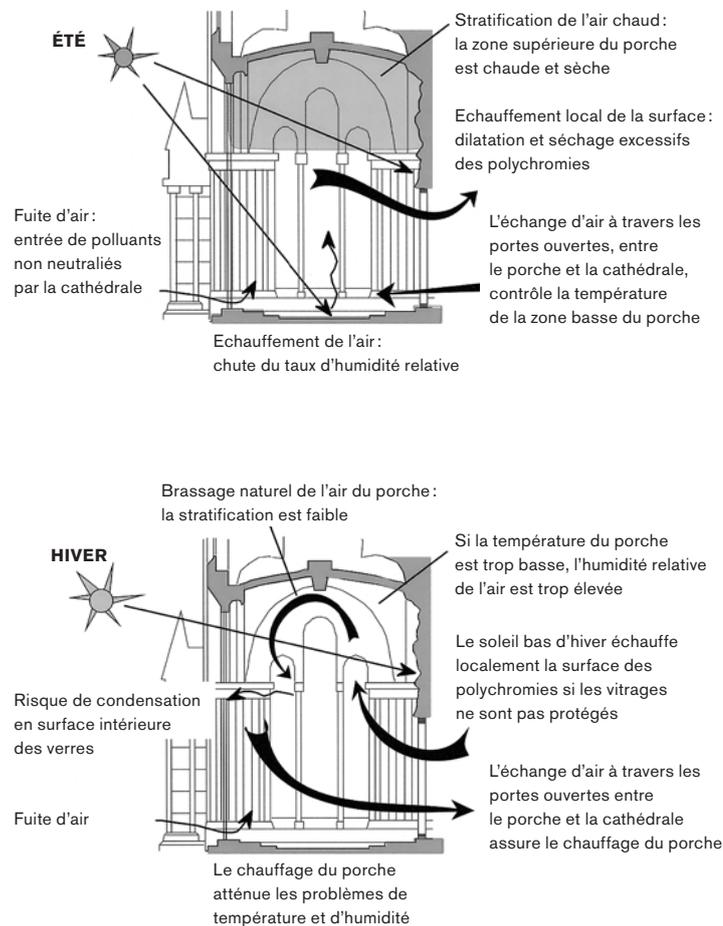
Protection et enveloppe

La protection doit remplir plusieurs fonctions parfois difficiles à concilier :

- Etanchéité à l'air. Le contact entre air extérieur et statues doit être évité : l'air de la cathédrale est 400 fois moins « pollué » (agressif) en effet que l'air extérieur (mesures de l'EPFL, professeur Furland et F. Girardet), raison pour laquelle il a été décidé que le renouvellement de l'air du porche passerait exclusivement par la cathédrale. Principale difficulté, dans la réalisation de cette étanchéité : le raccord entre les verres isolants et la pierre des arcatures, entre une huisserie très précise et une maçonnerie du XIII^e siècle. Un système de sandwich souple en tôle d'innox et mousse de caoutchouc assure l'interface verre-pierre, tout en limitant les risques de condensation par très grand froid (l'eau de condensation est récoltée au bas des baies par des rigoles et des orifices qui l'envoient à l'extérieur).
- Protection thermique. Les verrières de fermeture doivent également protéger les couches picturales de toute saute de température ou en réduire drastiquement tout au moins l'amplitude (on craint plus le séchage que la dilatation). Les verrières de fermeture doivent donc assurer une protection solaire efficace, le porche étant orienté plein Sud.
- Contrôle hygrométrique. Les verrières étant isolées thermiquement, l'air de la cathédrale étant humidifié et chauffé en hiver (taux minimum de 40% aux orgues), afin d'éviter une forte condensation dans le porche (moins chaud que la cathédrale) l'intérieur du porche doit être légèrement chauffé lors des périodes de basses températures extérieures : ce chauffage se fait passivement, c'est-à-dire en réalisant, par les portes intérieures du portail laissées ouvertes en continu, un échange entre l'air froid du porche et l'air tempéré de la cathédrale.

Contrôle du climat intérieur du porche: l'échange d'air entre la cathédrale et le porche, une fermeture étanche du porche sur l'extérieur et une protection solaire efficace permettent de résoudre la majorité des problèmes liés au climat.

© SORANE, ECUBLENS, 1987-2000.



– Neutralité chromatique. Les verrières de fermeture doivent enfin être les plus neutres possibles dans la transmission qu'elles réalisent de la lumière extérieure, le but étant ici d'offrir une lecture la plus fidèle possible des couleurs de la statuaire peinte. Aucune distorsion du spectre visible de la lumière n'a été admise. Les solutions modernes de traitement du soleil par couches réfléchissantes ne sont donc pas adéquates, n'offrant jamais une atténuation régulière de la lumière visible. Les traitements connus du verre présentent tous des dominantes dans certaines gammes de couleurs. Le choix s'est porté sur des verres extra clairs, qui ne présentent pas la légère absorption dans le rouge du verre ordinaire. La protection solaire est assurée par un Koohlglas noir, c'est-à-dire un verre feuilleté dans lequel est intégré un Koohlshade, une résille de microlamelles en bronze de 1.5 mm de large, atténuant l'ensoleillement direct de manière uniforme et laissant passer la lumière indirecte réfléchiée par l'environnement. Cette protection est directive comparée à un verre traité. La protection thermique, enfin, est assurée par un verre isolant avec remplissage d'air sans couche émissive dans l'infra rouge.

Mode de conditionnement

Les simulations fines du comportement du porche, effectuées durant plusieurs années d'étude, ont montré que le « conditionnement » naturel du porche par échange d'air avec la cathédrale présentait de nombreux avantages par rapport à tout autre système, dans sa pérennité d'abord, dans sa simplicité ensuite, enfin dans la sécurité qu'il offre.

Le projet initial prévoyait de climatiser le porche au moyen d'une installation mécanique, un monobloc, installé sous le porche (la fosse existe): l'air chauffé ou refroidi, humidifié ou déshumidifié était soufflé dans le porche par des grilles périphériques de sol, au pied des fermetures du porche. Cette installation a été mise en place dans les années '80, lors de la restauration des peintures du porche, et a fonctionné durant trois ans. L'expérience a montré qu'en fonctionnement normal elle offrait un climat très stable en température et en humidité. Mais elle a aussi montré que, malgré une surveillance et une maintenance soignées, les variations climatiques, lors des dysfonctionnements inévitables de l'installation, dépassaient largement les variations que l'on observe depuis que le porche a été mis en communication avec la cathédrale. La masse de cette dernière garantit en effet l'amortissement de toute variation brusque du climat, à l'intérieur de l'église (chauffage) comme à l'extérieur (climat).

Un chauffage a néanmoins été intégré au nouveau sol du portail, non pour chauffer le porche (sa puissance insuffisante), mais pour limiter simplement les condensations en cas de fermeture des portes de communication entre cathédrale et porche lors de grands froids.

Des mesures de contrôle, menées sur une année complète (2008-2009), ont permis de constater qu'après la mise en œuvre des verrières de protection, les plages de variation de la température et de l'humidité de l'air intérieur, ainsi que de la température surfacique des statues reproduisaient bien les valeurs simulées et restaient dans les limites admises pour une bonne conservation des œuvres.



Les verrières de fermeture.

Le positionnement des fermetures de verre a été longuement débattu. Trois positions ont été envisagées :

- à l'intérieur des remplages d'arcature, position minimisant l'impact visuel extérieur des verrières, mais coupant l'intérieur du portail des colonnettes et arcatures du triplet
- à l'axe du remplage : position qui redonne à l'intérieur la vision du triplet sans augmenter l'impact extérieur de la fermeture. Cette position a longtemps été retenue (dans les années 1990), notamment par les architectes Michel Buri et Serge Candolfi. Cette solution très élégante au plan de l'architecture a cependant été abandonnée en fin de compte pour des raisons plus techniques que d'impact visuel : la position axiale multiplie en effet les longueurs de contact entre pierre et verre, tout en n'assurant pas l'étanchéité nécessaires aux échanges climatiques, la pierre des fines colonnettes n'assurant pas par elle-même l'étanchéité thermique ou hygrométrique requise, ni la résistance suffisante à l'érosion météorique.
- à l'extérieur du remplage, solution finalement retenue : même si une telle position augmente sensiblement la visibilité extérieure des verrières, elle offre indiscutablement une meilleure protection non seulement aux intérieurs du portail, mais aussi au remplage lui-même et aux rouleaux des arcs latéraux et frontal. Elle reprend d'autre part la composition tripartite médiévale des murs creux de la cathédrale (triforium, galerie haute, etc.) : disque de fermeture à l'extérieur – vide de passage intermédiaire – arcature intérieure. C'est en cette position d'ailleurs que les maîtres du XIII^e siècle avaient eux-mêmes placé leurs bouchons de maçonnerie, en réponse à la dérive qu'ils avaient constatée du portail sous le porte-à-faux des culées de la nef.

Le verres de fermeture sont tenus à l'intérieur par une serrurerie métallique faite de plateaux d'acier inoxydable pleins (Metal system, de Regibus) sculptés dans la masse, développant la famille de détails conçue en 1998 à l'occasion de la consolidation du trumeau de la porte nord du portail.

1/ La baie sud du porche avec sa nouvelle fermeture vitrée.

© REMY GINDROZ, LA CROIX-SUR-LUTRY, 2008.

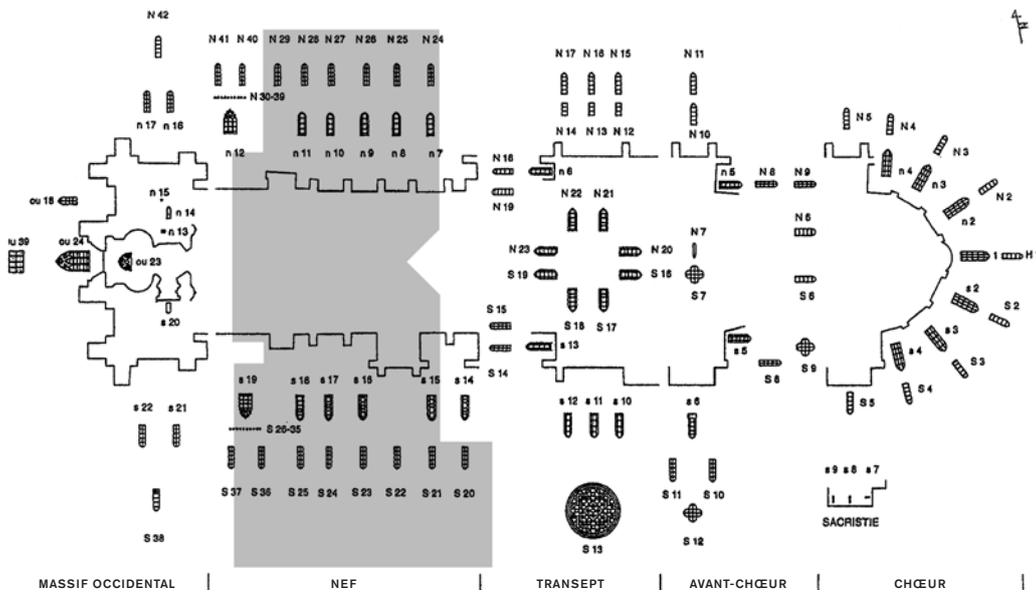
2/ Détail de la baie orientale, avec dispositif d'éclairage logé dans l'imposte des verrières.

© REMY GINDROZ, LA CROIX-SUR-LUTRY, 2007.

3/ Mise en place des structures métalliques de la verrière sud.

© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2007.





1/ Nomenclature et localisation des vitraux.

© ATELIER D'ARCHÉOLOGIE MÉDIÉVALE DE MOUDON, 1993-1994.

2/ La baie haute de la nef (N 28) sur cette affiche de la Réunion de la Société helvétique de musique dans la cathédrale de Lausanne, le 6^e août 1823.

© DESSIN DE JOHANNES STÄHLI, LITHOGRAPHIE TEINTÉE.

3/ Dernière travée de la nef en direction du transept, 1911.

Au premier plan, fenêtre haute sud (S 20) avant les travaux de 1912-1913.

© ACAL, LAUSANNE-CHAVANNES, 1911.

4/ Baie haute nord (N 28) avec losange gravé «Edouard Hoch(?) 1864».

© MICHEL DELANOË, PALEZIEUX, 2008.

Les vitraux de la nef

CLAIRE HUGUENIN – HISTORIENNE DE L'ART

AVEC LE CONCOURS DE MICHEL DELANOË – MAÎTRE VERRIER ET CHRISTOPHE AMSLER – ARCHITECTE EPF

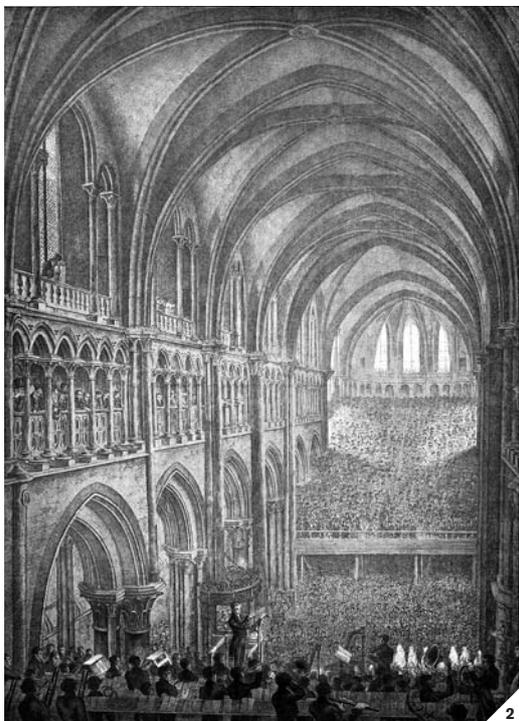
Excepté la rose et les vitraux du XIX^e et du XX^e siècles à sujets figuratifs, les baies de la cathédrale sont ornées de verrières à losanges. Elles se situent dans la tour inachevée, la tour du beffroi, les fenêtres hautes de la nef, le triforium de la grande travée, la tour lanterne, les chapelles hautes du transept, les tourelles et les nombreux escaliers qui donnent accès aux parties supérieures de l'édifice (Fig. 1).

Dans le cadre de ce chantier, l'occasion fut donnée de se pencher plus particulièrement sur les fenêtres de la nef. S'il semble malaisé, à première vue, de dater ce type de verrières, des observations techniques – type de serrurerie et de mise en œuvre, qualité des verres – confrontées aux sources, permettent de proposer des fourchettes chronologiques, qu'une étude plus systématique, étendue à l'ensemble du bâtiment, pourra certainement resserrer.

Les baies des faces nord et sud ont connu des destinées diverses. Au nord, l'armature métallique est de type industriel, en fer laminé, avec vis et boulons. Elle remonte à 1835, relevant de la campagne de restauration de l'intérieur dirigée par l'architecte Henri Perregaux (1785-1850) entre 1833-1836 (cf. La rose, 1998, p. 46 et 53). Le vitrier Monnet établit huit nouvelles fenêtres (cadre et verres) selon Perregaux dans son rapport final, afin de les uniformiser avec leur pendant méridional. On notera toutefois que, dans son compte, l'artisan ne mentionne que six fenêtres neuves, une fenêtre recomposée avec des panneaux anciens et pour la 8e, simplement un panneau neuf. Selon l'archéologue Werner Stöckli, une assise a été enlevée à la base des baies à l'époque de Viollet-le-Duc (1814-1879) ; les serrureries ont dû être rallongées d'autant et l'élément de fixation est bien visible. Cette intervention doit s'inscrire dans le contexte du chantier de renouvellement des arcs-boutants de la nef dont les travaux, sur les faces de la nef, sont menés de 1883 à 1888. Des pièces sont réparées, en 1912, sans autres précisions par le serrurier lausannois Théodore Duboux (Fig. 2).

Au sud, les serrureries sont forgées, sauf dans la partie inférieure des baies. Elles comprennent des châssis dormants, et pour le montage des panneaux, des barlotières à panneaux, des feuillards à fente à l'intérieur, ainsi que des clavettes ; quelques vergettes sont également forgées. Certaines pièces pourraient être médiévales d'après l'archéologue, même s'il est difficile pour l'heure de fixer une date précise, entre le moyen âge et le début du XIX^e siècle. Les sources signalent plusieurs interventions importantes, malheureusement non localisées, qui pourraient s'appliquer, sous toute réserve à cet ensemble. En 1581-1582, maître Angelin, verrier, crée trois fenêtres dans les parties hautes, mais surtout il établit des battants dans beaucoup d'autres. Il doit s'agir des guichets, façonnés dans des serrureries préexistantes. Même si les guichets actuels sont plus modernes – en fer industriel et posés au niveau des deux panneaux inférieurs à 4 cm au devant du châssis –, on peut faire remonter au XVI^e siècle leur présence en cet endroit, seule les baies hautes méridionales de la nef et deux fenêtres dans la face ouest du transept sud étant munies de ce dispositif. En 1773, on relève la confection de châssis métallique (trois selon les comptes mais non localisés) ; enfin en 1816, Perregaux fait réparer des fenêtres hautes au midi, délabrées notamment suite à la grêle de 1807 ; les panneaux sont démontés et les serrureries renforcées par l'augmentation du nombre de vergettes munies de nouvelles attaches et par la pose de feuillards, inexistantes apparemment jusqu'alors (Fig. 3).

Enfin, les serrureries ont fait l'objet d'une importante réfection en 1912-1913 par le même Duboux ; en particulier tous les guichets sont déposés puis reposés après avoir été munis d'une battue en fer d'angle, seize barlotières neuves sont installées « aux vitraux des guichets » (spécifiquement dans les guichets ou plus généralement dans la baie ?), avec fourniture de vis et des goupilles.



En l'état, il semble donc difficile de dater les serrureries d'apparence homogène, sinon par l'examen minutieux de chaque élément. La seule donnée sûre est leur antériorité par rapport à celles du nord.

Quant aux verres, ils datent en majorité de 1912–1913. Dans un mémoire de février 1913, le verrier lausannois Pierre Chiara (1882–1929), résume les travaux effectués alors, en spécifiant le nombre de panneaux neufs et réparés par baie.

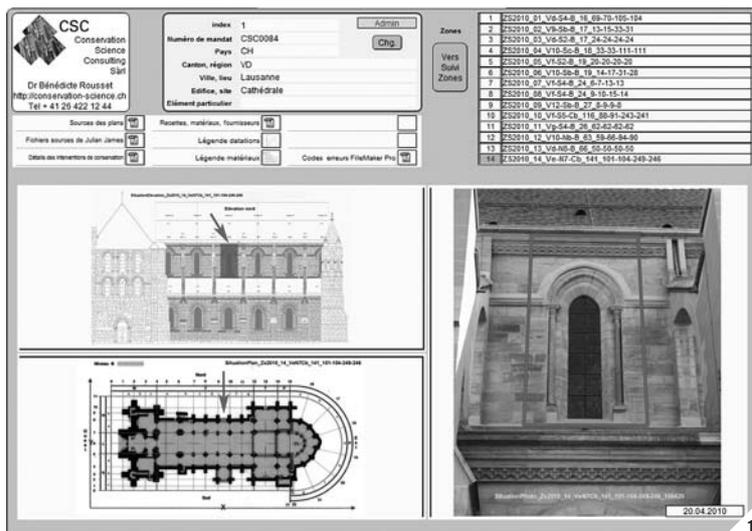
Il signale au sud (baies de 14 panneaux) : 3^e fenêtre (8 neufs, 5 réparés) ; 4^e fenêtre (5 neufs, 2 réparés) ; 5^e fenêtre (10 neufs, 4 réparés) ; 6^e fenêtre (8 neufs, 5 réparés) ; 7^e fenêtre (12 neufs, 2 réparés) ; 8^e fenêtre (10 neufs, 4 réparés).

Pour le côté nord (baies de 12 panneaux), il indique : 1^e fenêtre (10 réparés) ; 2^e fenêtre (8 neufs, 2 réparés) ; 3^e fenêtre (5 neufs, 7 réparés) ; 4^e fenêtre (2 neufs, 10 réparés) ; 5^e fenêtre (3 neufs, 9 réparés) ; 6^e fenêtre (2 neufs, 8 réparés) ; 7^e fenêtre (10 neufs, 2 réparés) ; 8^e fenêtre (10 neufs, 2 réparés).

La notion de réparation, assortie du maintien de quelques panneaux laissés intacts, explique la présence de verres plus anciens et, découvertes par Michel Delanoë, d'inscriptions et d'une date « 1864 » gravées à la pointe de diamant (in « Découvertes d'éléments de datation et de paternité sur les vitraux losangés des baies hautes de la nef et de la tour inachevée », rapport 2008–2010) (Fig. 4). Certains de ces morceaux « anciens » sont vraisemblablement de verres intacts, peut-être médiévaux, que Monnet remploya lors de ses interventions, successivement au sud puis au nord. Il subsiste par ailleurs au midi quelques panneaux avec remploi créés par Monnet, reconnaissables à leur type de plomb semblables à ce qui avait été observé dans la rose (cf. La rose 1998, p.53), et épargnés par Chiara. En revanche, il ne doit guère subsister en cet endroit de losanges du XVIII^e siècle, pourtant abondamment cités dès 1747. Des deux côtés, on peut en effet observer

ces remplacements de panneaux, repérables par des losanges de types variés et des plombs de largeurs différentes, des repiques de losanges, voire de déplacements de panneaux d'une baie à l'autre. Une patine à froid a été appliquée en 1912–1913 sur la face interne des baies. Elle recouvre toute la surface (verres et plombs) et les parties cachées par les solins de gypse qui ferment les baies à leur périphérie ; on peut en déduire qu'elle a été posée avant la remise en place des panneaux. Selon le Journal des travaux de restauration de la cathédrale, d'autres verrières – remplacées depuis par des vitraux modernes dans le massif occidental et le transept nord –, ont subi le même traitement. Volonté d'assombrir l'édifice, fraîchement restauré, de jouer sur des contrastes de lumière ou simplement de vieillir des verres à l'apparence trop neuve et d'unifier le tout ?

Les travaux de l'actuelle campagne ont été essentiellement conservatoires : dépose de tous les vitraux (pour permettre le travail sur la pierre), remise à plat des panneaux déformés, collage des pièces de verres brisées, consolidation ponctuelle des réseaux de plomb (aux soudures), puis nettoyage des panneaux avec remastiquage de la face externe. Les interventions ont été plus importantes aux plombs de bordure, largement fusés, et qui ont dû être généralement refaits, voir doublés pour adapter mieux les panneaux (sans doute remués) à leurs serrureries actuelles. Les panneaux ayant tendance à être mis en vibration par certains jeux graves de l'orgue, des bandes de tissus céramiques imputrescibles ont été intercalées, lors de la repose, entre serrureries et panneaux. Pour augmenter la résistance des panneaux à la vibration, les vergettes ont été baguées à l'endroit des attaches qui s'étaient relâchées. Enfin, la corrosion des barlottières et feuillards de métal a été neutralisée, avant repeinture anti-rouille des fers en deux mains.



1/ Exemple de fiche de suivi

© CONSERVATION SCIENCE CONSULTING, FRIBOURG, 2010

2/ Comparaison entre 1980 à gauche et 2009 à droite.

Il n'est pas constaté d'évolution majeure, de même que sur toutes les autres prises de vue étudiées.

© FRED GIRARDET, 1980–2009.

3/ Cache placé sur une cheville à gauche et déposé 18 mois plus tard, à droite. Aucun changement n'a été constaté de même que sur la dizaine d'autres zones investiguées.

© FRED GIRARDET, 2008–2010.

4/ Vue macro photographique des deux zones (protégée/exposée).

La diversité de la polychromie de cette zone qui à l'oeil nu semble homogène, confirme la difficulté d'une mesure colorimétrique.

© RINO, BLONAY, 2008–2010.

Le suivi dans la durée

BÉNÉDICTE ROUSSET & CHRISTINE BLÄUER – CONSERVATION SCIENCE CONSULTING SÀRL, FRIBOURG

Pourquoi un suivi ?

Les dernières interventions effectuées sur les parements de la cathédrale de Lausanne impliquent aujourd'hui la coexistence de matériaux différents tels que les pierres anciennes non traitées ou consolidées, les nouvelles pierres, les mortiers de colmatage, de rhabillage, de joint anciens et nouveaux, les coulis de remplissage des plaques, ...

Tous ces matériaux doivent maintenant évoluer ensemble et de manière égale. Or, on sait par expérience que sur les éléments exposés – qui sont par essence les éléments les plus restaurés –, il est très difficile pour deux matériaux de propriétés physico-chimiques et mécaniques différentes et posés l'un contre l'autre de vieillir harmonieusement. Si ces soucis de compatibilité sont déjà sensibles pour deux grès molassiques différents, il est à craindre que matériaux de conservation et molasse, voire même les matériaux de conservation entre eux, présentent des vitesses et des degrés de dégradation dissemblables.

C'est dans le but d'observer systématiquement l'évolution de ces divers matériaux qu'un suivi des façades restaurées a été initié par le maître d'œuvre et le maître de l'ouvrage.

Mise en place du suivi

En prévision de ce suivi, nous avons d'abord sélectionné 14 surfaces d'observation représentatives de l'histoire, des interventions et des expositions. Ce choix a été fait après discussion avec les responsables du bâtiment et sur la base des nombreuses informations transmises par M. Julian James.

Afin d'évaluer le développement esthétique et physico-mécanique des surfaces sélectionnées, nous avons testé diverses méthodes de mesure non destructives avant de conclure que la méthode de suivi la plus simple, la plus évolutive et pouvant être complétée par toutes les autres si nécessaire, est l'observation à l'œil nu avec report cartographique. C'est aussi le moyen le plus judicieux pour mettre en parallèle l'évolution des surfaces avec l'histoire des pierres (date de pose, de restauration, ...), avec les interventions effectuées par les conservateurs-restaurateurs et les diverses observations faites au cours du temps.

Pour faciliter le suivi et les interprétations, nous avons élaboré une base de données dans laquelle seront regroupés à terme pour chaque zone : les cartographies existantes (nature des pierres, relevés archéologiques, relevés des interventions de conservation) les cartographies à venir (observations et mesures qui seront faites au cours du suivi), des documents d'archives et des photographies d'époques différentes.

La première phase du suivi consistera en des observations, mesures et cartographies des 14 zones retenues, une fois par an pendant 3 ans. La phase suivante sera définie sur la base des observations faites au cours de ces 3 ans.



Monitoring de la polychromie du portail peint

FRED GIRARDET – RINO SÀRL, BLONAY

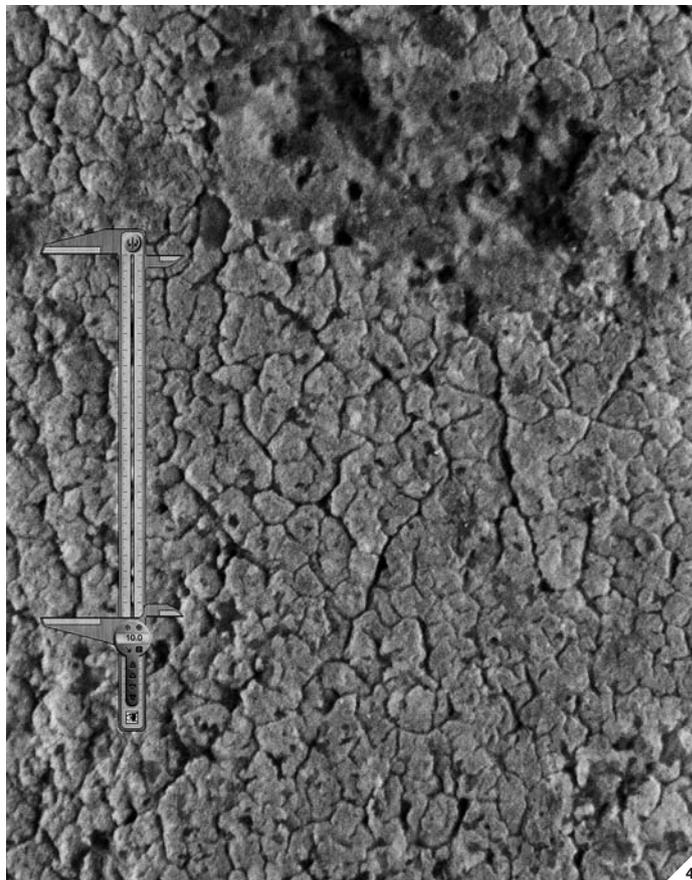
Dans l'Antiquité déjà (Vitruve, Livre VII, chap. IX), il était mentionné que les pigments tels que ceux utilisés au portail peint sont susceptibles de modifier leur couleur au fil du temps. Bien que ce mécanisme soit encore mal connu, la lumière constitue un des paramètres communément évoqué.

La mise au jour de la polychromie, après l'ablation du badigeon de la Réforme combinée à l'augmentation de l'éclairage naturel (liée au remplacement de l'enveloppe opaque par des baies vitrées), a suscité des préoccupations. Un suivi (monitoring) a de ce fait été souhaité.

La macro complexité chromatique inhérente à une statuaire polychrome, la variabilité de l'état de surface laissée après l'ablation du badigeon et l'évolution des critères de mise au jour durant les décennies du chantier de restauration, rendaient un monitoring par colorimétrie irréaliste.

Dans ce contexte, il fut proposé et retenu une stratégie simple, reposant sur les deux méthodes suivantes :

- Comparaison de l'état actuel avec des documents d'archives ayant entre 20 et 40 ans. Bien que conscient des limites de cette méthode, elle m'a semblé apte à révéler des évolutions majeures.
- Comparaison de l'évolution de deux zones contiguës : l'une masquée par un cache, l'autre exposée à la lumière ambiante. Réalisée par macrophotographie, la méthode permet une comparaison simultanée de l'état initial (sous le cache) avec une évolution éventuelle. De plus, la macroscopie permet d'envisager le suivi des variations de couleur des différentes micro zones dont la composition pigmentaire est distincte.





**1/ Arcs-boutants, axes 9-10:
renouvellement des claveaux.**

© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2004.

**3/ Arcs-boutants:
dépose des couvertes de Viollet-le-Duc.**

© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2004.

**5/ Portail peint:
«boîte» provisoire de protection.**

© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2002.

**2/ Piles d'angle du portail peint:
dépoussiérage des colonnettes
en calcaire.**

© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2005.

**4/ Portail peint:
transport et mise en œuvre des verres
de protection.**

© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2007.





6/ Réhabilitation des charpentes de la nef, travées d-e-f.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2005.

8/ Renouvellement du larmier d'une baie haute de la nef.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2004.

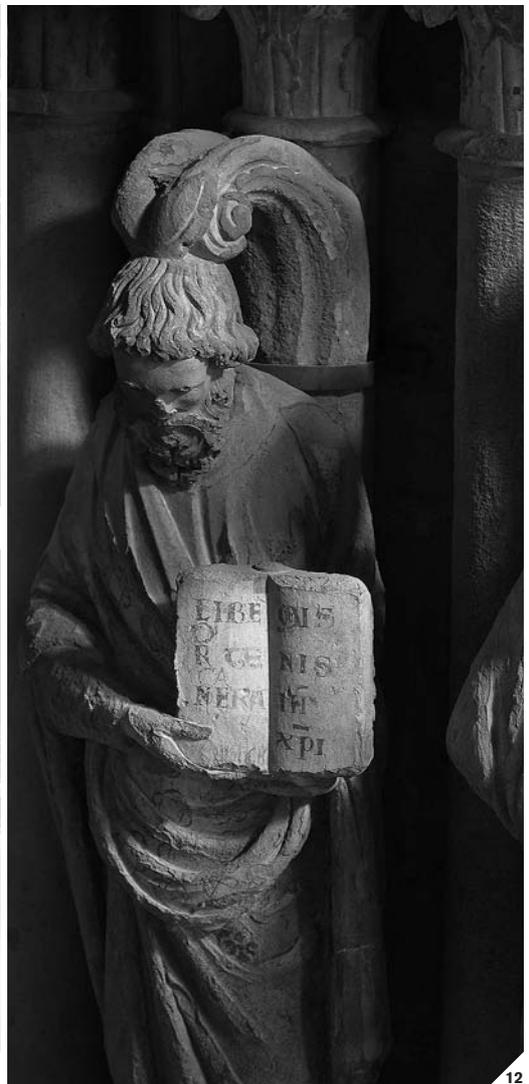
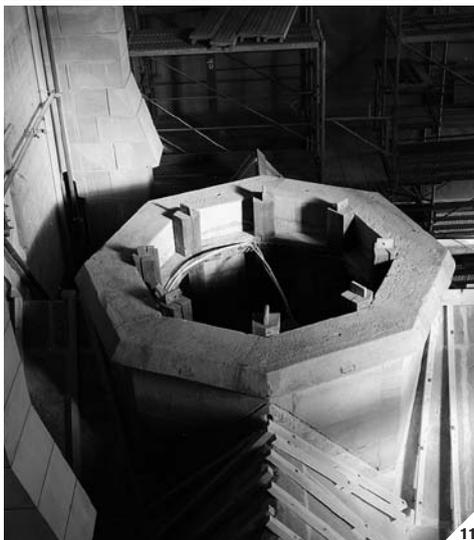
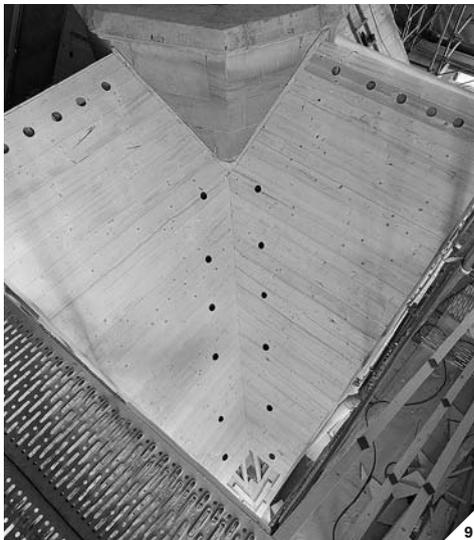
10/ Portail peint: (détail) mise en place des verrières de protection.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2007.

12/ Portail peint: Mathieu.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2007.

7/ Renouvellement des arcs-boutants au droit du portail peint.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2004.

9/ Portail peint: détail de la sous-couverture.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2006.

11/ Portail peint: base octogonale de la flèche.
© CLAUDE BORNAND, LAUSANNE, 2006.



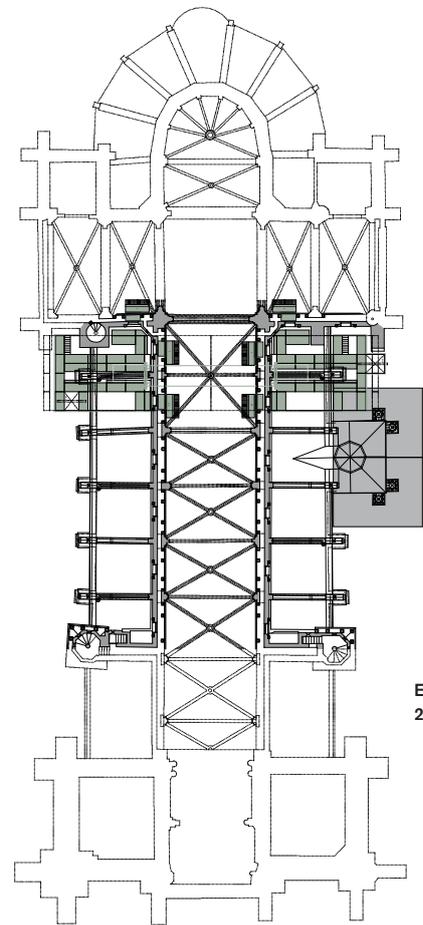
8

9

10

11

12



1/ Les trois étapes du chantier:
 travées f-g, 2001-2007
 travées d-e-f, 2003-2007
 travées b-c-d, 2006-2011
 © AMSLER ARCHITECTE, LAUSANNE, 2000-2010.

Etape 1
 2001-2007

Chronologie

CHRISTOPHE AMSLER – ARCHITECTE EPF-SIA

2000 – 01

OCTOBRE 00

votation du crédit d'investissement par le Grand Conseil;

MARS – MAI 01

mise au concours et adjudication des travaux, premier lot;

JUIN 01

colloque international « Les arcs-boutants à la cathédrale de Lausanne »;

AOÛT 01

ouverture du chantier;

01 – 07

Étape I:

AOÛT 01 – AVRIL 02

installations générales de chantier et échafaudage des travées f-g;

OCTOBRE – DÉCEMBRE 01

suite au colloque de juin 2001, campagne de libération de contraintes et analyse de l'état de conservation des structures de l'axe 11;

DÉCEMBRE 01 – MARS 03

échafaudage du portail peint, dépose de l'aiguille et montage d'une « boîte » provisoire de protection;

MARS 02 – OCTOBRE 07

conservation-restauration des parements extérieurs, travées f-g;

MAI 02

découverte et dépose des charpentes des bas-côtés travées f-g NS;

JUIN – JUILLET 02

pose des structures métalliques et tirants provisoires à l'axe 11;

AOÛT 02 – JANVIER 03

renouvellement des arcs-boutants de l'axe 11;

SEPTEMBRE – OCTOBRE 02

découverte du portail;

JANVIER 03 – SEPTEMBRE 07

conservation-restauration des façades du portail peint;

DÉCEMBRE 03

démontage des structures métalliques et tirants provisoires de l'axe 11;

FÉVRIER – AVRIL 04

mise au concours et adjudication des travaux de ferblanterie-couverture;

MAI – DÉCEMBRE 04

recours contre l'adjudication et rejet du recours;

MARS – MAI 05

traitement des charpentes et recouverture de la nef, travée g;

JUIN 05

échafaudage de la souche de la tour lanterne;

SEPTEMBRE 05 – SEPTEMBRE 07

recouverture du portail;

NOVEMBRE 05

mise à l'enquête des fermetures du portail;

JANVIER – MAI 06

mise au concours des verrières de protection;

FÉVRIER – AVRIL 06

recouverture du portail;

AOÛT 06

dépose des échafaudages à la souche de la lanterne;

SEPTEMBRE – OCTOBRE 06

remise en place et traitement des charpentes de bas-côtés, travée g NS;

OCTOBRE – DÉCEMBRE 06

recouverture des bas-côtés, travée g NS;

SEPTEMBRE 06

dépose de la toiture provisoire de la nef, travée g;

DÉCEMBRE 06 – JANVIER 07

nettoyage final de l'intérieur du portail avant démontage des échafaudages;

JANVIER – JUILLET 07

renouvellement du sol intérieur du portail;

MARS – AOÛT 07

pose des verrières de fermeture;

MARS – MAI 07

mise en demeure et démission des conservateurs-restaurateurs;

MAI 07

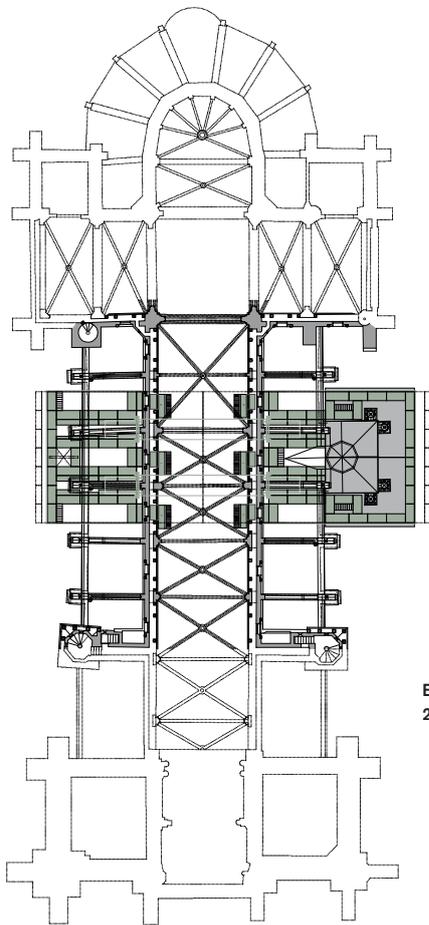
installation de l'éclairage intérieur du portail;

JUILLET – OCTOBRE 07

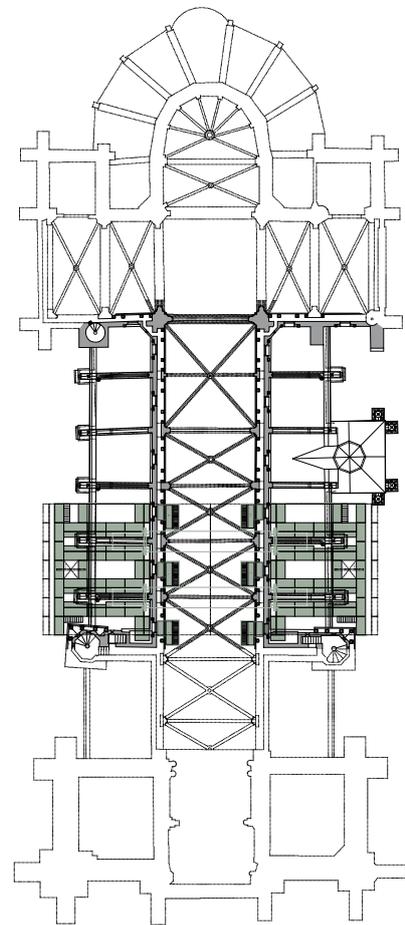
démontage des échafaudages de façade, travée g;

JUILLET – SEPTEMBRE 07

ouverture de la « boîte » de protection du



Etape 2
2003-2007



Etape 3
2006-2011

portail, repose et recouvrement de l'aiguille;
démontage des échafaudages extérieurs
du portail;

SEPTEMBRE – OCTOBRE 07

modification des installations générales
de chantier;

OCTOBRE 07

inauguration du portail peint restauré.

03 – 07.....

Etape II:

OCTOBRE 03 – FÉVRIER 04

échafaudage des travées *d-e-f*;

JANVIER 04

puits d'injection phréatique en prévision du
forage M2 sous la Cité;

FÉVRIER – MARS 04

découverte et dépose des charpentes
des bas-côtés, travées *d-e-f NS*;

MARS 04

pose des structures métalliques et tirants
provisoires axes 9-10;

MAI 04 – MAI 05

renouvellement arcs-boutants axes 9-10;

MAI 05 – OCTOBRE 07

conservation-restauration des parements
extérieurs, travées *d-e-f*;

DÉCEMBRE 04 – MAI 05

pose des étais métalliques sur portail,
axes 9-10;

AVRIL – MAI 05

traitement des charpentes et recouvrement
de la nef travées *e-f*;

MAI 05

démontage des structures métalliques et
tirants provisoires axes 9-10;

JUIN 06

colloque « Déontologie à la cathédrale »;

SEPTEMBRE 06

dépose toiture provisoire nef travées *e-f*;

SEPTEMBRE – OCTOBRE 06

remise en place et traitement des char-
pente des bas-côtés travées *e-f NS*;

OCTOBRE – DÉCEMBRE 06

recouvrement des bas-côtés travées *e-f NS*;

OCTOBRE 07

démontage échafaudages de façades,
travées *e-f*;

06 – 11.....

Etape III:

OCTOBRE – NOVEMBRE 06

échafaudages des travées *b-c-d*;

JANVIER – MARS 07

découverte et dépose charpentes bas-
côtés, travées *b-c-d NS*;

pose des structures métalliques et tirants
provisoires axes 7-8;

AVRIL 07 – SEPTEMBRE 08

renouvellement des arcs-boutants axes 7-8;

JUILLET – NOVEMBRE 07

mise au concours et adjudication des
travaux de conservation-restauration,
nouvel adjudicataire;

SEPTEMBRE 07 – MAI 08

traitement des charpentes et recouvrement

de la nef, travées *b-c-d*;

DÉCEMBRE 07 – OCTOBRE 09

conservation-restauration des parements
extérieurs, travées *b-c-d*;

AVRIL – AOÛT 09

remise en place et traitement charpente
bas-côtés travées *b-c-d NS*;

AVRIL – OCTOBRE 09

recouvrement bas-côtés travées *b-c-d NS*;

JUIN – OCTOBRE 09

dépose échafaudages de façade
travées *b-c-d*;

OCTOBRE 09

démontage des structures métalliques et
tirants provisoires axes 7-8;

dépose installations générales de chantier;

OCTOBRE 09 – MAI 10

éclairage et détection incendie bas-côtés NS;

NOVEMBRE 09

remise en état des abords;

DÉCEMBRE 09

début des travaux de *monitoring*;
colorimétrie portail peint, consolidation
pierre;

OCTOBRE 10 – SEPTEMBRE 11

réorganisation des bouteroues, place nord
de la cathédrale.

COMMISSION DE CONSTRUCTION**BERNARD VERDON**

ARCHITECTE EPF, SERVICE IMMEUBLES,
PATRIMOINE ET LOGISTIQUE,
PRÉSIDENT DE LA COMMISSION TECHNIQUE

PATRICK DEVANTHÉRY

ARCHITECTE, EPF, LAUSANNE

GAËTAN CASSINA

PROFESSEUR, HISTORIEN DE L'ART,
UNIVERSITÉ DE LAUSANNE

SOPHIE DONCHE GAY

ADJOINTE, SERVICE DES AFFAIRES
CULTURELLES DU CANTON DE VAUD

CHRISTIAN PILLOUD

CHEF DU SERVICE DES AFFAIRES
UNIVERSITAIRES DU CANTON DE VAUD

EXPERTS FÉDÉRAUX**BERNHARD FURRER**

PRÉSIDENT DE LA COMMISSION FÉDÉRALE
DES MONUMENTS HISTORIQUES

BERNARD ZUMTHOR

MEMBRE DE LA COMMISSION FÉDÉRALE

DES MONUMENTS HISTORIQUES

EXPERTS CANTONAUX**ERIC TEYSSEIRE**

CONSERVATEUR CANTONAL,
SECTION MONUMENTS ET SITES

DENIS WEIDMANN

ARCHÉOLOGUE CANTONAL,
SECTION ARCHÉOLOGIE

EXPERT CONSULTANT**PIERRE LACHAT**

EXPERT MATÉRIAUX PIERREUX,
BELMONT-SUR-LAUSANNE

MANDATAIRES**ARCHITECTES**

AMSLER ARCHITECTE LAUSANNE

INGÉNIEURS CIVILS

KĂLIN & CUEREL LAUSANNE

JEAN-PIERRE MARMIER LAUSANNE

GEOCONSULT LA COUDRE

INGÉNIEUR EN ÉLECTRICITÉ

BETELEC LAUSANNE

MISE EN LUMIÈRE

MICHELE DALLA FAVERA GENOLIER

PHYSIQUE DU BÂTIMENT

SORANE ECUBLENS

PIERRE CHUARD LE MONT-SUR-LAUSANNE

INGÉNIEUR GÉOMÈTRE (RELEVÉS)

JEAN-CLAUDE GASSER PRILLY

PHOTOGRAMMÉTRIE AÉRIENNE ET

TERRESTRE PAT SION

ARCHEOLOGIE

ATELIER D'ARCHÉOLOGIE MÉDIÉVALE MOUDON

HISTOIRE MONUMENTALE

CLAIRE HUGUENIN RENENS

CONSERVATION-RESTAURATION (ÉTUDES)

ASSOCIATION GENTILE-JAMES LAUSANNE

ATELIER SAINT-DISMAS LAUSANNE

LABORATOIRES SPÉCIALISÉS

EXPERT CENTER EPFL-ECUBLENS

GEOLEP EPFL-ECUBLENS

LEMA EPFL-ECUBLENS

CONSERVATION SCIENCE CONSULTING FRIBOURG

RINO BLONAY

LABORATOIRE ROMAND DE DENDROCHRONOLOGIE

MOUDON

SPÉCIALISTE MORTIERS

ROGER SIMOND TANNAY

SPÉCIALISTE TUILES

MICHELE GROTE VILLENEUVE

PHOTOGRAPHIE

CLAUDE BORNAND LAUSANNE

REMY GINDROZ LA CROIX-SUR-LUTRY

GRAPHISME (PANNEAU DE CHANTIER)

SANDRA BINDER LAUSANNE

CONSEIL JURIDIQUE

L'ETUDE FRIBOURG

DENIS BETTEMS LAUSANNE

PUBLICATION DU SERVICE IMMEUBLES, PATRIMOINE ET LOGISTIQUE

10, place de la Riponne CH-1014 Lausanne

GRAPHISME
hersperger.bolliger

IMPRESSION
Les Presses Centrales

PHOTOGRAPHIE
Claude Bornand

TYPE D'INTERVENTION

TRAVAUX DE CONSERVATION-RESTAURATION.

COÛTS DE L'OPÉRATION

INDICE OFS AVRIL 2011 : 138.0

CFC LIBELLÉ	MONTANT	%
1 Travaux préparatoires	951'650	7.12
2 Bâtiment	11'912'709	89.12
5 Frais secondaires	502'126	3.76
TOTAL DES TRAVAUX	13'366'485	100.00

COÛTS PAR ÉLÉMENTS	MONTANT	%
C Inst. chantier, échafaudages	1'666'194	12.46
E1 Toiture	1'080'715	8.80
E4 Façades	5'896'779	44.12
E5 Fenêtres, vitraux	1'191'689	8.92
I Installations	210'592	1.58
M Aménagements intérieurs	79'153	0.59
V Frais secondaires	534'363	4.00
W Honoraires	2'707'000	20.25
TOTAL DES TRAVAUX	13'366'485	100.00

ENTREPRISES**INSTALLATIONS GÉNÉRALES DE CHANTIER**

ADV CONSTRUCTIONS LAUSANNE

GRUES MOBILES

FRIDERICI SPECIAL TOLOCHENAZ

MALTECH BAUDROCCO BUSSIGNY

ASSÈCHEMENT BÂTIMENT

KRÜGER FOREL

ÉCHAFAUDAGES

CONRAD KERN ECUBLENS

MAÇONNERIE

DENERIAZ LAUSANNE

FORAGES

GEOCONSULT LA COUDRE

ISR INJECTOBOHR PENTHAZ

CHARPENTE MÉTALLIQUE

RAMELET LAUSANNE

CHARPENTE BOIS

KURTH ORBE

TRAITEMENT DE CHARPENTE

PARAXYL ECHANDENS

PIERRE NATURELLE

SILVIO CAPRARA MANUEL NIETO SUCC.

LAUSANNE

VERRES, VITRAUX

SOFRAVER AVRY-ROSE

DELANOË STUDIO GLAS PALEZIEUX

SERRURERIE

METAL-SYSTEM ÉCHANDENS

CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES

DE REGIBUS VILLARS-SAINTE-CROIX

TIRANTS MÉTALLIQUES

ANCON RIED BEI KERZERS

STAHLTON CHAVANNES-PRÉS-RENENS

TRAVAUX EN FONTE

FONDERIES DE MOUDON GIESLING MOUDON

FERRONNERIE

BRAUEN METAL SYSTEME GENEVEYS-S/COFFRANE

FERBLANTERIE, PARTONNERIE, COUVERTURE

RUGA LAUSANNE

PEINTURE

VARRIN BREMBLENS

CONSERVATION-RESTAURATION (TRAVAUX)

ASSOCIATION GENTILE-JAMES LAUSANNE

ATELIER SAINT-DISMAS LAUSANNE

NETTOYAGE

PIERRE INBACRYO LA SARRAZ

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

AMAUDRUZ LAUSANNE

LUMINAIRES

LUCE'NS CONCEPT MARNAND

GEHR GLAND

DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ

SECURITAS LAUSANNE

CHAPPES FLOTTANTES

LAIK FOREL LAVAUX

CHAUFFAGE DE SOL

FAVRE ET MOR LAUSANNE

ÉBÉNISTERIE

ARTEMOS PULLY

MENUISERIE

JEAN-LOUIS CHRISTINAT LAUSANNE

NETTOYAGES BÂTIMENT

DOSIM LAUSANNE

ASTANET LAUSANNE

PANNEAU DE CHANTIER

METAL-SYSTEM ECHANDENS

IMAGES 3 LAUSANNE