



HAL
open science

Les premiers bétons armés dans l'architecture des églises catholiques en France (1890-1940) : une fusion entre innovation et tradition à l'épreuve de la restauration contemporaine

Sandu Hangan

► To cite this version:

Sandu Hangan. Les premiers bétons armés dans l'architecture des églises catholiques en France (1890-1940) : une fusion entre innovation et tradition à l'épreuve de la restauration contemporaine. Art et histoire de l'art. Université Paris-Est, 2024. Français. NNT : 2024PESC2002 . tel-04552680

HAL Id: tel-04552680

<https://theses.hal.science/tel-04552680>

Submitted on 19 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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

LES PREMIERS BÉTONS ARMÉS DANS L'ARCHITECTURE DES ÉGLISES CATHOLIQUES EN FRANCE (1890-1940) :

UNE FUSION ENTRE INNOVATION ET TRADITION À L'ÉPREUVE DE LA RESTAURATION CONTEMPORAINE

Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est

École doctorale Ville, Transports et Territoires
Champ disciplinaire : Architecture

Thèse préparée dans l'Institut parisien de recherche architecture urbanistiques société - IPRAUS
sous la direction de **Jean-Paul MIDANT**, docteur, HDR, maître de conférences

Thèse soutenue à l'École nationale supérieure d'architecture de Paris-Belleville
le 9 janvier 2024
par

Sandu HANGAN

Composition du jury :

Myriam BOUICHOU, ingénieure de recherches, pôle béton, Laboratoire de recherche des Monuments Historiques,
Champs-sur-Marne, examinatrice

Pierre-Antoine GATIER, architecte en chef des monuments historiques, docteur en architecture, membre de l'Institut,
professeur associé ENSA Paris-Belleville, examinateur

Claudine HOUBART, professeure, docteure, Faculté d'architecture, département Architecture, Art, Archéologie et
Patrimoine, Université de Liège, rapporteure

Cristiana MAZZONI, architecte, docteure, HDR, professeure, ENSA Paris-Belleville, directrice de l'UMR CNRS
AUSser, examinatrice

Jean-Paul MIDANT, historien de l'architecture, docteur, HDR, maître de conférences, ENSA Paris-Belleville,
directeur de thèse

Simon TEXIER, historien de l'architecture, professeur, docteur, HDR, Université de Picardie, Amiens, rapporteur

Table des matières

Avant-propos	7
1. Introduction	9
1.1 Définition du sujet	9
1.1.1 Éléments déterminants	10
1.1.2 Objectifs	12
1.2 Problématique	13
1.2.1 Prise de conscience patrimoniale	13
1.2.2 Fragilités et particularités du patrimoine religieux récent	15
1.3 Méthodologie	26
1.3.1 Entre expérience et intuition	26
1.3.2 Hypothèses et mode de vérification	27
1.4 Les ressources de la présente recherche	29
1.4.1 Un premier corpus établi dans l'entre-deux-guerres	29
1.4.2 État de l'art	34
2. L'essor du béton armé dans l'architecture religieuse française	46
2.1 Les caractères généraux de l'architecture religieuse catholique en France entre 1890 et 1940	46
2.1.1 L'héritage architectural du XIX ^e siècle	47
2.1.2 La question du style	50
2.1.3 L'implantation urbaine	55
2.1.4 Le plan allongé ou basilical et le plan centré	57
2.1.5 Géométrie et spatialité	62
2.1.6 Matérialité	65
2.1.7 Détails propres au béton armé	66
2.1.8 Un élément caractéristique : le clocher en béton armé apparent	67
2.2 Les points de vue des acteurs de l'architecture religieuse	71
2.2.1 Anatole de Baudot, fondateur d'une nouvelle pensée constructive	71
2.2.2 Louis-Charles Boileau, le béton au service de l'éclectisme	80
2.2.3 Julien Guadet, la voix de l'École des Beaux-Arts	85
2.2.4 Paul Noulon-Lespès, le béton spirituel et le plan centré	87
2.2.5 Auguste Perret, la tradition gothique et le béton armé	88
2.2.6 Dom Bellot, la stylisation rationnelle	90
2.2.7 Les Chantiers du Cardinal, l'expression de l'Église catholique	92
2.2.8 Maurice Denis, la voix de l'art sacré	97
2.3 Le contexte européen	99
2.3.1 Points de vue européens sur le béton armé dans l'architecture	99
2.3.2 Exemples étrangers d'églises en béton armé	103
3. Techniques des premiers bétons armés et architectures religieuses novatrices	106
3.1 Procédés courants des premiers bétons armés	106
3.1.1 Généralités : terminologie, systèmes, réglementation	107
3.1.2 Une analyse possible par éléments constructifs	118
3.2 Ciment armé : Cottancin et Anatole de Baudot	126
3.2.1 La conception d'un système original	126

3.2.2	Application du système Cottancin : l'église Saint-Jean-de-Montmartre, Paris, 1897-1904	138
3.3	Béton armé système Hennebique	152
3.3.1	La rivalité avec le système Cottancin.....	153
3.3.2	Églises en béton armé système Hennebique.....	156
3.4	Béton armé moulé ou préfabriqué	161
3.4.1	Édouard Bérard, de la restauration à la préfabrication.....	165
3.4.2	Alfred-Jacques Nasousky et les églises à blocs moulés en béton	172
3.4.3	Charles-Henri Besnard et les églises à éléments constructifs moulés en béton armé	185
3.5	Béton armé à l'âge adulte : Saint-Pierre-de-Chailot, Paris, 1927-1938	208
3.5.1	Le concours et le choix du projet	209
3.5.2	Analyse architecturale de l'église	218
4.	Aperçu typologique, architectural et constructif des églises en béton armé	224
4.1	Églises à plan allongé et coupe basilicale	224
4.1.1	Saint-Jean-Baptiste-de-La-Salle, Paris, 1908-1910.....	225
4.1.2	Saint-Médard, Aizy-Jouy (Aisne), 1920-1933.....	226
4.1.3	Sainte-Thérèse, Montmagny (Val d'Oise), 1926-1927.....	227
4.1.4	Notre-Dame-de-l'Assomption, Wintzenheim (Haut-Rhin), 1926-1927.....	229
4.1.5	Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus, Élisabethville (Yvelines), 1927-1928	230
4.1.6	Saint-Géry, Brie (Somme), 1929-1930	231
4.1.7	Sainte-Agnès, Maisons-Alfort (Val-de-Marne), 1932-1933	233
4.1.8	Saint-Jean Bosco, Paris, 1933-1937	235
4.1.9	Saint-Jacques-le-Majeur, Montrouge (Hauts-de-Seine), 1934-1940	237
4.1.10	Notre-Dame-de-la-Trinité à Blois (Loir-et-Cher), 1935-1949	239
4.2	Églises à plan allongé et travées paraboliques	242
4.2.1	Sainte-Famille de Croix-Luizet, Villeurbanne (Rhône), 1926-1927	242
4.2.2	Saint-Martin, Roisel (Somme), 1928-1930.....	243
4.2.3	Saint-Martin, Martigny-Courpierre (Aisne), 1928-1932	244
4.2.4	Saint-Martin, Monthenault (Aisne), 1932-1933.....	246
4.2.5	Chapelle Saint-Joseph, Lannion (Côtes d'Armor), 1935-1938.....	247
4.2.6	Sainte-Thérèse-de-l'Enfant Jésus, Metz (Moselle), 1935-1954.....	247
4.3	Églises à plan allongé à nef unique ou halle	249
4.3.1	Saint-Jeanne d'Arc, Saint-Éloy-les-Mines (Puy-de-Dôme), 1921-1924.....	249
4.3.2	Notre-Dame-de-la-Consolation, Le Raincy (Seine-Saint-Denis), 1922-1923.....	250
4.3.3	Notre-Dame-de-la-Nativité, Hussigny-Godbrange (Meurthe-et-Moselle), 1922	253
4.3.4	Notre-Dame-des-mineurs, Waziers (Nord), 1923-1927	254
4.3.5	Chapelle Saint-Yves, Saint-Brieuc (Côtes d'Armor), 1924-1928	254
4.3.6	Chapelle de l'institution Sainte-Marie, Cholet (Maine-et-Loire), 1925-1927	255
4.3.7	Église de l'Immaculée Conception, Audincourt (Doubs), 1929-1932.....	256
4.3.8	Chapelle du Petit séminaire du Sacré-Cœur, Voreppe (Isère), 1931-1933.....	257
4.3.9	Saint-André et Sainte-Jeanne-d'Arc de Fétilly, La Rochelle (Charente-Maritime), 1935-1937.....	259
4.4	Églises à plan allongé et coupes	260
4.4.1	Saint-Maurice de Bécon-les-Bruyères, Courbevoie (Hauts-de-Seine), 1907-1910.....	260
4.4.2	Saint-Dominique, Paris, 1913-1921	262
4.4.3	Notre-Dame-de-Bethléem, Clamecy (Nièvre), 1924	263
4.4.4	Saint-Chrysole, Comines (Nord), 1925-1929.....	264
4.4.5	Saint-Jean-Eudes des Sapins, Rouen (Seine-Maritime), 1926-1930	266
4.4.6	Basilique Sainte-Thérèse, Lisieux (Calvados), 1929-1939	267
4.4.7	Saint-Martin, Hénin-Beaumont (Pas-de-Calais), 1929-1932	269

4.4.8	Sainte-Jeanne-de-Chantal, Paris, 1933.....	270
4.4.9	Sacré-Cœur, Gentilly (Val-de-Marne), 1933-1936.....	272
4.4.10	Sacré-Cœur, Cholet (Maine-et-Loire), 1937-1942.....	274
4.5	Églises à plans centrés à croisement d'arcs.....	275
4.5.1	Saint-Louis, Vincennes (Val-de-Marne), 1912-1924.....	275
4.5.2	Sainte-Jeanne d'Arc, Versailles (Yvelines), 1919.....	278
4.5.3	Saint-Julien, Domfront en Poirais (Orne), 1924-1933.....	278
4.5.4	Saint-Martin, Vendhuile (Aisne), 1927-1928.....	280
4.5.5	Saint-Pierre, Lamotte-Warfusée (Somme), 1929-1931.....	280
4.5.6	Saint-Rémi, Limé (Aisne), 1929.....	282
4.5.7	Sainte-Thérèse-de-Lisieux, Montpellier (Hérault), 1932-1934.....	283
4.6	Églises à plan centré en croix grecque.....	284
4.6.1	Saint-Nicaise, Reims (Marne), 1923-1924.....	284
4.6.2	Saint-Augustin-des-Coquetiers, Pavillons-sous-Bois (Seine-Saint-Denis), 1932.....	285
4.6.3	Notre-Dame de la Paix, Ribérac (Dordogne), 1933.....	286
4.6.4	Saint-Joseph, Pau (Pyrénées-Atlantiques), 1935.....	287
4.7	Églises à plan centré massé.....	287
4.7.1	Sainte Jeanne d'Arc, Charleville Mézières (Ardennes), 1929-1931.....	287
4.7.2	Saint-Louis, Marseille (Bouches-du-Rhône), 1935.....	288
4.8	Églises de types composites.....	289
4.8.1	Sainte-Jeanne d'Arc, Nice (Alpes-Maritimes), 1924-1933.....	289
4.8.2	Notre-Dame-des-malades, Vichy (Allier), 1925-1931.....	291
4.8.3	Notre-Dame-Auxiliatrice, Nice (Alpes-Maritimes), 1926-1933.....	292
5.	L'emploi des premiers bétons armés dans les églises existantes.....	294
5.1	Prémices théoriques et pratiques.....	294
5.1.1	Premiers exemples d'emploi du béton armé dans la restauration des églises.....	295
5.1.2	Théories fondatrices sur l'emploi du béton armé dans la restauration.....	299
5.2	La restauration de grandes églises avec les premiers bétons armés, 1919-1940.....	301
5.2.1	La restauration de la cathédrale de Reims.....	302
5.2.2	La restauration de l'église Saint-Remi de Reims.....	304
5.2.3	La restauration de la basilique Saint-Quentin.....	306
5.2.4	La restauration de la cathédrale de Soissons.....	308
5.2.5	La charpente en béton armé de la cathédrale de Noyon.....	309
5.3	Manifestes d'architecture en béton armé dans les églises existantes, 1919-1940.....	311
5.3.1	Saint-Julien, Saint-Vaury (Creuse), 1923-1924.....	311
5.3.2	Saint-Vaast, Moreuil et Saint-Pierre, Roye (Somme), 1923-1933.....	312
5.3.3	Saint-Nicaise, Rouen (Seine-Maritime), 1934-1937.....	315
5.3.4	Sacré-Cœur, Agen (Lot-et-Garonne), 1938-1947.....	315
6.	Restauration contemporaine et entretien.....	316
6.1	Diagnostic et procédés de restauration des bétons armés.....	317
6.1.1	Pathologies.....	317
6.1.2	Evaluation non destructive du béton armé.....	324
6.1.3	Procédés de restauration des bétons anciens.....	327
6.2	La doctrine de restauration des églises en béton armé.....	338
6.2.1	Problèmes spécifiques de préservation.....	338
6.2.2	Éléments de doctrine actuelle.....	340
6.2.3	Les enseignements tirés des chantiers analogues de restauration.....	345

6.3	L'encadrement administratif des travaux	351
6.3.1	Le régime des travaux	351
6.3.2	Les églises en béton armé dans les politiques patrimoniales locales	361
6.3.3	La gestion des risques dans les églises en béton armé.....	362
6.4	Exemples de restauration d'églises en béton armé	365
6.4.1	Une restauration expérimentale. Saint-Jean-de-Montmartre.....	365
6.4.2	Une restauration fondatrice. Notre-Dame-de-la-Consolation, Le Raincy	371
6.4.3	Une restauration en quatre étapes. Sainte-Thérèse, Montmagny	376
6.4.4	Diagnostic global, restauration limitée. Sainte-Agnès, Maisons-Alfort	377
6.4.5	La restauration de Saint-Jacques-le-Majeur, Montrouge.....	378
6.4.6	La restauration de Saint-Chrysole, Comines	380
6.4.7	Études et interventions multiples. Saint-Julien, Domfront en Poiraise	382
6.4.8	Reconstruction à l'identique. Notre-Dame, Rocquigny	383
6.4.9	La restauration des églises en blocs de bétons moulés.....	386
6.4.10	Exemples de problématiques de restauration des églises en béton armé.....	387
7.	Conclusions.....	393
7.1	Bilan global.....	393
7.2	Ouvertures vers de nouveaux sujets de recherche	401
8.	Bibliographie	402
8.1.1	Vocabulaire	402
8.1.2	Généralités et histoire de l'architecture.....	402
8.1.3	Monographies d'architectes	406
8.1.4	Première reconstruction	408
8.1.5	Histoire du béton armé.....	409
8.1.6	Art sacré	419
8.1.7	Histoire religieuse. Séparation des Églises et de l'État	432
8.1.8	Restauration. Doctrines	434
8.1.9	Restauration. Pratiques	439
8.1.10	Techniques de réhabilitation-restauration du béton armé.....	445
8.1.11	Législation, réglementation, circulaires ministérielles.....	447
8.1.12	Revue dépouillée (1890-1940).....	449
8.1.13	Bases de données	450
8.1.14	Archives.....	450
9.	Traductions. Résumés	452
9.1	Conclusions (en).....	452
9.2	Abstract (en)	460
9.3	Zusammenfassung (de).....	460
9.4	Rezumat (ro).....	461
9.5	Résumé (fr).....	462
10.	Index de noms propres.....	463
11.	Annexes	468
11.1	Tableau synoptique du corpus	468
11.2	Planches et cartographie	476

Abréviations

ABF	Architecte des Bâtiments de France
ACC	Archives des Chantiers du Cardinal.
ACMH	Architecte en chef des monuments historiques
ACR	Architecture contemporaine remarquable
AD	Archives départementales
AHDP	Archives historiques du diocèse de Paris
AN	Archives nationales
AUE	Architecte urbaniste de l'État
AVAP	Aire de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine
AVP	Archives de la Ville de Paris
BECH	Bureau des édifices culturels et historiques de la Ville de Paris
BFUHP	Béton fibré à ultra haute performance
CAAC	Centre d'archives d'architecture contemporaine
CAP	Cité de l'architecture et du patrimoine
CAUE	Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement
CGCT	Code général des collectivités territoriales
CGPT	Code général de la propriété des personnes publiques
CMH	Classé au titre des monuments historiques
CMN	Centre des Monuments nationaux
CNAM	Conservatoire national des arts et métiers
CNPA	Commission nationale du patrimoine et de l'architecture
CRMH	Conservation régionale des monuments historiques
CRPA	Commission régionale du patrimoine et de l'architecture
CSTB	Centre scientifique et technique du bâtiment
DOI	Digital object identifier (anglais) - identifiant numérique d'objet.
DRAC	Direction régionale des affaires culturelles
DSA	Diplôme de spécialisation et approfondissement
ENPC	École nationale des ponts et chaussées
ENSA	École nationale supérieure d'architecture
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale
ERP	Établissement recevant du public
ETARE	Établissement répertorié
ICOMOS	Conseil international des monuments et des sites
IFA	Institut français d'architecture
IMH	Inscrit au titre des monuments historiques

INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
IPRAUS	Institut parisien de recherche : architecture, urbanistique, société
LERM	Laboratoire d'études et de recherches sur les matériaux
LRMH	Laboratoire de recherche des monuments historiques
MFP	Monofluoro-phosphate de sodium
MPP	Médiathèque du patrimoine et de la photographie
n.a.	Note de l'auteur
PLU	Plan local d'urbanisme
POP	Plateforme ouverte du patrimoine
PSBC	Plan de sauvegarde des biens culturels
PVAP	Plan de valorisation de l'architecture et du patrimoine
s.d.	Sans date
SCDSA	Sous-commission départementale de sécurité et d'accessibilité
SDIS	Service départemental d'incendie et de secours
SPR	Site patrimonial remarquable
SRA	Service régional de l'archéologie
UDAP	Unité départementale de l'architecture et du patrimoine
UMR	Unité mixte de recherche
URL	Uniform resource locator (anglais) - localisateur uniforme de ressources
ZPPAUP	Zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager

NOTA : Le fichier PDF est interactif : suivi des liens URL, suivi des sections dans la table des matières.
Toutes les adresses URL consultées ont été vérifiées le 10 août 2023.

Avant-propos

À la lecture de cette thèse, la posture de l'auteur peut être interrogée. Il me semble donc nécessaire d'apporter quelques précisions.

J'ai étudié l'architecture en Roumanie et en France, où j'ai suivi à l'ENSA de Paris-Belleville la formation de deux ans « Diplôme de spécialisation et approfondissement (DSA) architecture et patrimoine », terminée par un mémoire sur l'église Saint-Jean de Montmartre sous la direction de Jean-Paul Midant. Dans ce prolongement et en parallèle avec mon activité professionnelle, j'ai commencé le présent travail de recherche.

Recruté dans le corps des architectes urbanistes de l'État en 2017, je suis à présent architecte des Bâtiments de France et conservateur de l'ancien palais impérial allemand à Strasbourg. Situé au contact quotidien des élus, services administratifs, clergé, associations, fondations, bureaux de contrôle, promoteurs et artisans, ce métier m'offre un regard global sur le phénomène patrimonial relatif à une partie du territoire. Mon activité me permet aussi de voir que l'entretien et la restauration du bâti ancien prennent un sens encore plus profond dans le contexte environnemental actuel.

Au travers de la posture de chercheur prise ici, ce double regard d'architecte et de fonctionnaire s'arrêtera sur des champs variés allant du cadre législatif aux détails techniques, de la typologie des plans aux méthodologies de restauration, des défauts d'exécution initiale aux conséquences tangibles du changement climatique.

Ce travail de recherche s'inscrit dans une démarche plus vaste menée à l'IPRAUS et au sein de l'UMR autour du DSA architecture et patrimoine de l'ENSA de Paris-Belleville, visant à créer un pôle de connaissances spécifiques pour les professionnels de la préservation et de la mise en valeur du patrimoine. Mon travail prend place dans la continuité des thèses de Pierre-Antoine Gatier et d'Angèle Denoyelle, auxquelles s'ajoutent les thèses en préparation de Pierre Gommier et d'Elise Ostarena.

Page laissée intentionnellement vide

1. Introduction

Ce chapitre se propose d'expliquer le cadre dans lequel cette thèse se situe et les idées qui l'animent. Il s'agit d'abord d'une présentation de ce qui est rassemblé autour d'une conception centrale nommée « sujet », qui agit comme un aimant virtuel. Le groupement physique et abstrait qui en résulte dispose inévitablement de limites qui doivent être précisées. Pour se mettre en route, cette recherche a besoin d'une énergie qui vient des intentions et des interrogations alimentées par une problématique propre au sujet. Une fois en marche, elle nécessite une méthode de fonctionnement et d'avancement qui se nourrit des ressources de savoir existantes.

1.1 Définition du sujet

Dans l'étymologie des mots « objet » et « sujet » se trouvent une racine commune et une hiérarchie indécise, pour l'un horizontale, pour l'autre verticale. En latin, « objectum » s'applique à ce qui est placé ou jeté devant, alors que « subjectum » à ce qui est placé en dessous¹. Que ce soit en avant et à l'arrière ou en dessus et en dessous, ces deux mots sont posés dans un ordre clair, l'un par rapport à l'autre. La philosophie cartésienne attribue à l'objet une existence indépendante de la connaissance² et Kant estime qu'il peut être donné à l'esprit par l'intuition et qu'il est inévitablement soumis au jugement³. Ce n'est pas le cas pour le sujet, qui désigne une catégorie d'entités auxquelles l'objet s'applique et qui, elles, peuvent être connues par l'expérience. Le sujet du présent travail est construit sur l'étude d'une catégorie d'ouvrages bâtis ayant des traits communs définis en amont.

¹ GAFFIOT Félix. *Dictionnaire latin-français*. Version Komarov. Paris : éd. Gérard Greco, 2016, réédition numérisée, p. 914 et 1269.

² SANG ONG-VAN-CUNG Kim, « Introduction. La question du sujet » In : Kim Sang Ong-Van-Cung éd., *Descartes et la question du sujet*. Paris cedex 14, Presses Universitaires de France, « Débats philosophiques », 1999, pp. 1-10. DOI : 10.3917/puf.org.1999.01.0001. URL : <https://www.cairn.info/descartes-et-la-question-du-sujet--9782130502029-page-1.htm> (Consulté le 10 août 2023).

³ MEYER Michel. Le paradoxe de l'objet chez Kant. In : *Revue internationale de philosophie*, 2018/2 (N° 284), p. 159-175. DOI : 10.3917/rip.284.0159. URL : <https://www.cairn.info/revue-internationale-de-philosophie-2018-2-page-159.htm> (Consulté le 10 août 2023).

1.1.1 Éléments déterminants

La formulation proposée dans le titre de la présente thèse exprime la focalisation sur une catégorie limitée d'entités sélectionnées selon plusieurs points communs : les premiers bétons armés, le programme religieux catholique, le lieu de construction et la période, la restauration en tant que prolongement contemporain (résurrection) des techniques constructives d'origine. La Séparation des Églises et de l'État est riche de conséquences sur l'art et l'architecture sacrés et constitue l'arrière-plan.

Tout comme il existe des familles d'églises en pierre ou en métal⁴, il y a également la famille des églises construites avec les premiers bétons armés, c'est-à-dire ceux utilisés entre la dernière décennie du XIX^e siècle et la Deuxième Guerre mondiale. En cas de mixité de matériaux, nous retenons le matériau déterminant, celui qui assure la stabilité de l'édifice. Les exemples sélectionnés ne forment pas un corpus exhaustif parce que l'objectif est d'acquérir la connaissance par l'expérience synthétique sur des entités représentatives et d'un niveau pertinent de qualité architecturale et patrimoniale. Le sujet propose également un angle d'attaque au niveau du « phénomène béton armé » pour prendre depuis ce terrain-là la hauteur de vue nécessaire sur la fraction de l'histoire de l'architecture concernée, et redescendre sur le champ patrimonial contemporain avec ses problématiques propres. Il s'agit d'une double dimension de recherche, avec un regard posé sur le moment de la création des ouvrages et un autre sur le temps présent où leur restauration, réparation ou entretien sont nécessaires, avec l'ensemble des problématiques historiques, de conception et de doctrine qui se posent.

L'intérêt du sujet est de faire ressortir les démarches innovantes liées au béton armé aussi bien lors de sa mise en œuvre à l'origine que lors des travaux de restauration contemporaine. En effet, le béton armé vit depuis sa naissance sous les auspices de l'invention et ne peut se conserver aujourd'hui que par des méthodes adaptées et donc imprégnées de progrès. Nous allons voir de quelle manière cette technique constructive, entrée dans le monde de la construction par une invention (et non par une découverte fortuite), présente aujourd'hui des défis qui mettent à l'épreuve les doctrines de préservation du patrimoine et les techniques de restauration.

Le mot « restauration⁵ » a plusieurs définitions. La législation française stipule les conditions dans lesquelles la restauration a lieu et qui est compétent pour l'effectuer, mais elle ne la définit pas⁶. Dans certaines instructions internes de l'administration en charge des monuments historiques, la restauration est circonscrite par l'exclusion des travaux qui ne relèvent pas de son champ : l'entretien, la réparation, la modification⁷. Toutefois, ces documents n'ont pas de portée réglementaire et force

⁴ L'église Sainte-Barbe de Crusnes (Meurthe-et-Moselle) est construite entièrement en métal de 1937-1939, y compris les façades. Elle est classée au titre des monuments historiques en 1990. Notice Mérimée PA00106443.

⁵ Cf. l'article « Restauration » dans VIOLLET-LE-DUC Eugène Emmanuel. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle*. Paris : Bance-Morel 1866, tome 8, p. 14 ; CHARTE de Venise. Charte internationale sur la conservation et la restauration des monuments et des sites, IIe Congrès international des architectes et des techniciens des monuments historiques. Venise, 1964 ; BRANDI Cesare. *Théorie de la restauration* (première édition 1977). Paris : École nationale du patrimoine - éditions du Patrimoine, 2001, pp. 30-32 ; Norme européenne EN 15898 : 2019 (F).

⁶ Le mot « restauration » est cité 87 fois dans le CODE du patrimoine. Par exemple : art. L452-1, L. 621-9, L631-1 R452-1.

⁷ MINISTÈRE DE LA CULTURE. Circulaire N° 2009/022 du 1^{er} décembre 2009 relative à la maîtrise d'œuvre des travaux sur les monuments historiques classés et inscrits NOR : MCCB0928988C.

est de constater que la qualification des travaux de restauration, accompagnés de leurs conséquences légales, reste à l'appréciation de l'administration centrale ou déconcentrée du ministère de la Culture, qui peut faire preuve d'une certaine souplesse en fonction des régions, des monuments ou de la vision des agents décisionnaires. Pour les professionnels du patrimoine bâti, le domaine de la conservation⁸ est traditionnellement compris en totalité dans la définition de la restauration⁹. Nous allons utiliser ici un sens large, celui employé par la norme européenne EN 15898, qui définit la restauration comme les « actions entreprises sur un bien en état stable ou stabilisé, dans le but d'en améliorer l'appréciation, la compréhension et/ou l'usage, tout en respectant son intérêt patrimonial et les matériaux et techniques utilisés »¹⁰.

Quant à l'entretien, sa définition oscille entre les objectifs conservatoires et préventifs. Pour l'ICOMOS, l'entretien comme processus est un synonyme de la conservation¹¹, alors que pour le comité européen de normalisation de la conservation des biens culturels il représente une « mise en œuvre périodique d'actions visant à réduire le besoin de recourir à une intervention curative »¹². Si le même comité fait une distinction théorique entre les actions curatives et la restauration, la pratique française les associe. Enfin, la loi accorde une fonction sanitaire et sécuritaire à l'entretien, mais aussi esthétique (sans la nommer) en imposant par exemple le ravalement décennal des façades¹³. Le code civil définit l'entretien comme une réparation qui ne dépasse pas une certaine ampleur¹⁴, alors que le code du patrimoine stipule que l'entretien des monuments historiques n'est pas soumis à autorisation préalable¹⁵.

Connaissant le sujet de la présente recherche, il est possible, à ce stade, de se demander quel est son objet au sens philosophique exposé plus haut. Ce qui existe indépendamment du sujet choisi mais le détermine est le patrimoine qui traverse le temps en se cristallisant et qui se présente à l'esprit soit par intuition, soit par expérience. C'est cet objet que la catégorie d'entités étudiées - le sujet - subsume. La notion de patrimoine désigne « de façon nécessairement vague »¹⁶ les ensembles de biens présentant un intérêt de conservation, de mise en valeur et de transmission.

De manière concrète, à la base du sujet traité se trouvent des analyses « anatomopathologiques » des édifices formant le corpus sélectionné, tels qu'ils ont été bâtis et tels qu'ils se présentent aujourd'hui à nos yeux. Certains ont été restaurés, alors que d'autres nécessitent aujourd'hui ou dans un avenir

⁸ La conservation est définie notamment dans : EN 15 898 : 2019 (F) Terme 3.3.1 ; Document de Nara sur l'authenticité (Japon), 1994 ; CHARTE de Cracovie (Pologne), 2000 ; ICOMOS, déclaration d'engagement éthique des membres, Madrid (Espagne), novembre 2002 ; ICOM-CC New-Delhi (Inde), 2008.

⁹ DGPAT. *Termes relatifs aux interventions sur les monuments historiques. Glossaire*. Paris : Ministère de la culture, Direction générale des patrimoines, 2020, p. 18.

¹⁰ EN 15898 : 2019 (F) Terme 3.3.10 (Restauration).

¹¹ ICOMOS. Déclaration d'engagement éthique des membres. Madrid, novembre 2002 : « On entend par conservation tous les processus d'entretien d'un lieu dans le but d'en conserver l'importance culturelle ».

¹² Commission de normalisation AFNOR-CNCBC « conservation des biens culturels » – comité technique CEN/TC 346. AFNOR/CEN/2009/enquête probatoire.

¹³ CODE de la construction et de l'habitation. Article L126-2.

¹⁴ CODE civil. Article 606.

¹⁵ CODE du patrimoine. Article R621-11.

¹⁶ BABELON Jean-Pierre, CHASTEL. *La notion de patrimoine*. Paris : L. Lévi, 1994, pp. 13-26 et pp. 27-48.

proche des travaux de restauration, si leur entretien reste défaillant. Ces bâtiments âgés d'un siècle en moyenne sont la ressource d'information principale et le point de départ de l'approfondissement documentaire. En parallèle, il est important de connaître les modes de construction en béton de l'époque, notamment les différents « systèmes » pertinents, mais aussi l'encadrement administratif des travaux de restauration et d'entretien nécessaires actuellement.

1.1.2 Objectifs

Ce qui anime le sujet est l'intention de mettre en évidence les témoignages laissés dans le domaine de l'architecture religieuse par un matériau, qui est en même temps une technique en constante évolution pendant de longues années d'apprentissage et d'appropriation, afin de tendre vers l'objet « patrimoine » en réalisant une classification basée sur un processus rationnel. Dans cette optique, la période étudiée comprend un demi-siècle qui illustre le développement progressif en termes de maîtrise de la conception architecturale et de mise en œuvre du béton armé, à partir des incohérences initiales jusqu'à la mise en concordance de la technique et de la forme. Le béton armé naît sans lettres de noblesse dans les bas-fonds des canalisations et demeure pendant longtemps caché dans des ouvrages où il prend les formes les plus anodines. À ces occasions, il démontre ses qualités inégalables et se forge une image à la fois fiable et versatile. C'est une forme de ténacité qui lui vaut de finir par imposer lui-même de nouvelles formes jamais vues auparavant et de dominer de façon écrasante la construction de nos jours, sur un fond de rivalité fraternelle entre l'architecte et l'ingénieur¹⁷.

Si le béton armé permet une liberté spatiale rapidement saisie par les architectes, elle est assez tardivement mise en œuvre à grande échelle, après une longue phase d'exploitation jusqu'à l'assèchement des typologies traditionnelles. Nous verrons qu'avec le plan central et le plan allongé ou basilical se manifestent deux directions de conception produisant, souvent en vase clos, des variantes qui peuvent être classées en familles. Ces familles traduisent physiquement le sujet « assujetti » à l'objet - le patrimoine d'aujourd'hui.

Pourquoi choisir les églises pour mettre en évidence cette évolution du béton armé ? La réponse est d'abord dans l'ancienneté doublement millénaire de ce programme fondé sur une ossature typologique simple (plan allongé ou basilical, plan centré etc.) sur laquelle se greffe un complexe technique et stylistique propre à chaque époque. C'est aussi une architecture à laquelle on réserve, indifféremment à la période historique, les meilleures ressources intellectuelles et matérielles disponibles sur place. De plus, la technique ultramoderne du béton armé appliquée aux églises rend visible, comme un révélateur photographique, la dilution du code sémiotique traditionnel de l'architecture religieuse. À l'instar d'un miroir, la restauration de ces premiers bétons armés pose aujourd'hui des questions dans le domaine de la sémiotique, cette fois patrimoniale.

¹⁷ La « rivalité fraternelle » est la traduction du terme utilisé par SAINT Andrew. *Architect and Enginner. A Study in Sibling Rivalry*. Yale University, 2007, 542 p. Avec la charpente métallique et le béton armé, l'architecte perd la compréhension technique des structures, alors que l'ingénieur perd l'intérêt pour l'esthétique architecturale traditionnelle. Ils ont besoin l'un de l'autre pour faire tenir et embellir leurs constructions. L'un des cas les plus célèbres est la tour Eiffel, enrichie de décors inutiles structurellement.

Voir la manière dont les nouvelles technologies du béton armé ont conditionné les formes, l'espace intérieur et le décor des églises est riche d'enseignements pour appréhender ou développer une vision en matière de restauration. Étudier comment et pourquoi les typologies ou types traditionnels ont été utilisés et transformés dans leur dernière phase de développement, jusqu'au point de devenir caduques à partir de la fin de la Deuxième Guerre mondiale, est aussi utile à la compréhension des problématiques patrimoniales qui occupent les professionnels du domaine aujourd'hui.

1.2 Problématique

En quoi les églises catholiques construites en béton armé entre 1890 et 1940 en France constituent-elles un héritage sociétal et architectural singulier aujourd'hui ? Pourquoi faut-il les entretenir, les réparer et les restaurer ? Une hypothèse de départ est leur haute valeur technique et constructive, due à l'expérimentation téméraire d'un nouveau matériau inconnu dans le but de l'appréhender. Ces églises présentent aussi une valeur architecturale, par leur exemple d'innovation formelle et de rationalisme. Elles ont également une valeur sociale, expression d'une recherche sur le sacré partagée à cette époque par une grande partie de la population, bourgeoise ou ouvrière. Enfin, la plupart de ces lieux de culte sont construits après la Séparation des Églises et de l'État, dans des conditions de financement inédites qui se traduisent dans la composition et dans les choix de projet.

1.2.1 Prise de conscience patrimoniale

Après les crises de mai 1968 et la crise pétrolière des années 1970, beaucoup de questions ont été soulevées sur le patrimoine architectural du XX^e siècle. On a d'abord admis que les implications de l'industrialisation du bâtiment nécessitaient de réévaluer presque complètement les critères de sélection en place, fondés sur la qualité d'utilisation des matériaux traditionnels et du décor. De plus, le recensement de ce nouveau patrimoine ne fait pas l'unanimité parmi les spécialistes, d'où une incertitude intellectuelle qui implique des décisions parfois courageuses. Mis à part l'héritage de l'avant-garde moderniste, sur lequel peu de débats ont eu lieu¹⁸, de nouveaux champs sont ouverts notamment dans le domaine de l'architecture régionaliste. Un aspect à ne pas minimiser à notre époque est l'effort des spécialistes qui se trouvent souvent dans la position délicate de revoir leur propre système de valeurs lorsqu'ils mettent en exergue, par exemple, les qualités des immeubles collectifs des années 1950, après avoir œuvré toute une vie pour valoriser l'architecture traditionnelle.

¹⁸ Certaines voix contestent fortement le modernisme, qu'elles considèrent responsable de l'enlaidissement de l'environnement actuel, par le culte sectaire d'architectes-dieux et de fausses idées selon le modèle des « habits neufs de l'empereur ». Cf. STEVENS CURL James. *Making Dystopia. The Strange Rise and Survival of Architectural Barbarism*. Oxford University Press, 2018, 589 p. ; MILLAIS Malcom. *Exploding the Myths of Modern Architecture*. Frances Lincoln, 2016, 296 p.

Nous proposons de renoncer au critère de la notoriété de l'architecte, puisque l'accès à la presse spécialisée est simplement l'expression d'appartenance à un réseau et non celle d'une valeur architecturale véritable. Les vertus d'ordre artistique ou technique, ainsi que la quantité de la production architecturale sont des critères plus importants. Il est aussi nécessaire de juger sur la qualité du résultat de cette rencontre entre le lieu, la culture et la manière de faire l'architecture. Des individualités locales qui nuancent l'image rigide formée par la règle nationale sont ainsi révélées¹⁹.

Si les églises constituent le type le plus représenté sur les listes des monuments historiques, toutes ne sont pas protégées à ce titre par l'État. Beaucoup de lieux de culte, vieux de plusieurs siècles, ne sont pas classés ou inscrits et les travaux qui les visent sont effectués en fonction de la bienveillance, de la sensibilité et surtout des moyens des maîtres d'ouvrage. Le travail serait titanesque de compter les églises françaises défigurées en partie par des sols en carrelage de cuisine, des portes ou fenêtres en plastique, des enduits plastiques étanches qui empêchent les murs de respirer, des solutions inappropriées d'éclairage, de ventilation ou de chauffage. Malgré ces dénaturations réalisées progressivement par accumulation de petites interventions, ces édifices continuent à illustrer le « Patrimoine » dans la mentalité collective, par leur appartenance typologique et par leur symbolique.

Se pose dès lors la question de la pertinence et puis de la nécessité d'une protection des églises datant de la première moitié du XX^e siècle. Elles représentent un type de patrimoine différent des vieilles pierres qui animent l'imaginaire collectif, mais aussi distinct des formes originales ou autoréférentielles qui caractérisent les dernières décennies.

Depuis peu, les spécialistes s'intéressent aux églises récentes, mais ils se penchent davantage sur celles construites après la Deuxième Guerre mondiale, plus spectaculaires du point de vue volumétrique ou spatial. Cependant, les exemples célèbres de cette période, comme la chapelle de Ronchamp, le couvent de la Tourette ou la chapelle Saint-Pie-X de Lourdes ne sont pas représentatifs de la production architecturale courante, beaucoup plus nuancée en réalité. Le travail d'inventaire indique aussi des différences régionales fondées sur l'histoire locale. Pour le département du Nord-Pas-de-Calais, profondément marqué par deux Reconstructions, la thèse soutenue en 2005 par Céline Frémaux²⁰ retient 183 exemples d'églises construites après 1945 qui témoignent de la multitude de réponses architecturales au même thème. En Île-de-France, où la vision sociale de l'Église catholique et les facteurs démographiques expliquent la quantité importante de constructions religieuses, les recensements sont également récents²¹ et non exhaustifs. De manière globale, les églises bâties en région parisienne dans les premières décennies du XX^e siècle sont assez peu étudiées.

¹⁹ LOYER François. Le patrimoine du XX^e siècle : critères de sélection et protection juridique. In : *Patrimoine architectural du XX^e siècle : stratégies de conservation et mise en valeur*. Actes du Colloque organisé par le Conseil de l'Europe avec le ministère autrichien des Sciences et de la Recherche et le Bundesdenkmalamt à Vienne, 11-13 décembre 1989. Conseil de l'Europe : Patrimoine culturel N° 29, 1994, pp. 37-40.

²⁰ FRÉMAUX Céline. *Construire des églises en France dans la seconde moitié du XX^e siècle. De la commande à la réalisation. Nord-Pas-de-Calais (1945-2000)*. Thèse de doctorat en histoire de l'art. Université de Rennes 2, 2005, 2 vol., 586 p. et 447 p.

²¹ TEXIER Simon (dir.). *Églises parisiennes du XX^e siècle*. Paris : Action artistique de la ville de Paris, 1996 ; LE BAS Antoine, *Des sanctuaires hors les murs. Églises de la proche banlieue parisienne 1801-1965*. Paris : éditions du Patrimoine, 2002 ;

Les édifices qui vont nous intéresser ici sont les témoins d'un temps où l'Église catholique se tournait vers les classes ouvrières et les plus démunis dans un contexte de progression des problèmes sociaux et du désintérêt pour la religion, sur un fond idéologique où les partis de gauche gagnaient du terrain. Dans les quartiers périphériques de Paris et dans sa banlieue, les églises catholiques construites entre 1890 et 1940 sont l'expression d'un élan missionnaire sur un terrain considéré comme « déchristianisé ». Les idéologies politiques qui marquent le XX^e siècle, notamment le communisme après la Révolution russe de 1917, ont un rôle de catalyseur dans cette réaction de prosélytisme religieux, qui développe des méthodes de communication quasi-politiques destinées pour conquérir les catégories sociales exposées à la « propagande rouge ».

Sur le plan technique, ces églises sont l'un des produits les plus qualitatifs d'une époque qui préfigure et commence l'industrialisation du bâtiment à grande échelle. Les matériaux sont innovants et mis en œuvre selon les méthodes les plus soignées par des entreprises dotées d'un savoir-faire artisanal de type traditionnel. Entre le béton apparent dont la surface est traitée comme la pierre et le béton préfabriqué ou moulé, un vaste éventail de possibilités est exploré.

Toutes les églises de cette période ne sont pas construites en béton armé et le choix de cette technique paraît tellement évident aux contemporains que son absence doit parfois être justifiée, comme pour cette église du Mont-Notre-Dame (Aisne) construite « en belle pierre de France en dépit des facilités tentantes qu'aurait pu accorder le béton armé »²².

D'un point de vue stylistique, les églises construites avec les premiers bétons armés illustrent les recherches incessantes des concepteurs pendant cette ère de transformations profondes. Entre la domination du néo-gothique, l'art-nouveau, l'art-déco et le modernisme, ceux qui dessinent des lieux de culte s'expriment librement, en restant fidèles à la tradition de l'Église catholique en termes de symbolique extérieure et d'espace intérieur. Par rapport aux lieux de culte d'après la Deuxième Guerre mondiale, il est frappant de constater la modération de l'innovation formelle traduite par une recherche de raffinement inscrite dans la continuité. Les églises d'Auguste Perret illustrent parfaitement cet aspect, sans être les seules. Des résultats originaux sont obtenus par les fines combinaisons de style et matériaux, comme dans les églises néo-médiévales en béton apparent.

1.2.2 Fragilités et particularités du patrimoine religieux récent

Les édifices étudiés ici représentent un patrimoine fragile à plusieurs égards, résultat de facteurs complexes et de nature différente. D'abord, il s'agit de réalisations techniques innovantes pour leur époque, qui peuvent souffrir des défauts inhérents aux prototypes. Afin de comprendre le béton armé, les architectes font alors des expériences directement sur les chantiers, ce qui donne

FLORY Élisabeth. *Guide des architectures religieuses contemporaines à Paris et en Île-de-France*. Paris : éditions Alternatives, 2009 ; COLL. *Les édifices religieux du XX^e siècle en Île-de-France 75 lieux de culte « patrimoine du XX^e siècle*. Paris : Beaux-Arts éditions, 2013, 160 p.

²² FAVIER Jean. Église de Mont-Notre-Dame (Aisne) par Louis Bourquin architecte DPLG. In : *La Construction moderne*, N° 19, 10 février 1935, p. 445.

inévitablement lieu à des échecs identifiés tôt ou tard. Le long apprentissage du nouveau matériau, jusqu'à sa maîtrise presque complète vers les années 1930, est ainsi lisible dans les désordres actuels. Ces bétons armés contiennent, dès leur naissance, les sources des pathologies endogènes, issues soit de la conception, soit de la mise en œuvre.

Depuis l'achèvement de ces églises, les travaux d'entretien sont rarement effectués de manière régulière, suffisante et respectueuse au sens patrimonial, ce qui ne fait qu'augmenter la nécessité de réaliser des interventions lourdes de remise en état ou de restauration. Dans ce cadre, les éléments qui sont généralement peu ou mal entretenus, voire mal modifiés, sont le clos-couvert et le second-œuvre, notamment les éléments liés au confort - chauffage, éclairage. Il n'est pas impossible que des éléments d'origine soient dénaturés ou aient disparu, mais pour les églises nous constatons une meilleure conservation générale que pour les lieux de travail ou les logements de la même époque.

Les propriétaires disposent rarement aujourd'hui des ressources suffisantes pour assurer des travaux conséquents. Lorsqu'il s'agit de collectivités locales qui détiennent les édifices de culte précédant la Séparation des Églises et de l'État, celles-ci doivent généralement répondre à d'autres urgences ou intervenir de manière limitée. Les associations de loi 1901 sont encore plus démunies face aux montants avancés pour les travaux sur les églises qui leur appartiennent. Dans ce contexte, des subventions sont recherchées auprès des instances supérieures - l'État, la Région, le Département - et des entités dédiées à la sauvegarde du patrimoine - les mécènes, les associations, la Fondation du Patrimoine. Certainement, dans le cas des monuments historiques, les subventions de l'État représentent l'une des conséquences concrètes de la protection à ce titre.

Il est aussi judicieux de reconnaître les fragilités liées au savoir-faire de la maîtrise d'œuvre et des entreprises contemporaines. Les premiers bétons armés ont des particularités qui les situent assez loin du matériau actuel. Ainsi, les architectes ou les ingénieurs qui ne les connaissent pas sont susceptibles de commettre des erreurs, en raison des rapprochements trop rapides avec les bétons armés actuels. Si de manière générale on peut déplorer l'anémie de la formation initiale sur le bâti ancien, l'enseignement dans les écoles d'architecture et d'ingénierie est aujourd'hui calé sur les caractéristiques actuelles de ce matériau qui prêle à confusion parce qu'il n'a pas changé de nom, alors que ses performances ont profondément évolué. Il n'existe que peu d'ouvrages écrits synthétiques sur la restauration de ces bétons qui soient adressés aux architectes, alors que les ingénieurs qui ont accès aux cours spécialisés dans ce domaine sont orientés davantage sur les ouvrages de génie civil. Le LRMH est une exception notable qui confirme la règle, étant conçu pour les bâtiments protégés. Les entreprises ont développé de techniques de réparation du béton armé en intervenant sur des ouvrages routiers. Heureusement, ces techniques font la preuve de leur compatibilité avec les monuments historiques, mais leur application est encore restreinte et d'une efficacité temporaire.

Enfin, un aspect sociétal : la pratique du culte est en diminution. On constate à Paris que les sous-sols des églises sont plus animés que l'espace principal, que ce soit par des activités pour les enfants, catéchisme, réunions, événements solidaires et sport. Ces usages, de plus en plus laïques, occupent les

espaces annexes ou secondaires parce que ces derniers sont plus confortables et plus chauds qu'une nef voûtée de plusieurs mètres de hauteur. Pourtant, toutes les églises ne disposent pas de ce type d'espaces annexes pour répondre aux besoins divers qui existent dans les quartiers d'une ville capitale. Faute de fidèles ou pour chercher un meilleur confort thermique, acoustique et même psychologique, le culte quotidien se réfugie dans des chapelles cloisonnées pour l'occasion dans l'espace principal, sinon dans des espaces modifiés. C'est le cas à Saint-Jean de Montmartre comme à Saint-Pierre-de-Chailot. L'espace principal de l'église est réservé aux grandes fêtes et il n'est pas rare de le voir dédié à des expositions ou concerts laïques. La dynamique changeante des usages représente un enjeu majeur pour la préservation patrimoniale de ces édifices parce qu'un bâtiment sans usage n'est pas entretenu.

Désaffectation

La loi de 1905 utilise le terme « affectation » pour désigner l'attribution d'un bâtiment au culte. Par symétrie, sa suppression est strictement encadrée compte tenu du caractère d'ordre public²³ réservé au culte. Selon l'article 13 de la loi²⁴, la désaffectation des lieux de culte intervient si l'association bénéficiaire est dissoute, si le culte cesse d'être célébré pendant six mois (sauf cas de force majeure), si la conservation de l'édifice est compromise²⁵, ou lorsque l'édifice est détourné de sa destination ou encore si l'association cultuelle cesse de remplir son objet. En plus, la désaffectation peut se produire au motif de non-exécution des réparations courantes ou de non-respect des normes relatives aux monuments historiques, mais aucune mise en application de cette disposition ne nous est connue.

Si la démolition d'une église est précédée d'une désaffectation, le « lieu » où le culte était célébré perd sa signification religieuse. Sans discuter ici les deux raisons principales qui amènent à ce type de décision - la diminution des fidèles pratiquants et le coût de l'entretien du bâtiment - il est certain que cette question se pose de plus en plus en France. Dans le cadre d'une démolition, le terrain est libéré ou occupé par une construction sans fonction religieuse, créant une blessure dans le paysage urbain ou rural, mais surtout dans la communauté qui conserve des liens affectifs ou de mémoire avec l'édifice même en absence de croyance religieuse. Du point de vue légal au moins, la procédure préliminaire de désaffectation est prévue depuis la Séparation.

En pratique, les églises catholiques construites avant 1905 qui sont la propriété des communes ou de l'État peuvent être désaffectées par décret en Conseil d'État, mais aussi depuis 1970 par arrêté préfectoral pris à la demande du conseil municipal, sous réserve de consentement écrit²⁶ du curé, donné avec l'accord de l'évêque ou du diocèse. Cette procédure a été introduite pour simplifier et décentraliser la désaffectation amiable. L'arrêté préfectoral est fondé également sur un avis du directeur régional des affaires culturelles accompagné d'un rapport attestant l'absence d'inscription ou

²³ La loi de 1905 présente des dispositions visant à préserver l'ordre public. DIEU Frédéric. L'ordre public et les religions : ordre public, ordre laïque ? In : *Revue du droit des religions*, N° 9, 2020, pp. 13-40.

²⁴ Modifié la première fois par la LOI du 13 avril 1908 et le plus récemment par l'ORDONNANCE N° 2015-904 du 23 juillet 2015 portant simplification du régime des associations et des fondations.

²⁵ Après mise en demeure par le conseil municipal ou, à son défaut, le préfet.

²⁶ DÉCRET N° 70-220 du 17 mars 1970 portant déconcentration en matière de désaffectation des édifices cultuels.

de classement au titre des monuments historiques, l'état de l'édifice et des objets mobiliers, ainsi que les servitudes d'urbanisme ou les prescriptions touchant l'immeuble. La loi prévoit une possibilité de recours contre l'arrêté préfectoral devant le Conseil d'État, statuant au contentieux. En dehors des cinq motifs évoqués, la désaffectation ne peut intervenir que par une loi. Même si un lieu de culte est utilisé pour d'autres fonctions que celles religieuses, cette situation ne peut pas engendrer une désaffectation « de fait »²⁷.

Les églises construites ou achevées après 1905 et appartenant à des associations peuvent être désaffectées pour les mêmes raisons que celles évoquées ci-dessus. En cas de dissolution de l'association, les biens qui lui ont été dévolus sont attribués par décret en Conseil d'État à des associations analogues dans le même secteur géographique. Ce n'est que rarement le cas, puisque l'affectataire demande généralement la transmission de l'édifice et des meubles vers l'association-mère²⁸ au sein du même territoire. Un décret en Conseil d'État est aussi nécessaire pour les regroupements d'associations culturelles entraînant la dissolution d'associations et le transfert d'édifices de culte.

Démolition et reconstruction

La disparition physique des édifices de culte n'est pas une question récente. Elle se pose depuis toujours. Démolie et reconstruite sur elle-même, agrandie ou modifiée, l'église est surtout un « lieu » qui préserve la fonction religieuse de génération en génération, un endroit précis où la communauté chrétienne se rassemble. En fixant le lieu géographique par une construction, la collectivité marque son existence et l'exprime devant le monde extérieur. Point souvent central de la ville, du quartier ou du village, l'église structure le paysage et commande les perspectives. Elle est une œuvre collective et totale où architecture, sculpture, peinture et musique sont mises en harmonie selon des ambitions partagées. Pour Julien Guadet, au début du XX^e siècle, l'église est une pure expression physique des symboles et n'a pas de fonction utilitaire au sens moderne, d'où sa désuétude²⁹.

Tant que le « lieu » subsiste malgré une métamorphose physique du bâtiment, la question de la démolition n'est problématique que sur le vaste champ patrimonial. Nous pouvons citer de nombreux exemples qui se succèdent à partir du Moyen Âge dans le monde catholique, le plus illustre étant la cathédrale Saint-Pierre de Rome, détruite et reconstruite sur un plan complètement différent. Plus récemment, l'expérience a montré que les églises qui forment le corpus même de cette recherche peuvent être remplacées. C'est le cas de l'église Saint-Pierre d'Alfortville, construite en 1937 dans le cadre des Chantiers du Cardinal par Paul Tournon et remplacée après démolition en 2006 par une église de quartier beaucoup moins présente dans le paysage³⁰.

²⁷ CAA Bordeaux 27 avril 2004, Association Église Saint Eloi, N° 03BX0037.

²⁸ Pour le culte catholique : l'association diocésaine, l'ordre religieux ou la congrégation.

²⁹ GUADET Julien. *Éléments et théorie de l'architecture*, tome 3, sixième édition, Paris : Librairie de la construction moderne Aulanier, 1930, p. 3.

³⁰ Pose de la première pierre de la nouvelle église. In : *Le Parisien*, 8 mars 2008.

Quand la démolition-reconstruction est mise en œuvre, elle s'effectue avec moins de moyens financiers et pour un moins grand nombre de fidèles que l'église initiale, ce qui se traduit par une diminution en termes de volume bâti, de décor et d'affirmation des symboles. C'est le cas d'une église construite en 1913 au Havre-Graville par Alfred Nasousky, selon son procédé innovant de blocs préfabriqués en béton. Conçue en style néo-roman, Notre-Dame-du-Bon-Secours est touchée par un bombardement lors de la Deuxième Guerre mondiale et sa réparation réalisée à la hâte rend l'édifice trop lourd pour le terrain, engendrant un affaissement progressif. En raison du coût trop élevé de la restauration, la paroisse décide en 2010 de démolir l'église³¹ et de la remplacer par un édifice plus modeste. Du point de vue paysager, la nouvelle église en béton apparent blanc et façades presque aveugles s'intègre d'une façon presque anonyme dans l'alignement, car seul le clocher exprime une fonction particulière. Comme la dimension du terrain le permet, l'opération est rentabilisée par la construction simultanée de deux immeubles de logements. Le financement d'une partie des travaux par la promotion immobilière n'est pas un élément nouveau en soi. Il se pratique dès les années 1930 pour certaines églises comme Sainte-Odile à Paris, mais aujourd'hui ce procédé n'est plus limité aux grandes villes à forte pression foncière.



1 Sainte-Cécile du Havre.
Le clocher en blocs préfabriqués
de béton avant 1944.
Carte postale, s.d.

Des destructions arbitraires amènent, parfois, à des modifications radicales de l'aspect de l'église, sédimentées avec le temps jusqu'à l'oubli de l'image initiale. C'est le cas de l'église Sainte-Cécile du Havre, construite en 1910 sur un plan centré par le même Nasousky selon ses méthodes constructives employant des pièces préfabriquées. Elle disposait d'une tour-porche maçonnée surmontée par un grand clocher ouvert sur plan octogonal. Cet ouvrage d'inspiration néo-gothique était constitué de piles composées assez gracieuses en blocs de béton moulés armés. En septembre 1944, le sommet du clocher est fortement endommagé par l'aviation anglaise et la décision est prise de le démolir afin d'éviter son effondrement incontrôlé. Un petit clocheton en bois surmonté d'un toit à quatre pentes est alors installé pour couronner la tour-porche réduite à la moitié de sa hauteur initiale. Seules les amorces des piles de l'ancien clocher laissent soupçonner l'absence d'un élément constitutif majeur de la façade, qui aurait témoigné aussi d'une innovation technique en béton armé.

Certaines dénaturations graves n'empêchent pas la mise en place d'une protection au titre des monuments historiques, qui peut être dictée par l'appartenance à l'œuvre globale d'un architecte. C'est le cas de l'église Sainte-Jeanne-d'Arc d'Eslettes, près de Rouen, achevée par Pierre Chirol³² en 1925. Avec son écriture architecturale régionaliste normande, l'édifice dispose à l'origine d'une façade

³¹ V. L. Retard pour la démolition. In : *Le Havre Presse*, 6 janvier 2011.

³² Pierre Chirol (1881-1953) est l'auteur d'autres églises protégées au titre des monuments historiques : Notre-Dame à Fauville-en-Caux (1913, IMH 2011), Saint-Antoine-de-Padoue au Petit-Quevilly (1913, IMH 2001), Chapelle du collège de Normandie à Mont-Cauvaire (1928, IMH 1975), Saint-Nicaise à Rouen (1937, IMH 1981), Saint-Pierre à Yvetot (1949, IMH 2001).

pignon en briques percée par une grande baie à remplage fin en béton armé. Le plan rectangulaire très simple à chœur polygonal ne laisse que peu soupçonner la présence d'un clocher inscrit dans l'emprise à l'angle nord-ouest, qui domine initialement le volume de la nef³³. Ce dernier est rythmé par des gerbières et animé par des colombages sur un fond en brique jaune. Malgré la disparition du clocher, le remplacement de la baie d'origine par une rosace de diamètre plus réduit et la mise en place d'un enduit ciment à la place du parement en briques, l'église est inscrite en 2001 au titre des monuments historiques³⁴.

Construite en 1928 par Julien Barbier, l'église Notre-Dame-de-l'Espérance à Paris est démolie en 1995 pour faire place à un nouveau lieu de culte réalisé par Bruno Legrand et Jean-Luc Leroy. Considérant l'importance de l'auteur pour la création architecturale religieuse du début du XX^e siècle, cette destruction n'aurait pas été possible une décennie plus tard³⁵.

L'église Saint-Jacques d'Abbeville est démolie en 2013 après l'étude de l'ACMH Vincent Brunelle chiffrant sa restauration à plus de 4.000.000 d'euros³⁶, alors que la destruction est estimée à un prix dix fois moins élevé. Elle appartient à la commune et c'est donc le conseil municipal qui tranche en faveur de sa destruction. Très présente dans la ville, la construction néo-gothique, qui remplaçait elle-même une église du XII^e siècle, laisse aujourd'hui place à un énorme vide urbain, « valorisé » par un banal aménagement de square.

Paul Tournon achève l'église Saint-Pierre d'Alfortville en 1937. Une statue monumentale surmonte le clocher, représentant saint Pierre debout, levant une croix au-dessus de sa tête avec les deux mains. À cause des problèmes de structure apparus au fil du temps, cette œuvre lourde est finalement remplacée par un toit pyramidal. Très tôt, en 1949, Tournon participe aux premiers travaux de réparation de l'étanchéité³⁷. Affectée par de nombreuses fissures, l'église est considérée comme impossible à réhabiliter ; elle est démolie en 2006 et remplacée par un nouvel édifice conçu par l'architecte Michèle Roblot, qui propose sans succès de préserver le clocher³⁸.

Un exemple particulier est celui de l'église Sainte-Rita, construite à Paris en 1900 par Paul Graveraux et Théodore Judin sur un plan néo-gothique assez modeste. Il ne s'agit pas du culte catholique français traditionnel, mais d'une branche dissidente millénariste de l'Église écossaise qui entame son déclin depuis les années 1970. En 1998, l'église est mise à disposition d'une communauté gallicane qui y célèbre des messes extravagantes : bénédiction annuelle des animaux, messe des motards etc. La Commission du Vieux Paris ne considère pas que l'édifice présente un intérêt patrimonial. Le permis

³³ *Encyclopédie de l'architecture. Constructions modernes*. Tome 1. Paris : Albert Morancé, s.d. (1929-1939), pp. 71-72.

³⁴ Référence Mérimée PA76000047.

³⁵ TEXIER Simon. Archives d'architectes et églises du XX^e siècle. In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/4295> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.4295> (Consulté le 10 août 2023).

³⁶ RYKNER Didier. L'église Saint-Jacques d'Abbeville menacée de démolition. In : *La tribune de l'art*, 18 mai 2010. URL : <https://www.latribunedelart.com/l-eglise-saint-jacques-d-abbeville-menacee-de-demolition-2579-2579-2579-2579-2579> (Consulté le 10 août 2023).

³⁷ ACC (Archives des Chantiers du Cardinal), fond Saint-Pierre d'Alfortville. Lettre de Paul Tournon à Monseigneur Paul Touzé. 2 juin 1949, 1 p.

³⁸ ACC, fond Saint-Pierre d'Alfortville. Plans de la nouvelle église Saint-Pierre d'Alfortville.

de démolir est accordé par la Ville à un promoteur immobilier. Commentant cette issue administrative, Françoise Hamon parle d'une situation « symptomatique du mépris du néo-gothique en France »³⁹. Certains fidèles se barricadent à l'intérieur et les forces de l'ordre sont obligées de les évacuer par la contrainte le 3 août 2016, un évènement médiatisé à l'échelle nationale⁴⁰.

Les exemples de démolitions se multiplient et portent aussi sur les églises bâties après 1905, propriété des associations diocésaines et utilisant la technique innovante du béton armé. L'église Sainte-Thérèse de Beaulieu-Mandeure (Doubs), construite en 1936 derrière les usines Peugeot Cycles est démolie en août 2015 au motif que les pierres tombent sur les rares fidèles. Le terrain est censé être occupé par un nouvel « éco-quartier » ou des habitations⁴¹.



2 Notre-Dame-des-Anges.
Xavier Goreau.



3 Sainte-Thérèse, Hirson.
SAS Ferrari.

Non loin, l'église néo-médiévale Notre-Dame-des-Anges de Belfort construite en 1931 selon le procédé breveté par Alfred Nasousky est démolie en 2015, deux ans après l'interdiction d'accès du public pour cause de dégradations sur les parties supérieures. Incapable d'engager des réparations, l'association diocésaine décide de vendre l'église pour un euro symbolique à la Fondation de la Divine Providence de Ribeaupillé, qui possède un groupe scolaire voisin. Les deux entités décident de démolir l'édifice et de répartir son mobilier et les cloches dans d'autres églises du diocèse⁴². Sur le terrain libre, l'école pourra être agrandie. Une cérémonie de désacralisation a lieu en mars 2015. Elle est organisée autour d'une messe et de la procession de transfert de la Bible, de la porte du tabernacle et du crucifix à une salle paroissiale où le culte se déroulera dans l'avenir. À la même occasion, la dépouille d'un chanoine est exhumée de l'église et transférée au cimetière. Quelques mois plus tard, la démolition est réalisée. Elle est très bien documentée en photographies par un amateur anonyme qui publie ses observations sur Internet⁴³. Nous remarquons sur ces images les entrailles du système Nasousky, notamment le ferrailage vertical des piles. Cette « dissection » présente l'avantage cynique de mieux faire connaître le système constructif.

Enfin, nous pouvons citer le cas des clochers en béton armé démolis, comme celui de l'église Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus de Hirson (Aisne), détruit en 2008 en raison de son état jugé dangereux.

³⁹ DE MALLEVOUË Delphine. L'église Sainte-Rita menacée de démolition. In : *Le Figaro*, 28 mai 2012. URL : <https://www.lefigaro.fr/actualite-france/2012/05/28/01016-20120528ARTFIG00511-l-eglise-sainte-rita-menacee-de-demolition.php> (Consulté le 10 août 2023).

⁴⁰ MARGARITELLI Bérengère. À Paris, l'église Sainte-Rita évacuée malgré la résistance de ses fidèles. In : *Le Figaro*, 3 août 2016.

⁴¹ DUGNAC Sophie. Mandeure : l'église Sainte-Thérèse de Beaulieu bientôt rasée. In : *L'Est Républicain*, 17 juillet 2015. URL : <https://www.estrepublicain.fr/edition-belfort-hericourt-montbeliard/2015/07/17/mandeure-l-eglise-sainte-therese-de-beaulieu-bientot-demolie> (Consulté le 10 août 2023).

⁴² RONDOT Christine. Belfort : destruction de l'église Notre-Dame-des-Anges. In : *Vosges matin*, 24 août 2015.

⁴³ FORUM des amateurs de démolitions. Démolition église Notre-Dames-des-Anges à Belfort (90). URL : <http://demolitions.free.fr/viewtopic.php?f=8&t=1320> (Consulté le 10 août 2023).

Construit par le pionnier du béton armé Aimé Bonna, ce campanile sur plan carré disposait de façades aveugles longées de lésènes et d'un couronnement en pyramide pointue constituée d'une charpente en béton armé. La démolition est effectuée à l'aide d'explosifs posés au niveau des cloches.

Réutilisation et usages hybrides

La question de la réutilisation se pose comme solution intermédiaire entre reconstruction et destruction. Elle est pourtant sensible, peut-être encore plus sensible qu'une disparition définitive du « lieu » de culte. L'édifice reste en place et sa mémoire n'est effacée qu'à moitié, par l'abolition de la signification sacrée au profit d'un usage laïque. C'est un sujet différent du emploi de bâtiments ordinaires parce qu'il touche à une culture historique où l'église est à la fois lieu sacré, liant social et signal physique de la communauté. On peut parler aussi d'une valeur de « monument historique » dont l'église est investie par défaut, qu'elle soit officialisée ou non par une protection juridique. Si la réalité montre la désertification des églises, résultat du désintérêt croissant pour la religion depuis plusieurs décennies, les attitudes devant leur « recyclage » restent assez réservées même chez les non pratiquants. Si la foi n'existe ou ne se manifeste plus sous les formes traditionnelles, la culture occidentale reste nettement enracinée dans le respect du sacré et de ses expressions. Toucher à la dimension sacrée d'une église est perçu comme une attaque à ses fondements⁴⁴.

Il existe une voie alternative, celle de l'utilisation mixte ou partagée d'un édifice religieux, mais elle nécessite une interprétation souple de la loi de 1905. En effet, cette dernière oblige à avoir un usage d'ordre public exclusivement cultuel au bénéfice d'un seul affectataire⁴⁵, or la réalité actuelle montre que des activités culturelles, artistiques ou sociales sans caractère religieux peuvent s'y organiser. Ces pratiques sont fondées sur un accord exprès, sinon tacite, entre l'association affectataire, d'une part et la commune propriétaire ou les paroissiens, d'autre part, dans l'intérêt mutuel du maintien en vie l'édifice. En effet, la jurisprudence a admis implicitement ces usages en statuant sur la nécessité d'un accord entre le ministre du culte et le maire⁴⁶. D'autre part, il existe des dispositions légales permettant à la commune propriétaire de faire payer l'entrée à ces activités au titre des droits de visite, en partageant les bénéfices avec l'affectataire⁴⁷. Malgré ces évolutions, une contestation juridique malicieuse pourrait arguer en ce sens que seule la désaffectation prévue par la loi de 1905 permet d'accueillir d'autres activités que celles religieuses. Elle représenterait un vrai défi pour le juge administratif, obligé de choisir entre un texte très strict et un compromis qui arrange tout le monde.

Désacralisée à la fin des années 1990 et incluse dans la liste des sites miniers du Nord-Pas-de-Calais depuis 2012, l'église Sainte-Marguerite de Sains-en-Gohelle est aujourd'hui un espace culturel. Cet

⁴⁴ Jack Lang parle d'une nouvelle vocation à trouver pour les églises désertées, pour préserver l'identité des lieux qu'elles structurent : LANG Jack. *Ouvrons les yeux*. Paris : HC éditions, 2014, 40 p.

⁴⁵ Naturellement, c'est inapplicable en Alsace-Moselle, où des églises simultanées sont historiquement présentes.

⁴⁶ PRÉLOT Pierre-Henri. Usage patrimonial et désaffectation des édifices cultuels. *Société, droit et religion*, N° 1, 2011, pp. 45-61. DOI : 10.3917/sdr.001.0045. URL : <https://www.cairn.info/revue-societe-droit-et-religion-2011-1-page-45.htm>

⁴⁷ CODE général de la propriété des personnes publiques. Article L. 2124-31.

édifice en structure mixte de Louis Cordonnier et Gustave Poubel⁴⁸ a la particularité de disposer sur la façade principale d'une grande baie à claustras en béton armé inspirée d'Auguste Perret. Sans être protégée, l'ancienne église est toutefois restaurée respectueusement en 2014.

Exemple remarquable de dialogue architectural entre une nef en béton armé des années 1930 et un chœur médiéval, l'église Saint-Nicaise de Rouen est transformée en brasserie. Après son inscription au titre des monuments historiques en 1981, son état sanitaire se dégrade rapidement et en 1992 l'accès y est interdit. Désacralisée en 2015, elle est occupée par un squat de cinquante personnes⁴⁹. Dans la foulée, un projet est élaboré pour sa reconversion⁵⁰. Cinq ans plus tard, l'édifice est classé en totalité au titre des monuments historiques, à la fois pour ses parties anciennes et pour la qualité d'insertion de la nef dessinée par Chirol et Gaillard⁵¹. Si la brasserie Ragnar ouvre une partie des lieux au public à partir de 2022, les travaux de restauration sont programmés à partir de 2024. Il s'élève à hauteur de 8.000.000 d'euros et se divisent en trois lots : béton armé, vitraux et pierre de taille⁵². L'état de conservation actuel présente toutes les problématiques propres aux bétons armés des années 1930 : éclat des surfaces avec mise à nu des armatures et chute de morceaux, infiltrations d'eau, dépôts de salissures et colonisations biologiques.

Transformée en centre musical classique, l'église Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus de Hirson (Aisne), elle, illustre une réutilisation adaptée par son nouveau programme. C'est l'ingénieur pionnier Aimé Bonna qui projette et construit à ses frais cet édifice, voulu comme un don à sa ville natale. De type basilical, l'église bâtie de 1929 à 1931 présente une nef à chevet plat couverte d'une voûte en berceau à caissettes et deux collatéraux à plafonds. La structure porteuse est composée d'une ossature en béton armé remplie de parpaings enduits, alors que les travées de la nef disposent de colonnes rondes géminées. Des éléments de décor inspirés du XVII^e siècle se distinguent dans les volutes, modillons, réseaux et rosaces en plâtre polychrome. La nef n'est pas éclairée naturellement, malgré sa coupe basilicale, car les murs gouttereaux sont percés de fenêtres aveugles à lamelles en béton. Après le dynamitage de son campanile, l'église est désacralisée et vendue en 2012 par l'évêché de Soissons au pianiste américain Kit Armstrong⁵³. Ce dernier crée dans ces lieux une société musicale qui accueille des artistes pour y vivre et travailler, et organise des concerts et autres événements culturels⁵⁴.

Un exemple de réutilisation moins réussie est celui de Sainte-Jeanne d'Arc de Gennevilliers, élevée entre 1931-1933 dans le quartier Moulin de Cage⁵⁵ par les Chantiers du Cardinal, qui anticipent alors

⁴⁸ Gustave Poubel. *Architecte diplômé par le gouvernement à Roubaix*. Strasbourg : EDARI, s.d. (années 1930), p. 10.

⁴⁹ ARMAND Élodie. Des militants de Nuit Debout squattent une église, à Rouen. In : *Actu.fr*, 9 mai 2016. URL : https://actu.fr/normandie/rouen_76540/des-militants-de-nuit-debout-squattent-une-eglise-a-rouen_693269.html (Consulté le 10 août 2023).

⁵⁰ Rouen. Restaurants, brasseries, hôtel : de nouveaux lieux de vie. In : *Tendance Ouest*, 10 décembre 2019. URL : <https://www.tendanceouest.com/actualite-344199-rouen-restaurants-brasseries-hotel-de-nouveaux-lieux-de-vie.html> (Consulté le 10 août 2023).

⁵¹ Référence Mérimée PA00100822.

⁵² DURAND Frédéric. À Rouen, un avant-goût de « la plus grande église-brasserie du monde ». In : *Le Parisien*, 16 mai 2023.

⁵³ BORDIER Julien. Bienvenue à l'autel. In : *L'Express*, 21-27 mai 2014, pp. 108-111.

⁵⁴ Société Musicale Sainte-Thérèse. URL : <http://www.kitarmstrong.com/smstfr.html> (Consulté le 10 août 2023).

⁵⁵ Nos chantiers d'églises et autres - en banlieue. In : *Le Christ dans la banlieue*. N° 3, 1932, p. 13 ; N° 7, 1933, p. 18; Adresse exacte : 42 Rue Louis Roche, Gennevilliers (Hauts-de-Seine).

un futur quartier d'habitation. Avec un plan allongé et une coupe basilicale, l'église est dessinée par Marcel Favier, qui met en œuvre une structure en béton armé avec un revêtement extérieur en briques. Les façades présentent des accents expressionnistes⁵⁶ assez originaux dans l'architecture religieuse de l'époque⁵⁷. En brique apparente, la façade est dominée par une imposante niche en arc parabolique (chaînette) abritant le portail rectangulaire surmonté d'une grande statue de sainte Jeanne d'Arc. Le tympan décoré par une brique à appareil décoratif constitue un fond qui met en valeur la sculpture. Deux ouvertures en arc droit à encorbellement se trouvent à la partie supérieure de la façade, qui reçoit avec tous ces dispositifs une monumentalité expressive malgré ses modestes dimensions. L'intérieur est caractérisé par la sobriété. Le vaisseau central et les collatéraux sont couverts par des plafonds au lieu de voûtes, tandis que des colonnes rondes robustes soutiennent les murs gouttereaux sur les trois larges travées de la nef. Au-dessus de chaque travée, des groupes de cinq baies verticales avec des claustras en béton armé assurent l'éclairage direct de la nef par des vitres dorées.

L'édifice ne trouve pas son utilité en raison d'une urbanisation plus industrielle que résidentielle. Au début des années 1970, le lieu de culte est désaffecté et vendu. Un faux plafond est posé dans la nef pour aménager un restaurant. Le propriétaire actuel, le même depuis la première vente, envisage de céder l'édifice de 1547 m² en vue d'une reconversion en logements étudiants ou bureaux. Pourtant, à cause de l'emplacement dans une zone industrielle, le projet est jugé irréaliste par les chargés d'urbanisme de la mairie, qui invoquent les dispositions restrictives du Plan local d'urbanisme et une possible Zone d'aménagement concertée⁵⁸. Cette dernière pourrait intégrer l'ancien lieu de culte, mais la démolition est l'une des premières options envisagées. En 2019, après un dernier événement musical qui a lieu dans l'ancienne église, le restaurant est fermé définitivement⁵⁹.

Enjeux de restauration

Prenons l'exemple de la Ville de Paris, propriétaire de 96 édifices religieux dont la majorité date des XIX^e et XX^e siècles. Selon Françoise Hamon, leur état sanitaire globalement dégradé est lié d'une part au renouvellement continu de la population qui limite l'attachement à ce patrimoine, d'autre part au nombre important d'églises construites au XIX^e siècle qui n'ont jamais été restaurées⁶⁰.

Le bureau des édifices culturels et historiques (BECH) de la direction des affaires culturelles de la municipalité est chargé de l'entretien de ces bâtiments, de leur sécurité incendie et de leur mise aux

⁵⁶ Deux images de l'église achevée sont publiées dans VAGO Pierre. Op. Cit., p. 47.

⁵⁷ ROULIN Dom Eugène. *Nos églises - liturgie, architecture moderne et contemporaine, mobilier, peinture et sculpture*. Paris : Liethillieux, 1938, pp. 255-256.

⁵⁸ MOULIN Louis. À vendre : église transformée en pizzeria à Gennevilliers. In : *Le Parisien*, 17 juillet 2016. URL : <http://www.leparisien.fr/hauts-de-seine-92/gennevilliers-92230/a-vendre-eglise-transformee-en-pizzeria-a-gennevilliers-17-07-2016-5974453.php> (Consulté le 10 août 2023).

⁵⁹ FAUQUET Mahout. Une incroyable soirée Hip-Hop et techno se prépare dans une église désaffectée. In : *Paris Secret*, 12 avril 2019. URL : <https://parissecret.com/une-incroyable-soiree-hip-hop-et-techno-se-prepare-dans-une-eglise-desaffectee/> (Consulté le 10 août 2023).

⁶⁰ HAMON Françoise. Les Parisiens et leurs églises : je t'aime, moi non plus. In : *La Pierre d'angle*, N° 65, décembre 2014, pp. 40-41.

normes. En raison des baux emphytéotiques qui arrivent à terme, la Ville deviendra, au cours des prochaines années, propriétaire d'églises construites dans les années 1930 sur des terrains communaux, par exemple Sainte-Odile, Saint-Antoine-de-Padoue, Sainte-Marie-Médiatrice⁶¹. Le BECH agit à la fois comme service gestionnaire de patrimoine et service d'ingénierie publique. Il contribue à mettre en valeur les édifices sur le plan documentaire et celui de la communication entre les acteurs impliqués. Il programme les travaux et gère la chaîne opérationnelle en tant que maître d'ouvrage et conducteur d'opérations. Le service compte plusieurs branches : technique, juridique, administrative, budgétaire et comptable.

Les édifices culturels parisiens de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècles ont des particularités architecturales qui présentent de véritables défis d'entretien et de restauration. À part les charpentes métalliques invisibles depuis l'intérieur, les couvertures en cuivre datant de cette période devront être remplacées dans les prochaines décennies car elles arrivent en fin de vie. Dans la construction, la recherche d'économie et les expérimentations sont parfois une source de désordres qui demandent des réponses sur mesure. L'étanchéité des voûtes en béton et les systèmes de gestion des eaux pluviales présentent des techniques non-traditionnelles qui imposent des études solides afin d'établir un cahier de charges en cas de restauration. Les couvertures prévues en béton apparent ont démontré l'erreur de conception qu'elles représentent (Saint-Jean de Montmartre, Saint-Esprit). La fragilité des voûtes construites en matériaux de faible épaisseur rend délicate l'intervention sur les couvertures ou les voûtes elles-mêmes, du point de vue du surpoids ou de la complexité de pose des échafaudages. Des lanternons comme ceux de Saint-Jean de Montmartre sont accessibles par nacelle depuis l'intérieur et par des escaliers extérieurs sur les couvertures, mais des travaux lourds poseraient des problèmes logistiques. Sur le plan de la sécurité et de l'accessibilité, la présence de deux niveaux (église haute-église basse) entraîne des non-conformités difficiles à résoudre, dans un contexte où les sous-sols sont plus utilisés que l'espace principal. C'est le cas de Saint-Jean de Montmartre, Saint-Pierre-de-Chaillot, Saint-Christophe-de-Javel etc.

Dans les églises construites entièrement ou partiellement en béton armé, les problèmes posés par ce matériau sont multiples. Le système Cottancin, avec une forte concentration de ciment, a une composition particulière et nécessite une méthode adaptée de restauration, alors que les bétons des années 1920-1930 ont un contenu faible de ciment ou une composition initiale qui contribue à leur dégradation, par exemple par la présence de chlorures. L'enrobage des armatures peut être insuffisant. Le béton n'est pas systématiquement vibré ou des phénomènes de ségrégation peuvent être constatés. Enfin, la carbonatation naturelle⁶² ouvre la voie à la corrosion du ferrailage qui augmente alors en volume et fait éclater la matière. Des solutions locales sont mises en œuvre afin de supprimer les dangers pour la sécurité du public, mais une purge locale ne fait que retarder le développement des désordres. Aussi, la reconstitution des bétons pose des questions sur la limite des purges, sur la

⁶¹ DUVIGNACQ Joël, FOUQUERAY Laurence, Le patrimoine des édifices municipaux parisiens affectés au culte, en : INP (Institut National du Patrimoine), *Le patrimoine religieux des XIX^e et XX^e siècles : principes d'inventaire, protection, restauration*. Paris : La bibliothèque numérique de l'INP, N° 13, septembre 2008, p. 49.

⁶² Phénomène de réaction entre le CO₂ pénétré dans le béton et la solution interstitielle de la pâte de ciment créant un acide.

reconstitution de la formule initiale qui peut être moins sûre qu'une formule nouvelle, sur la reproduction de l'aspect ou la lisibilité du pansement. Sur une pièce moulée à pied d'œuvre comme à Saint-Christophe-de-Javel, se pose la question de la reprise partielle ou de la reconstitution complète. Seule une restauration globale des bétons peut répondre de manière satisfaisante aux enjeux multiples de conservation, de sécurité et de mise en valeur. Or, elle est rarement possible en raison des contraintes financières.

1.3 Méthodologie

« L'acte de conserver commence par le tri. »⁶³

Nous allons isoler un corpus limité dans le temps et l'espace, sans nous limiter aux exemples d'avant-garde qui sont peu nombreux et peu représentatifs de la production architecturale de la période allant de 1890 à 1940. Ce patrimoine peut, en effet, être redécouvert sans les œillères de la valeur stylistique. Il est possible de déterminer des vertus constructives et un classement typologique menant à des comparaisons qui font ressortir les valeurs d'ordre architectural.

1.3.1 Entre expérience et intuition

« Voir, c'est savoir ; savoir, c'est prévoir. »⁶⁴

Il convient de reconnaître la valeur patrimoniale de ces églises, mais aussi d'anticiper leur mode de transmission aux générations futures. Entre entretien, réparation et restauration, les limites sont souvent difficiles à tracer. L'analyse de terrain montre que l'entretien n'est pas une pratique enracinée dans les réflexes des propriétaires, ce qui conduit à des travaux de restauration lourde. Or, faute de moyens, la restauration n'est jamais globale, et les travaux concernent soit une façade, soit le chœur ou les couvertures, rarement l'édifice dans sa totalité.

L'analyse effectuée dans ces pages s'attache à l'architecture, pas au décor, qui dans les églises catholiques est d'une grande importance. Nous allons nous focaliser sur le respect des formes architecturales originelles, sur la préservation de la logique des systèmes constructifs et des espaces, du maintien du clos-couvert. Enfin, les églises dont le programme est changé dans le cadre d'une restauration ne sont pas étudiées, car il s'agit d'une autre problématique, celle de la transformation.

⁶³ MONFORT Marie. Sens et unité de l'espace culturel. Conférence. *Valeurs et complexité des édifices culturels. Convertir pour préserver ?* Journée d'études. Paris : Cité de l'architecture et du patrimoine, 2 avril 2019.

⁶⁴ DUMAS Alexandre fils. *Une lettre sur les choses du jour*. Paris : Michel Lévy frères, 1871, p. 1.

Notre expérience de terrain nous permet de pressentir les faiblesses de l'entretien et de la restauration contemporaine du point de vue de la transition écologique et du confort. Le système de chauffage, souvent posé après la crise pétrolière, dénature les façades ou l'intérieur par les acrobaties nécessaires à placer la chaudière, le conduit de fumée, les tuyaux et les appareils de chauffage. Quand il n'est pas absent ou qu'il n'éblouit pas le visiteur, l'éclairage artificiel déforme l'espace au lieu de le mettre en valeur. De plus, ces deux systèmes sont généralement peu économiques en énergie. Changer une ampoule située à 5 m de hauteur nécessite de gros moyens. Quant à la sécurité incendie, à l'accessibilité, à l'accompagnement de la visite, peu de réponses sont apportées par l'entretien et la restauration. C'est dans ces domaines qu'une marge d'amélioration et d'innovation existe dans le projet contemporain. Nous allons développer les suites possibles en conclusion, à la lumière des faits exposés.

1.3.2 Hypothèses et mode de vérification

À partir du constat que le matériau (et la méthode constructive) béton armé autorise certaines innovations techniques et spatiales dans l'architecture en général, on émet l'hypothèse que les églises doivent être un des premiers bénéficiaires de ces progrès, compte tenu de l'attention qui leur est accordée depuis toujours dans la conception et la réalisation en tant qu'édifices représentatifs et chargés de symboles. Une deuxième hypothèse issue de la première est que ces réalisations présentent aujourd'hui un intérêt patrimonial sur le plan des techniques constructives innovantes, mais également sur le plan architectural en général. Ces hypothèses sont testées à travers une recherche sur trois grands axes : l'évolution de la prise de conscience patrimoniale du béton armé traduite en travaux de restauration sur monuments religieux, l'évolution du béton armé lui-même et enfin l'évolution de la conception architecturale des églises catholiques pendant la période traitée. Si plusieurs pistes sont considérées dès le départ, les résultats, en revanche, ne peuvent pas être anticipés.

Nous allons étudier ce qui fait patrimoine dans les églises construites en béton armé de la période choisie (1890-1940), à partir du constat que depuis environ trente ans le nombre de monuments historiques parmi ces édifices augmente, tout comme les chantiers qui visent à les restaurer. Il s'agit naturellement de travaux sensibles, réalisés selon une logique de mise en valeur de l'édifice dans le respect de sa substance ancienne. Ces travaux suscitent des interrogations sur la doctrine appliquée, notamment en termes de respect de l'authenticité, par exemple dans le cas d'ouvrages en béton armé trop dégradés pour qu'ils puissent être conservés. Des techniques innovantes et très spécialisées sont utilisées sur ces chantiers, ce qui mène à étudier le besoin qui les a créées. Afin de voir comment on restaure les bétons anciens dans les églises, il faut remonter le temps jusqu'aux chantiers d'origine, aux projets initiaux et aux conceptions architecturales qui s'y expriment. Ce qui constitue le patrimoine dans ces édifices ne peut être expliqué qu'avec cette vision globale.

Il y a une contradiction entre la théorie existante et l'expérience qui catalyse la présente recherche. La plupart des églises présentées ici ne bénéficient pas de la considération unanime des historiens de l'art,

qui avant la fin du XX^e siècle regardent la création architecturale avec les yeux de l'avant-garde. Jugés selon les principes de cette dernière, la plupart des édifices religieux de l'époque traitée passent pour des exemples hétéroclites où l'usage des techniques de pointe est compromis par le choix de formes dites révolues. Ce n'est pas le cas pour les églises d'après 1945, dont les formes originales exprimant l'individualisme architectural attirent l'attention des critiques professionnels, même si quelques voix de l'Église restent parfois perplexes devant les projets⁶⁵. L'attitude qui décrète la valeur architecturale en fonction des canons d'un courant restreint (le modernisme) est actuellement dépassée et laisse derrière elle un terrain peu exploré. Certes, l'État met en place des labels et protections au titre des monuments historiques qui représentent une reconnaissance publique, mais la recherche scientifique sur ces édifices est encore insuffisamment développée.

Afin de comprendre et décrire un édifice, mais aussi pour le situer dans un cadre plus large et effectuer des comparaisons utiles, l'observation directe est irremplaçable. Elle sert dans le présent travail comme ossature de l'analyse architecturale et historique, sur laquelle viennent se greffer toutes les autres informations indirectes qui complètent la recherche scientifique. Porter un regard critique sur ce qui a été réellement construit, tout comme sur le vieillissement des matériaux et les dénaturations issues des travaux ultérieurs, ne relève pas de l'empirisme. Il s'agit d'une méthode couramment utilisée par l'architecte dans son métier, qui consiste à porter un jugement d'expert sur l'existant afin d'en dégager ses valeurs et nourrir éventuellement la conception d'un projet de travaux. Cette démarche quasiment expérimentale comporte une phase de questionnement, une phase de recherche de réponses et une phase de validation de ces dernières. Il est nécessaire de passer du domaine réel (le bâtiment existant) au domaine théorique (l'histoire, le programme, le contexte, les contraintes, les idées des concepteurs) afin de développer une dimension d'expérimentation par des rapprochements analogiques (réalisations similaires). L'analogie est applicable à la fois aux travaux d'origine et à la restauration actuelle.

Ce travail a ses origines dans une étude sur la première église en ciment armé, Saint-Jean de Montmartre⁶⁶. En approfondissant la recherche, on découvre que l'architecte de celle-ci est entouré de disciples qui bâtissent d'autres églises notables en béton armé pendant la période étudiée. Son ingénieur-constructeur est aussi un inventeur qui rivalise avec tant d'autres confrères dont les œuvres sont importantes dans le domaine du ciment armé ou du béton armé. Ces deux acteurs s'impliquent dans un débat intellectuel sur la nouvelle méthode constructive qui entraîne de nombreux architectes. Les prolongements de cette seule église illustrent ainsi les deux voies de recherche exprimées au début, technique constructive et conception de l'espace religieux.

Pour trouver les bâtiments pertinents à partir de ce point de départ, nous avons effectué un dépouillement systématique des revues spécialisées de 1890 à 1940, mais aussi des archives comme

⁶⁵ Nous pouvons donner comme exemple les critiques parfois impitoyables de Jean Capellades : CAPELLADES Jean. *Guide des églises nouvelles en France*. Paris : Cerf, 244 p.

⁶⁶ HANGAN Sandu. *Anatole de Baudot- Saint-Jean de Montmartre*. Mémoire de fin d'études. Diplôme de spécialisation et d'approfondissement « Architecture et patrimoine ». École Nationale supérieure d'architecture de Paris Belleville, 2013.

celles des Chantiers du Cardinal, du diocèse de Paris ou des différents maîtres d'œuvre. Des exemples ont été identifiés en inventoriant la création de certains architectes ou artistes spécialisés dans l'architecture religieuse ou, par exemple, actifs pendant la Reconstruction dans le Nord. Nous avons examiné la liste des églises protégées au titre des monuments historiques, qui représente une sélection qualitative. Les divers ouvrages à caractère patrimonial de portée régionale ont été également consultés, de même que les catalogues d'expositions temporaires. Nous avons visité la plupart des églises sélectionnées et utilisé le dessin comme outil de compréhension et d'analyse de l'architecture. Certaines de ces images ont été utilisées dans les pages qui suivent pour compléter les propos écrits.

Afin d'illustrer les problématiques de préservation, réutilisation ou démolition, nous avons analysé les dossiers d'études et travaux disponibles dans les DRAC, ainsi que les publications spécialisées. La presse nationale et régionale nous a permis un contact à chaud avec l'actualité des églises en béton armé, mais ces informations ont été corroborées par d'autres sources pour être vérifiées. De nombreuses ressources sont consultables sur internet, ce qui facilite la recherche sans altérer son caractère académique. Nous avons interrogé également les architectes, les conservateurs et le clergé et avons assisté aux conférences ou colloques au sujet de l'architecture religieuse. Dans certains cas, comme à Saint-Jean-de-Montmartre, nous avons été associés à une première phase du diagnostic en vue de la restauration.

1.4 Les ressources de la présente recherche

Cette section présente l'état de l'art en deux parties. D'abord, certaines églises en béton armé se font remarquer dans quelques publications de synthèse des années 1920-1930, ce qui crée un corpus reconnu déjà à l'époque pour ses qualités. Il semble utile de présenter ces textes afin de comprendre les valeurs architecturales qu'ils reconnaissent précocement. Dans la deuxième partie, nous présentons de manière classique les sources documentaires qui traitent du sujet étudié.

1.4.1 Un premier corpus établi dans l'entre-deux-guerres

Publier une anthologie d'édifices remarquables récents n'est pas une pratique contemporaine car Androuet du Cerceau ouvre cette voie au XVI^e siècle⁶⁷. Pour traiter des églises construites à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècles, il existe quelques ouvrages publiés entre les deux guerres mondiales qui font la synthèse de cette création architecturale quasi-simultanée. Leur intérêt est multiple, allant de la documentation historique d'un état d'origine à l'illustration d'une reconnaissance de valeur artistique et architecturale qui généralement résiste au test du temps en passant par la mise en lumière du fort engagement des auteurs. En effet, chacun donne son avis sur la voie à suivre dans l'art sacré.

⁶⁷ ANDROUET DU CERCEAU Jacques. *Premier [et Second] volume des plus excellents bastiments de France*. Paris, 1576-1579.

À travers la présentation de trois recueils, nous verrons que le béton armé dans l'architecture des églises est accepté et promu comme le matériau adapté à entériner la rupture attendue avec le passé⁶⁸.

Le premier tour d'horizon sous la plume d'Henri-Marcel Magne, 1922

Architecte et artiste, Henri-Marcel Magne écrit d'une manière critique sur l'évolution de l'architecture pendant les deux premières décennies du XX^e siècle⁶⁹. L'analyse porte strictement sur la France et aucune référence internationale n'y est présente. Pour l'auteur, l'architecture française a suivi pendant cette période un développement anormal, avec deux tiers de progrès sensible et une césure brutale causée par la Première Guerre mondiale. Magne considère qu'à ce moment l'architecture « a cessé d'exister » puisque, même après le rétablissement de la paix, les nombreuses crises et pénuries font que le secteur du bâtiment ne peut pas profiter des leçons de la construction industrielle pratiquée pour les besoins militaires.

Sur le terrain théorique, Magne retrace les courants en architecture depuis la fin du XIX^e siècle et parle de l'opposition stérile entre les écoles gothiques et classiques dont certains architectes contredisent le discours, comme Baltard, « qui reste un des créateurs les plus intéressants de ce temps, tandis que son cours de théorie de l'architecture rééditait des sottises connues »⁷⁰. Labrouste et Viollet-le-Duc sont passés du côté des modernes, l'auteur estimant que l'influence la plus fertile est celle du dernier et réside dans la propagation d'une décoration qui « tienne à l'édifice, comme la peau tient au corps ». Chaque type de structure doit recevoir une décoration qui lui corresponde naturellement et l'innovation industrielle doit être transposée dans la création architecturale. C'est la clé de la pensée de Magne, qui justifie ses opinions sur le béton armé. Parmi les architectes qu'il apprécie en tant qu'applicateurs de ces principes, il nomme Vaudremer, de Baudot, Genuys et Lucien Magne, son père.

Henri-Marcel Magne accorde une large place dans son propos à l'innovation technique et au processus d'industrialisation, montrant les transformations dans la métallurgie, dans l'industrie du bois et de la terre cuite, et dans l'apparition du béton armé. Lambot, Coignet, Hennebique et Cottancin sont reconnus comme les auteurs de premières recherches, estimées trop timides pour convaincre les architectes sur la sécurité et l'esthétique. Pour Magne, le béton armé n'a rien de révolutionnaire, car il applique des méthodes scientifiques modernes à un principe très ancien utilisé par les Romains, Byzantins et Perses. C'est une vision assez originale, car l'auteur appuie son raisonnement sur ce qu'il considère comme des antécédents, par exemple les arcs de brique qui jouent le même rôle que l'armature d'acier.

⁶⁸ La thèse en allemand de F. Pfammatter propose un corpus international valide, mais elle est publiée uniquement après la guerre, en 1948 : PFAMMATTER Ferdinand. *Betonkirchen*. Zürich/Köln : Benziger Verlag Einsiedeln, 1948, 143 p. Publication de la thèse soutenue la même année à ETH Zürich.

⁶⁹ MAGNE Henri-Marcel. *L'Architecture*. Paris : F. Rieder et compagnie, 1922, 130 p.

⁷⁰ Idem, p. 11.

Admettant les possibilités formelles infinies, Magne fait la différence entre le béton et le ciment armés. Il mentionne en particulier l'apport personnel d'Anatole de Baudot au ciment armé, mais en minimisant le conflit entre les deux méthodes. Même les incohérences des architectes pionniers qui copient avec le nouveau mode constructif les formes du passé sont traitées avec indulgence, l'essentiel étant le mouvement général vers une union entre décor, forme et structure, entre art et science qui relie l'actualité aux grandes époques de l'histoire de la construction (byzantine, persane).

Parmi les nombreux exemples à l'appui de son argumentaire, Magne évoque les réalisations des frères Perret, le central téléphonique rue Bergère par François Lecœur, l'immeuble d'Henri Deneux rue Belliard, la maison préfabriquée démontable de Charles-Henri Besnard etc. Dans le cadre de notre recherche sur les églises en béton armé, l'exemple le plus pertinent livré par cet architecte-artiste intéressé à l'art sacré est l'église Saint-Maurice de Bécon-les-Bruyères, œuvre de Julien Barbier. Construite entre 1907-1911 sur une structure en béton armé dissimulée derrière une façade asymétrique en moellons à appareil polygonal et un traitement intérieur en pierre de taille factice, cette église de banlieue prend une place importante dans l'évolution de l'architecture religieuse en France. Pourtant, Magne ne fait pas état de l'utilisation novatrice du béton armé, en se limitant à illustrer l'exemple avec une photographie et une description de la façade⁷¹.

Des recueils pédagogiques pour les ecclésiastiques par Abel Fabre, 1927-1928

Prêtre assumptionniste et critique d'art à *La Croix*, Abel Fabre (1872-1929) complète en 1927 ses *Pages d'art chrétien* publiées avant la guerre avec les églises en béton armé récentes⁷². Une année plus tard, il publie un manuel d'art chrétien⁷³. Les deux ouvrages sont destinés à l'enseignement théologique et comportent une histoire globale de l'art et de l'architecture religieuse, notamment catholiques. De ces vastes traités nous ne retenons que les pages qui intéressent notre sujet. Si l'église de Julien Barbier à Bécon-lès-Bruyères est simplement considérée comme pittoresque, celle d'Anatole de Baudot à Montmartre est amplement présentée pour illustrer la maturité et les avantages de la construction en ciment armé. Fabre recense la critique de l'architecte pour l'emploi du ciment armé avec une « logique agressive [qui] réduit toutes ses formes à leur expression géométrique, se refusant à les engraisser pour les orner »⁷⁴, mais le défend en considérant que le style viendra plus tard, comme une conséquence d'une construction d'abord logique. Toutefois, l'apparition d'un style moderne, fondé pour l'auteur sur la compréhension profonde des traditions gothiques, est retardée par l'individualisme des architectes.

L'église du Vésinet est citée pour son exemple d'incompréhension des relations entre matériau et style, tout comme l'église des Minimes construite par Glaize à Reithel (Ardennes)⁷⁵. Pour Fabre, le

⁷¹ Idem, pp. 37-38 et pl. I.

⁷² FABRE Abel. *Pages d'art chrétien*. Paris : Bonne presse, 1927, 634 p.

⁷³ FABRE Abel. *Manuel d'art chrétien. Histoire générale de l'art chrétien depuis les origines jusqu'à nos jours*. Paris : Librairie Bloud et Gay, 1928, 445 p.

⁷⁴ FABRE Abel. *Pages d'art chrétien*. Op. Cit., p. 269.

⁷⁵ FONCLAUZE. Église des Minimes à Reithel. In : *La Construction moderne*, N° 31, 2 mai 1926, pp. 364-370.

monolithisme du béton armé doit développer un art de la charpenterie à grandes portées, comme l'illustre l'église Saint-Louis de Vincennes ou Saint-Dominique de Paris. Notre-Dame du Raincy est un exemple franc et radical de rationalité et d'économie qui montre que le béton armé est le matériau de l'avenir. En revanche, l'église Saint-Léon de Paris est critiquée pour son manque de sincérité et le compromis coûteux consistant à utiliser une ossature en béton armé revêtue de briques. Enfin, Saint-Christophe-de-Javel ferme cette liste qui, pour l'auteur, montre les hésitations des architectes entre nudité et camouflage du béton. De nombreuses considérations sur la perception du nouveau matériau par le public complètent le jugement de Fabre⁷⁶.

Un point d'étape par Albert Munier, 1933

Le chanoine Munier est l'auteur d'un ouvrage général sur la construction et la décoration des églises pendant toutes les époques de l'histoire⁷⁷ et d'une étude parue en 1933 sur le projet de lieu de culte contemporain⁷⁸. Cette dernière se propose de synthétiser la plupart des exemples réalisés au cours des trois premières décennies du XX^e siècle selon des schémas parallèles, liés à la matérialité et à la fonctionnalité. La classification selon les matériaux employés est la plus intéressante, car elle met en évidence la forte présence du béton armé. Ainsi, les lieux de culte se divisent en plusieurs catégories, selon Munier :

- Pastiches, rénovation des styles traditionnels ;
- Adaptations de certains éléments traditionnels ;
- Emploi exclusif du béton armé et du ciment armé ;
- Structure en béton armé avec remplissage et revêtements divers ;
- Emploi franc de matériaux divers.

Dans le cadre des exemples retenus, en grande partie français, mais aussi belges ou hollandais, nous ignorons la catégorie des pastiches, qui n'est pas liée à la présente étude puisqu'elle s'arrête sur des réalisations de la fin du XIX^e siècle. En revanche, dans toutes les autres catégories on retrouve des exemples pertinents qui démontrent que certaines églises en béton armé sont remarquées dès le début des années 1930 pour leurs qualités architecturales. De plus, la grande majorité de ces églises se trouvent à Paris et dans sa banlieue, illustrant l'avance que la capitale possède sur la modernisation de l'art sacré. Il faut noter que Munier ne cite aucun exemple suisse ou allemand, omettant notamment Karl Moser et son église Saint-Antoine de Bâle.

Pour Munier, l'église Saint-Louis de Vincennes de Droz et Marrast se range dans la deuxième catégorie de son inventaire, en illustrant une transition entre le passé et le présent, par l'emploi de matériaux anciens et modernes fondés sur une inspiration byzantine et romane traitée librement. Pourtant, il insiste à plusieurs reprises sur l'emploi du béton armé, notamment pour les grands arcs

⁷⁶ Pour lui, le public doit être éduqué pour comprendre l'architecture en béton armé, qui est fondée sur le monolithisme et non sur le morcellement typique de la maçonnerie en pierre de taille traditionnelle.

⁷⁷ MUNIER Albert. *Construction- Décoration- Ameublement des églises*. 3 tomes. Paris : Desclée de Brouwer et compagnie, 1925-1926.

⁷⁸ MUNIER Albert. *Un projet d'église au XX^e siècle*, Paris : Desclée de Brouwer et compagnie, 1933, 328 p.

intersectés en angle droit et les claustras. Cette église est considérée comme l'un des premiers exemples de lieu de culte utilisant les possibilités constructives du béton armé alliant modernité et recherche de simplicité de l'église primitive.

De manière surprenante, l'église Saint-Jean-de-Montmartre est classée en premier lieu dans la deuxième catégorie, « emploi exclusif du béton et du ciment armés », ignorant la présence de la brique. Notre-Dame du Raincy est illustrée ensuite comme le prototype des églises modernes réalisées entièrement en béton armé, suivie par Sainte-Thérèse de Montmagny, où Munier regrette l'emploi exclusif du béton à cause de son aspect fruste. Il estime pourtant que « cette exagération de simplicité, due à un désir d'économie, pourrait être corrigée le jour où l'on pourrait et voudrait en faire la dépense ». Le troisième exemple est l'église Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus à Élisabethville, construite par Paul Tournon, suivie par Sainte-Jeanne-d'Arc de Nice par Jacques Droz et Saint-Christophe-de-Javel par Charles-Henri Besnard. Des six exemples de cette catégorie, cinq sont construits à Paris et en banlieue, un quasi-monopole de l'avant-garde du béton armé apparent.

Dans les autres catégories établies par Munier, la présence des églises parisiennes et franciliennes diminue, mais on retrouve des exemples à ossature en béton armé avec des remplissages en pierre et brique, comme Saint-Dominique (Georges Gaudibert) et Saint-Léon (Émile Brunet), ainsi que le clocher mixte béton armé-brique apparents de l'église de Villemomble (Paul Tournon).

Un état des lieux critique avant la Deuxième Guerre mondiale par Dom Eugène Roulin, 1938

Répondant à la commande de ses supérieurs, le moine bénédictin Eugène Roulin (1860-1939) rédige un traité exhaustif sur l'art sacré catholique⁷⁹ paru en français en 1938. Son succès est confirmé par la traduction anglaise publiée quelques années plus tard⁸⁰. Cet ouvrage exprime la vision de l'Église catholique favorable à un art sacré moderne issu des traditions, des significations et des conventions collectives, et opposé à l'individualisme démonstratif. De sa plume acide, l'auteur explique et critique l'ensemble des besoins en termes de programme et illustre abondamment ses propos par des réalisations récentes. Pour écrire son ouvrage, Dom Roulin visite des centaines d'églises européennes et discute avec de nombreux acteurs du domaine, comme Édouard Arnaud.

Selon une vision pédagogique, l'auteur adopte un plan en plusieurs sections hiérarchisées, à commencer par la relation entre la maîtrise d'ouvrage et l'architecte, suivie des notions de composition et de construction, puis l'édifice extérieur, l'espace intérieur, le sanctuaire, le mobilier, l'art plastique. Dom Roulin n'est pas partisan du plan allongé ou centré, parce qu'il propose une adaptation aux besoins sans exclure l'innovation attachée aux traditions. Les illustrations véhiculent systématiquement des jugements de valeur architecturale, mais ne laissent pas circonscrire une vision précise de l'auteur en faveur de l'avant-garde. Conscient que les formes et matériaux du passé sont

⁷⁹ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., 897 p.

⁸⁰ ROULIN, Dom Eugène. *Modern Church Architecture*, traduction de Cornelia Gaigie, John A. Southwell. Saint-Louis (USA) : B. Herder, 1947.

révolus, dans les églises contemporaines il apprécie surtout le caractère élégant, solennel, les justes proportions, l'ambiance religieuse. Faisant la critique de Le Corbusier, il se demande si l'église ne serait pas une « machine à prier ».

Si la création d'Anatole de Baudot est absente, l'église Saint-Maurice de Bécon-lès-Bruyères est remarquée pour son originalité qui rompt avec le néo-roman, tandis que son architecte Julien Barbier est salué pour le courage de ses convictions. Saint-Louis de Vincennes est « une église qui fait époque » avec sa solution constructive en arcs croisés dégageant un plan centré⁸¹. Notre-Dame du Raincy est retenue pour avoir posé le principe franc d'une église entièrement en béton coulé, mais son clocher est critiqué pour son aspect d'œuvre de charpenterie⁸². Les piliers de Saint-Christophe-de-Javel sont comparés à ceux de Saint-Augustin, considérant qu'ils représentent une avancée grâce au béton armé. Sainte-Jeanne d'Arc de Nice est appréciée pour son caractère unique et savant, avec un intérieur d'une délicatesse « tout à fait religieuse »⁸³. Saint-Chrysole de Comines, dessinée par Dom Bellot, est notée pour l'ingéniosité de la solution du dôme polygonal, mais critiquée pour le caractère exotique et frivole de l'extérieur. Un jugement mitigé est appliqué aussi à l'église d'Audincourt, construite par le même moine-architecte, où les lignes droites des arcs sont mises en avant pour leur qualités de composition, en dépit des voûtes à plans cassés qui « produisent mauvais effet »⁸⁴. L'église de Paul Tournon à Élisabethville est comparée à la Sainte-Chapelle et placée dans la continuité des traditions catholiques. L'auteur couvre d'éloges le même architecte pour la « force sans lourdeur »⁸⁵ de l'église du Saint-Esprit de Paris. En revanche, Dom Roulin critique l'influence luthérienne dans l'architecture catholique, et ainsi l'église épurée Sankt-Fronleichnam d'Aix-la-Chapelle, construite par Rudolf Schwartz en 1930, « ressemble à un entrepôt de marchandises »⁸⁶ et son intérieur invite les croyants à partir. Même jugement pour Saint-Antoine de Bâle, où il ne trouve aucun caractère religieux dans ce style « usine »⁸⁷.

1.4.2 État de l'art

L'état de l'art est à la croisée de l'histoire du béton armé mis en œuvre avant la Deuxième Guerre mondiale, y compris les textes ayant comme objet son entretien et sa restauration, et de l'histoire de l'architecture religieuse et plus particulièrement la conception spatiale des églises de l'époque traitée. Cet aspect hybride se retrouve dans les sources bibliographiques qui illustrent des aspects tant liés aux techniques constructives que propres à l'histoire traditionnelle de l'architecture et de l'art. La présentation des ressources bibliographiques s'intéresse d'abord à l'histoire du béton armé en général, pour citer ensuite les ouvrages existants au sujet de son emploi dans la construction des églises et enfin les textes au sujet de la restauration des premiers bétons et des églises en ce matériau.

⁸¹ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., fig. 122.

⁸² Idem, p. 145

⁸³ Idem, fig. 296.

⁸⁴ Idem, fig. 302.

⁸⁵ Idem, fig. 319.

⁸⁶ Idem, fig. 48.

⁸⁷ Idem, fig. 59.

Sur l'histoire du béton armé

Afin de comprendre la théorie et la pratique du béton armé ancien, les manuels et traités d'époque sont incontournables: les cours de Charles Rabut⁸⁸ et d'Édouard Arnaud⁸⁹, le traité de Berger et Guillaume ou ceux de Paul Christophe⁹⁰ ou Georges Espitallier⁹¹. Il est intéressant de noter que dans leurs parties respectivement dédiées à l'histoire du béton armé, l'ensemble de ces auteurs s'accordent sur le rôle de pionniers de François Coignet, Monier, Wayss-Freytag ou Hennebique. Certains périodiques techniques de l'époque, comme *Le Ciment*, sont le terrain de l'actualité et de toutes les polémiques, d'autres comme *Le Béton armé* se réservent un rôle de publicité. L'ouvrage de 1927 écrit par Paul Jamot sur Auguste Perret est davantage un plaidoyer pour l'architecture en béton armé qu'un catalogue de projets⁹². Pendant l'occupation allemande, on dispose d'articles où le béton armé est prôné comme une invention purement française au service du génie créateur national⁹³.

En 1928, Siegfried Giedion écrit *Construire en France, construire en fer, construire en béton*⁹⁴, suivi en 1940 d'*Espace et architecture*⁹⁵, ouvrages dans lesquels il met en évidence le rôle de la nouvelle technique qui, pour lui, est fondée par Hennebique. Sans s'attarder sur le sujet, à part citer Monier et Hennebique, Pierre Francastel reproche en 1959 à Giedion, Lewis Mumford et Bruno Zevi dans *Art et technique aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècles*⁹⁶ de ne pas mesurer l'importance de l'invention du béton armé pour l'évolution de l'architecture au XIX^e siècle. Peter Collins, architecte enseignant l'histoire et la théorie de l'architecture à l'Université McGill de Montréal, publie, la même année, un premier ouvrage de synthèse consacré au béton armé architectonique, le célèbre *Concrete*⁹⁷. Afin de démontrer que l'architecture d'Auguste Perret est l'aboutissement d'une longue évolution culturelle, tout en dépassant largement les limites d'une monographie classique, Collins effectue une enquête sur les origines théoriques et pratiques du béton armé. Il émet l'idée peu diffusée jusqu'alors d'un lien de parenté entre la construction en pierre armée, le pisé lyonnais et le classicisme structurel en béton armé de Perret.

L'architecture des premiers bétons armés fait l'objet de peu de monographies avant la deuxième moitié des années 1990, mis à part les numéros thématiques de certaines revues. Ainsi, en 1955, la revue *Techniques et Architecture* dédie un numéro au béton armé, en rappelant assez brièvement son histoire pour traiter plus largement les problématiques de sa mise en œuvre contemporaine⁹⁸. En

⁸⁸ RABUT Charles. *Cours de construction en béton armé* (manuscrit). ENPC02-COV-4-23805-1910.

⁸⁹ ARNAUD Édouard. *Cours d'architecture et de construction civiles. Tome 1*. Paris : Imprimerie des arts et manufactures, 1925, 554 p.

⁹⁰ CHRISTOPHE Paul. *Le béton armé et ses applications*. Paris-Liège : Charles Béranger, 1902, 755 p.

⁹¹ ESPITALLIER Georges. *Le béton armé. Systèmes généraux et calculs des ouvrages en béton armé*. Paris : École spéciale de travaux publics, 1906, 210 p.

⁹² JAMOT Paul. *À. G. Perret et l'architecture du béton armé*. Paris et Bruxelles : G. Vanoest, 1927, 99 p. et 48 planches.

⁹³ ROUX-SPITZ Michel. L'influence du béton armé sur l'architecture, 1901-1935. In : *L'Architecture française*, N° 30, avril 1943, pp. 14-21.

⁹⁴ GIEDION Siegfried. *Construire en France, construire en fer, construire en béton*. Paris : éd. de la Villette, 2000, réédition de 1928, 127 p.

⁹⁵ GIEDION Siegfried. *Espace, temps, architecture*. Zurich : Denoël, 1940, 529 p.

⁹⁶ FRANCASTEL Pierre. *Art et technique aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècles*. Paris : Denoël, 1979, réédition de 1956, 295 p.

⁹⁷ COLLINS Peter. *Concrete : The Vision of a New Architecture*. Faber and Faber, 1959, 307 p. ; COLLINS Peter. *Splendeur du béton*, traduction de Pierre Lebrun. Paris : Hazan, 1995, 576 p.

⁹⁸ Béton armé 1. *Techniques et Architecture*, N° 4, 1955.

1965, un numéro des *Monuments historiques de France* est dédié à Anatole de Baudot⁹⁹, sous la direction de Françoise Bercé, occasion pour rappeler sa contribution au développement du ciment armé. Jean-Baptiste Ache accorde plusieurs pages à Anatole de Baudot, Auguste Perret et aux premiers bétons armés dans son ouvrage sur l'histoire de la construction¹⁰⁰ paru en 1970. Un autre exemple est *Constructions en béton*¹⁰¹ par Paul Gerhard Wieschemann et Konrad Gatz, publié en traduction française la même année, suivant l'original paru à Munich deux ans plus tôt. Ce livre propose une chronologie très détaillée du développement du béton armé avant de s'intéresser aux constructions contemporaines de facture brutaliste. Henry Russel Hitchcock écrit très peu sur le béton en lien avec Perret dans son ouvrage de 1981 *Architecture. Dix-neuvième et vingtième siècles*¹⁰². En 1986 Michel Ragon dédie un chapitre au développement du béton armé dans *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme moderne. Idéologies et pionniers, 1800-1910*¹⁰³, mais la chronologie ignore beaucoup d'éléments et les termes « ciment armé » et « béton armé » sont utilisés sans distinction. En 1992, la revue italienne *Rassegna* dédie à l'histoire du béton armé un numéro spécial¹⁰⁴, qui regroupe des articles bien documentés sous le titre « Idéologies et formes d'Hennebique à Hilberseimer ».

En 1994, Cyrille Simonnet soutient sa thèse intitulée *Matériaux et architecture. Le béton armé : origine, invention, esthétique*¹⁰⁵ qui marque une carrière dédiée à la recherche sur ce matériau du point de vue de l'architecte historien. La même année, Gwénaél Delhumeau soutient sa thèse *Hennebique et la construction en béton armé, 1892-1914 : des brevets aux matériaux*¹⁰⁶ qui est publiée en 1999¹⁰⁷ et apporte une contribution fondamentale sur l'activité de François Hennebique et de son bureau d'études, mais aussi sur d'autres inventeurs comme Cottancin. Bernard Marrey et Franck Hammoutène écrivent *Le béton à Paris*¹⁰⁸, publié en 1999 dans la suite d'ouvrages thématiques du Pavillon de l'Arsenal sur les divers matériaux de l'architecture parisienne. Joseph Monier fait l'objet d'une monographie concise¹⁰⁹ écrite par un collectif d'auteurs en 2001, utile pour comprendre les racines assez insolites du béton armé. Simonnet revient en 2005 avec *Le Béton, histoire d'un matériau. Économie, technique, architecture*¹¹⁰, un ouvrage richement illustré qui gravite autour des contributions françaises, mais qui offre une vision attentivement proportionnée entre ingénierie et architecture selon la formule initiée par Collins. L'intérêt des auteurs comme Franz Graf¹¹¹ pour l'évolution des techniques constructives modernes et leur sauvegarde permet de suivre les transformations du béton armé dans le contexte global de

⁹⁹ Anatole de Baudot. Numéro spécial. In : *Les Monuments historiques de France*, Vol. XI, fascicule 3, juillet-septembre 1965.

¹⁰⁰ ACHE Jean-Baptiste. *Éléments d'une histoire de l'art de bâtir*. Paris : Éditions du Moniteur des travaux publics, 577 p. ; pp. 340-343 et 381-387.

¹⁰¹ WIESCHEMANN Paul Gerhard, GATZ Konrad. *Constructions en béton*. Paris : Eyrolles, 1970, 224 p.

¹⁰² HITCHCOCK Henry Russell. *Architecture. Dix-neuvième et vingtième siècles*. Bruxelles : Mardaga, 1981, 710 p.

¹⁰³ RAGON Michel. *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme. Idéologies et pionniers, 1800-1910*. Tours : Casterman, 1991, 374 p.

¹⁰⁴ Reinforced Concrete : Ideologies and Forms from Hennebique to Hilberseimer. In : *Rassegna*, N° 49/1, mars 1992, 88 p.

¹⁰⁵ SIMONNET Cyrille. *Matériaux et architecture. Le béton armé : origine, invention, esthétique*. Thèse de doctorat en histoire de l'art (sous la dir. de DAMISCH Hubert). École des hautes études en sciences sociales Paris, 1994.

¹⁰⁶ DELHUMEAU Gwénaél. *Hennebique et la construction en béton armé, 1892-1914 : des brevets aux matériaux*. Thèse de doctorat en art et archéologie (sous la dir. de FOUICART Bruno). Université Paris 4, 1994.

¹⁰⁷ DELHUMEAU Gwénaél. *L'invention du béton armé Hennebique 1890-1914*. Paris : IFA, éd. Norma, 1999, 345 p.

¹⁰⁸ MARREY Bernard, HAMMOUTÈNE Franck. *Le béton à Paris*. Paris : éd. du Pavillon de l'Arsenal, Picard, 1999, 221 p.

¹⁰⁹ BOSCH J.-L., CHAUVÉAU J.-M., CLEMENT J., DEGENNE J., MARREY, B., PAULIN M. *Joseph Monier et la naissance du béton armé*. Paris : Linteau, 2001, 180 p.

¹¹⁰ SIMONNET Cyrille. *Le Béton, histoire d'un matériau. Économie, technique, architecture*. Paris : Parenthèses, 2005, 220 p.

¹¹¹ GRAF Franz. *Histoire matérielle du bâti contemporain et projet de sauvegarde*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2014, 480 p.

l'époque. Dans cette optique de préservation, appliquée cette fois à un territoire précis, Delhumeau réalise en 2005 une étude sur les édifices en béton armé du département de la Seine-Saint-Denis¹¹². Des contributions en anglais comme celles de Reyner Banham¹¹³ et Sara Wermiel¹¹⁴ sur les États-Unis, ainsi que l'ouvrage dirigé par John Sutherland¹¹⁵ dédié surtout à la Grande Bretagne, complètent le tableau d'études sur les débuts du béton armé dans les différents pays. Un autre ouvrage en anglais, écrit par Andrew Saint¹¹⁶, présente l'histoire mondiale du béton armé du point de vue de la dualité architecte-ingénieur, en réservant une large place aux contributions françaises.

Une thèse comme celle de Jörg Rehm¹¹⁷ sur la construction en béton armé à Munich avant 1918 présente l'intérêt d'une approche à la fois technique et patrimoniale qui partage avec le sujet traité ici des éléments de méthodologie et de synthèse historique et technique. Au Canada, Thomas Schenk s'intéresse à l'expression que les architectes donnent au béton armé en France avant la Première Guerre mondiale à partir d'une étude des techniques et systèmes concurrents¹¹⁸. Le professeur anglais Adrian Forty, du Bartlett University College de Londres, publie en 2012 une histoire matérielle du béton¹¹⁹ qui interroge les aspects culturels qu'il engendre et fournit des réflexions sur les rapports entre béton et politique, photographie, cinéma ou littérature. Parmi ceux qui se penchent sur une lecture culturelle a posteriori du matériau béton - c'est-à-dire là où il est mis en œuvre sans recherche de qualités esthétiques¹²⁰ - Paul Virilio a un rôle de pionnier avec *Bunker Archéologie*¹²¹, paru en 1975. En 2014, l'exposition *Auguste Perret-huit chefs d'œuvre?* au Palais d'Iéna présente des moules métalliques ayant servi pour fabriquer les claustras de l'église Notre-Dame du Raincy, de même que la barque en ciment armé de Lambot¹²².

Sur les églises en béton armé

Afin de comprendre les dernières phases de l'activité d'Anatole de Baudot, acteur majeur du sujet traité, il est important d'étudier ses écrits traduisant sa pensée constructive¹²³. Henri-Marcel Magne publie en 1922 l'une des premières mises en perspective de l'état de l'architecture au début du XX^e

¹¹² DELHUMEAU Gwenaél (pour la société Ipsofakto). *Etude d'histoire des techniques Seine-Saint-Denis. Patrimoine béton*. Commandée par le Conseil général de Seine-Saint-Denis. Paris : publication de l'auteur/Ipsofakto, 2005, 260 p.

¹¹³ BANHAM Reyner. *À Concrete Atlantis. U.S. Industrial Building and European Modern Architecture*. MIT Press, 1986, 274 p.

¹¹⁴ WERMIEL Sara E. *California Concrete, 1876-1906 : Jackson, Percy, and the Beginnings of Reinforced Concrete Construction in the United States*. Proceedings of the Third International Congress on Construction History, Cottbus, May 2009, 8 p.

¹¹⁵ SUTHERLAND John (dir.). *Historic Concrete. Background to appraisal*. Londres : Thomas Telford Publishing, 2001, 437 p.

¹¹⁶ SAINT Andrew. Op. Cit., chapitre 3, pp. 207-279.

¹¹⁷ REHM Jörg. *Eisenbeton im Hochbau bis 1918. Dokumentation und Analyse im Raum München*. Thèse de doctorat en architecture. Université technique de Munich, Allemagne. Munich : TUM University press, 2019, 529 p.

¹¹⁸ SCHENK Thomas. *Le béton armé en France, 1889-1914. Expression architecturale d'un nouveau système technologique de construction*. Québec : Université Laval, Faculté des lettres. Mémoire de maîtrise en histoire de l'art, 2007.

¹¹⁹ FORTY Adrian. *Concrete ad Culture. A Material History*. Reaktion Books, 2012, 304 p.

¹²⁰ Le brutalisme, par exemple, investit le béton avec une fonction esthétique dès la conception, alors que Virilio trouve ces qualités là où elles n'ont pas intéressé les constructeurs.

¹²¹ VIRILIO Paul. *Bunker Archéologie*. Paris : Centre Georges Pompidou, Centre de création industrielle, 1975, 196 p.

¹²² *Auguste Perret-huit chefs d'œuvre ?* Exposition présentée au Palais d'Iéna, siège du CESE, du 27 novembre 2013 au 19 février 2014, et organisée par le Conseil Économique, Social et Environnemental en collaboration avec la Fondazione Prada.

¹²³ DE BAUDOT Anatole. *Églises de bourgs et villages*. Paris : À. Morel, 1867, 2 tomes, 122 p. et 136 p.; DE BAUDOT Anatole. *L'Architecture - le passé - le présent*. Paris : Henri Laurens, 1916, 218 p.

siècle et des réalisations de ses deux premières décennies, réservant une place considérable aux édifices religieux et au béton armé¹²⁴.

Les articles publiés dans les revues d'architecture de l'époque représentent la première source pour documenter les églises retenues ainsi que l'évolution des techniques du béton armé. Ainsi, *La Construction moderne* couvre toute la période étudiée et permet de suivre à la fois les aspects techniques et de conception de l'espace. L'organe du bureau d'étude Hennebique, *Le Béton armé* insiste sur le matériau et sa mise en œuvre, tout comme *Travaux*. En revanche, la revue dominicaine *L'Art Sacré* promeut auprès du clergé et des fidèles la valeur spirituelle de l'art religieux moderne, mais aussi le béton armé dans la construction¹²⁵ et aborde des sujets plus théoriques comme celui du plan centré et du plan basilical¹²⁶ ou du rôle paysager de l'église¹²⁷. D'autres publications comme *L'Architecture*, *L'Architecte*, *L'Architecture Française*, *L'Architecture d'aujourd'hui* ou *Architecture vivante* couvrent une partie de la période étudiée, les projets d'églises étant publiés parmi les autres types d'édifices. Par ailleurs, toutes ces revues présentent des photographies de chantier, des plans d'armatures et des informations techniques de premier ordre qui, en complément du texte, permettent une lecture parallèle qui intéresse l'historien des techniques constructives.

Dans les articles sur l'architecture religieuse publiés à cette époque, les auteurs s'intéressent abondamment au béton armé sans en faire le sujet principal. L'accent est mis sur le renouveau de l'art sacré et l'abandon des préjugés stylistiques, en démontrant surtout que le béton armé sert ces deux causes. L'article de Pierre Vago¹²⁸ dans *L'Architecture d'aujourd'hui* de 1934 représente une référence et un point d'étape remarquable par son caractère synthétique. Le numéro spécial¹²⁹ dédié aux Chantiers du Cardinal publié par *L'Architecture* en 1938 se situe dans la même catégorie. Ferdinand Pfammatter voit aussi l'intérêt de croiser l'analyse des églises contemporaines avec l'étude du béton armé et publie en 1948 *Betonkirchen*¹³⁰, sa thèse soutenue en Suisse. C'est un ouvrage richement illustré qui, après un passage au travers des grandes époques de l'architecture religieuse, présente les plus remarquables exemples construits au XX^e siècle en Europe, y compris Saint-Jean-de-Montmartre, les projets d'Auguste Perret, Sainte-Jeanne d'Arc de Nice, la chapelle du séminaire de Voreppe etc. Un article de Pfammatter¹³¹ qui résume ces idées est publié en français dans le *Bulletin du ciment* en 1949.

En dehors du travail de Pfammatter, plusieurs publications internationales¹³² servent à contextualiser la présente étude. La revue suisse *Bauen+Wohnen* dédie en 1958 un de ses numéros¹³³ à la construction

¹²⁴ MAGNE Henri-Marcel. Op. Cit.

¹²⁵ Cf. TOURNON Paul. Architecture. In : *L'Art Sacré*, N° 1, juillet 1935, pp. 6-7 ; COUTURIER. M.-À. La pierre et l'architecture contemporaine. In : *L'Art Sacré*, N° 36, novembre-décembre 1938, p. 352.

¹²⁶ Cf. PINGUSSON Georges-Henri. Construire une église. In : *L'Art Sacré*, N° 35, novembre 1938, pp. 315-318.

¹²⁷ PICHARD Joseph. L'église et le paysage. In : *L'Art Sacré*, N° 4, octobre 1935, pp. 5-8.

¹²⁸ VAGO Pierre. Architecture religieuse. In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, juillet 1934, pp. 13-54.

¹²⁹ Les Chantiers du Cardinal. In : *L'Architecture*, N° spécial (5) vol. LI, mai 1938.

¹³⁰ PFAMMATTER Ferdinand. Op. Cit.

¹³¹ PFAMMATTER Ferdinand. Le béton dans la construction des églises. In : *Bulletin du ciment*, N° 24, décembre 1949, pp. 1- 8.

¹³² En revanche, il convient de remarquer le peu d'intérêt des publications françaises pour les réalisations étrangères. Une exception confirmant la règle est un article de 1936 de *L'Art Sacré*, au sujet des nouvelles églises de Tchécoslovaquie et Autriche, de composition architecturale plus ou moins en accord avec les principes modernistes : MAILLET Germaine. Églises modernes de l'Europe Centrale. In : *L'Art Sacré*, N° 8, février 1936, pp. 52-58.

d'églises après la Deuxième Guerre mondiale, en citant brièvement les précurseurs Anatole de Baudot et Auguste Perret. En 1959, l'allemand Richard Bedrzynski¹³⁴ survole l'évolution de l'espace sacré au cours de l'histoire avant d'étudier les églises les plus notables construites à partir de l'entre-deux-guerres. À côté des réalisations de Rudolf Schwartz et Dominikus Böhm en Allemagne, peu d'exemples français sont retenus, à l'exception de Le Corbusier et Maurice Novarina qui représentent les années 1950. Le restaurateur de la cathédrale de Cologne Willy Weyres et l'architecte constructeur d'églises luthériennes Otto Bartning publient aussi en 1959 un « manuel » en allemand¹³⁵ sur la conception de l'espace sacré chrétien, qui s'approche de l'objectif de théorisation par des standards de l'ouvrage classique d'Ernst Neufert¹³⁶. La conception des lieux de culte catholiques et protestants y est présentée séparément, et si l'analyse historique est abondante, l'illustration se fonde uniquement sur des exemples d'après 1945. Dans une logique similaire, l'Italien Giovanni Ruffini publie en 1969 un manuel pratique pour la construction des églises¹³⁷ où il présente sur la même planche les intérieurs de Ronchamp et de Saint-Jean-de-Montmartre, en considérant que le dernier est parmi les premiers essais visant à donner une expression au ciment armé. Ces deux ouvrages, allemand et italien, se situent dans la lignée de Dom Roulin qui est un précurseur dans la rédaction de « manuels » de conception des lieux de culte, mais avec une différence majeure : au lieu de présenter la vision du clergé ils proposent la perspective des architectes.

À la même époque en France, André Gutton met en avant une vision équivalente de la fabrication de l'architecture religieuse dans ses cours à l'école des Beaux-Arts¹³⁸. On peut remarquer son absence d'intérêt pour le XIX^e siècle et les deux premières décennies du XX^e siècle, implicitement pour Anatole de Baudot, ceci malgré une section d'illustrations intitulée « Le ciment armé recherche ses formes » où les exemples sont pris aux quatre coins du monde. Il retient par ailleurs les réalisations de Perret, Saint-Louis de Vincennes par Droz et Marrast, Sainte-Jeanne d'Arc de Nice par Droz, la chapelle du séminaire de Voreppe par Pouradier-Duteil, le Saint-Esprit par Tournon. Yves Sjöberg publie en 1957 un ouvrage¹³⁹ dans lequel il présente une rétrospective sur l'historicisme suivie de l'analyse du renouveau architectural dû à Anatole de Baudot, Julien Barbier et Auguste Perret, pour passer ensuite aux problématiques propres à la deuxième Reconstruction. Plus tard, en 1964, l'Américain Kidder Smith signe un ouvrage sur les nouvelles églises d'Europe¹⁴⁰ qui traite uniquement les exemples construits après 1945, parmi lesquels il retient l'incontournable chapelle de Ronchamp, le couvent de la Tourette, Saint-Joseph du Havre, mais aussi Saint-Rémy de Baccarat, la sublime réalisation en béton armé de Nicolas Kazis¹⁴¹. Par l'étude de ces ouvrages, le sujet traité dans la

¹³³ Kirchenbau/Églises/Churches. *Bauen+Wohnen*. Zürich, novembre 1958, pp. 353-384.

¹³⁴ BIEDRZYNSKI Richard. *Kirchen unserer Zeit*. München : Hirmer, 1958. 127p + 148 planches.

¹³⁵ WEYRES Willy, BARTNING Otto (dir.). *Kirchen. Handbuch für den Kirchenbau*. München : Verlag Georg D.W. Calwey, 1959, 448 p.

¹³⁶ NEUFERT Ernst. *Les éléments des projets de construction*. Paris : Dunod, 11e édition, 2014.

¹³⁷ RUFFINI Giovanni. *Costruire chiese. Manuale per la progettazione, la decorazione e l'arredamento degli edifici di culto cattolici ad uso degli artisti, architetti, ingegneri e del clero*. Palermo : S.F. Flaccovio, 1969, 399 p.

¹³⁸ GUTTON André. *Conversation sur l'architecture. Tome IIIa*. Paris : éd. Vincent, Fréal et C^{ie}, 1956, 415 p.

¹³⁹ SJÖBERG Yves. *Mort et résurrection de l'art sacré*. Paris : Bernard Grasset, 1957, 389 p.

¹⁴⁰ KIDDER SMITH G.E. *The new churches of Europe*. Londres : Architectural Press, 1964, 291 p.

¹⁴¹ Construite entre 1954-1957. Classée au titre des monuments historiques par arrêté du 17 juin 2013. Référence Mérimée PA54000078.

présente recherche est placée dans le contexte de son époque, tant par l'examen de l'héritage architectural et technique laissé par le XIX^e siècle que par l'analyse de l'évolution immédiatement ultérieure, qui permet d'observer que la Deuxième Guerre mondiale marque la fin de la domination de l'architecture religieuse traditionnelle.

Quelques études récentes sur l'architecture religieuse régionale à la fin du XIX^e et au XX^e siècles sont disponibles. Chacune d'entre elles traite une période qui ne couvre pas nécessairement le thème de la présente recherche, mais permet de le contextualiser. Cédric Avenier explore la construction des édifices religieux utilisant des ciments en Isère au XIX^e siècle¹⁴², où la question de la préfabrication est notamment intéressante pour les développements ultérieurs traités dans la présente étude. Philippe Bonnet travaille sur la Bretagne entre la Séparation et le Concile Vatican II¹⁴³, alors que Florian Corbier écrit sur les églises de la première Reconstruction dans l'Aisne¹⁴⁴. Accessoirement, la thèse¹⁴⁵ de Stéphane Bedhomme sur la Reconstruction du Chemin des Dames offre des éléments généraux concernant ce territoire¹⁴⁶. De même, la vie religieuse catholique en général dans les bassins miniers du nord de la France est étudiée dans une thèse de Damien Thiriet¹⁴⁷. Les églises du XX^e siècle en Charente-Maritime font l'objet d'un article d'Yves Blomme publié en 2009¹⁴⁸. Après un ouvrage dirigé par Simon Texier sur les églises parisiennes du XX^e siècle¹⁴⁹, Antoine Le Bas présente les églises de l'Île-de-France dans une publication de 2002¹⁵⁰. Sur la reconstruction des églises en Meurthe-et-Moselle entre 1918-1933 nous pouvons citer la thèse de Nicolas Padiou¹⁵¹. Un article collectif de 2009 présente une synthèse sur les églises les plus remarquables de la première Reconstruction en Picardie¹⁵². Enfin, un ouvrage sur les églises du XX^e siècle du diocèse de Lyon¹⁵³ paraît en 2019.

Certaines études consacrées à la période ultérieure à celle considérée ici, complétées par l'ouvrage plus général *Architecture et arts sacrés de 1945 à nos jours*¹⁵⁴, présentent un intérêt pour la présente recherche notamment par la mise en évidence des mutations fondamentales qui ont lieu après la Deuxième

¹⁴² AVENIER Cédric. *Ciments d'églises, semences de chrétiens. Constructions religieuses et industries cimentière en Isère au XIX^e siècle*. Thèse de doctorat en histoire et histoire de l'art. Université de Grenoble II Pierre-Mendès-France, 2004, 661 p.

¹⁴³ BONNET Philippe. Églises du XX^e siècle en Bretagne de la loi de séparation à Vatican II. In : *Bibliothèque de l'École des chartes*, t. 163, 2005, p. 79-116.

¹⁴⁴ CORBIER Florian. Les réseaux de l'art sacré : les églises de la reconstruction dans l'Aisne In : *La forme des réseaux : France et Europe (X^e-XX^e siècle)*. Paris : éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 2017. URL : <http://books.openedition.org/cths/672>. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.cths.672>. (Consulté le 10 août 2023).

¹⁴⁵ BEDHOMME Stéphane. *Reconstruire le Chemin des Dames (1919-1939)*. Thèse de doctorat en histoire militaire. Université de Montpellier III Paul Valéry, 2012.

¹⁴⁶ Le Chemin des Dames est une route départementale reliant Laon, Soissons et Reims, théâtre de plusieurs batailles de la Première Guerre mondiale.

¹⁴⁷ THIRIET Damien. *La religion des milieux ouvriers catholiques dans les bassins houillers franco-belges et haut-siléziens (1922-printemps 1939)*. Thèse de doctorat en histoire. Université Jagellonne-Université Charles-de-Gaule-Lille III, 2007, 415 p.

¹⁴⁸ BLOMME Yves. Un siècle de chantiers d'églises en Charente-Maritime. In : *In Situ*, N° 11, 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/5063>. DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.5063> (Consulté le 10 août 2023).

¹⁴⁹ TEXIER Simon (dir.). *Églises parisiennes du XX^e siècle*. Op. Cit.

¹⁵⁰ LE BAS Antoine. Op. Cit.

¹⁵¹ PADIOU Nicolas. *La reconstruction des églises en Meurthe-et-Moselle après la Première Guerre mondiale (1918-1933)*. Thèse de doctorat en histoire de l'art. École pratique des Hautes études-Université technique de Dresde, 2010, 2 tomes, 388 p. et 384 p.

¹⁵² CAPPRONNIER Jean-Charles, FOURNIS Frédéric, GÉRARD Alexandra, TOUZET Pascale. L'art sacré entre les deux guerres : aspects de la Première Reconstruction en Picardie. In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009. URL : <https://journals.openedition.org/insitu/6151> ; DOI : [10.4000/insitu.6151](https://doi.org/10.4000/insitu.6151) (Consulté le 10 août 2023).

¹⁵³ CHALABI Maryannick, SAVEREUX-COURTIN Violaine. *Églises XX^e du diocèse de Lyon*. Lieux-dits, 2019, 352 p.

¹⁵⁴ BLANCHET Christine, VEROT Pierre. *Architecture et arts sacrés de 1945 à nos jours*. Archibooks, 2015, 615 p.

Guerre mondiale et qui justifient la limite temporelle fixée en 1940. Après guerre, les missions de l'Église s'adaptent aux profonds changements de la société, ce qui engendre un nouveau paradigme dans la conception de l'architecture des lieux de culte, encore valable aujourd'hui. Pour voir les premiers fruits de la nouvelle approche il faut se pencher sur la reconstruction des régions dévastées. Ainsi, la Deuxième Reconstruction en Basse Normandie est étudiée par Alain Nafilyan dans un article¹⁵⁵ de 2009 et Céline Frémaux présente les églises d'après 1945 de la région Nord-Pas-de-Calais dans sa thèse¹⁵⁶ soutenue en 2005.

Les sources archivistiques sont multiples, disséminées en raison de la nature de cette problématique composite, et en définitive assez peu explorées. C'est surtout à Paris qu'il est possible de consulter des fonds intéressant le sujet, notamment en ce qui concerne des réalisations suffisamment représentatives. Les archives du diocèse de Paris conservent des documents sur quelques églises importantes de la ville construites pendant la période étudiée, principalement Saint-Pierre-de-Chaillot, Saint-Christophe-de-Javel, Saint-Esprit, Saint-Jean Bosco et Sainte-Odile. Des images de chantier, devis et courriers sont les documents les plus courants dans ces fonds souvent lacunaires. Un précieux journal de chantier est conservé pour Sainte-Odile. Les ressources du diocèse doivent être complétées par les archives des Chantiers du Cardinal, où l'on trouve des fonds sur les mêmes édifices, avec une importante collection de photographies. En parallèle, le Centre d'archives d'architecture du XX^e siècle de la Cité de l'architecture et du patrimoine dispose de collections qui illustrent la création globale d'un certain nombre d'architectes. Les fonds Tournon et Besnard sont riches d'informations sur les églises du Saint-Esprit, Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus d'Élisabethville, ainsi que sur les églises Saint-Christophe-de-Javel, Notre-Dame-des-Trois-Ave-Maria de Blois et sur les expérimentations constructives en béton armé préfabriqué de Besnard. Les Archives de la Ville de Paris conservent de précieux plans et documents écrits sur Saint-Jean-de-Montmartre, qu'il convient de compléter avec les fonds de la Médiathèque du patrimoine et les archives de la paroisse. Certaines ressources en ligne permettent de retracer les brevets de Cottancin, Hennebique, Besnard, Bérard ou Nasousky, comme celles de l'Office européen des brevets¹⁵⁷ ou les fonds de la Bibliothèque Nationale de France, principalement les Journaux officiels. Enfin, les études préalables rédigées par des architectes en chef des monuments historiques et conservées dans les Directions régionales des affaires culturelles, plus précisément dans les services de la conservation des monuments historiques, possèdent des informations de premier ordre sur la restauration contemporaine. Les dossiers de protection au titre des monuments historiques constituent également de solides sources d'information.

¹⁵⁵ NAFILYAN Alain. La reconstruction des édifices religieux en Basse-Normandie après la Seconde Guerre mondiale. In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <http://insitu.revues.org/5666> ; DOI : 10.4000/insitu.5666 (Consulté le 10 août 2023).

¹⁵⁶ FRÉMAUX Céline. *Construire des églises en France dans la seconde moitié du XX^e siècle*. Op. Cit.

¹⁵⁷ Office européen des brevets. URL : https://www.epo.org/searching-for-patents/technical/espacenet_fr.html (Consulté le 10 août 2023).

Suivant un colloque organisé à Lille en 2004, un ouvrage qui interroge le patrimoine représenté par les églises du XX^e siècle est publié sous la direction de Céline Frémaux¹⁵⁸. En 2013 a lieu une journée d'études sur les églises franciliennes du XX^e siècle doublée par la publication d'un numéro spécial de *Beaux-Arts*¹⁵⁹ qui marque la labellisation de 75 édifices religieux de la région. La même année a lieu une exposition sur les églises en béton de Meurthe-et-Moselle, d'abord à Nancy puis à Paris¹⁶⁰. L'avenir des églises est le sujet d'un autre colloque¹⁶¹ organisé à Lyon en 2016, qui s'intéresse aux questions de désacralisation et de reconversion. Entre 2018-2019 est organisée à la Cité de l'architecture et du patrimoine une série de cours publics sur l'architecture religieuse du XX^e siècle¹⁶² qui dresse un bilan global documenté par certains spécialistes comme Simon Texier, Jean-Michel Leniaud ou Joseph Abram.

Sur la restauration des bétons et des églises des XIX^e et XX^e siècles

La question de la restauration des bétons anciens et des églises en béton en particulier est traitée de manière disparate. Dans un premier temps, et afin d'ordonner les théories de la restauration et les divers exemples de réalisations pour les évaluer et les comparer, il est nécessaire de s'orienter d'abord vers les chartes d'Athènes¹⁶³, de Venise¹⁶⁴ et de Cracovie¹⁶⁵, ainsi que vers des ouvrages généraux sur l'évolution des approches doctrinaires de la restauration¹⁶⁶. En 1980, un numéro spécial de *Techniques et Architecture* présente les particularités de restauration du patrimoine moderne, avec notamment l'exemple des chantiers de l'école Bauhaus et de la cité Frugès de Pessac¹⁶⁷. Les actes du colloque ICOMOS qui a lieu en 1996 au Havre¹⁶⁸ regroupent, une première, des retours d'expérience technique et doctrinaire après quelques chantiers de restauration pionniers comme les églises du Raincy et de Royan, la Cité Radieuse de Marseille ou la Casamaures. En 1997, le périodique français *Monumental* consacre un numéro au rapport entre le béton et les monuments historiques, qui aborde son usage dans la restauration des édifices anciens et les problématiques de sa propre restauration¹⁶⁹. La même année, la revue *Faces* consacre un numéro à la sauvegarde du patrimoine moderne,

¹⁵⁸ FRÉMAUX Céline. *Architecture religieuse au XX^e siècle en France. Quel patrimoine ?* actes du colloque homonyme. Lille, 25-26 mars 2004. Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2007, 244 p.

¹⁵⁹ COLL. *Les édifices religieux du XX^e siècle en Ile-de-France*. Paris : Beaux-Arts éditions, 2013, 160 p.

¹⁶⁰ Églises en quête de modernité - 1945-1975 en Meurthe-et-Moselle. Exposition organisée par le Service territorial de l'architecture et du patrimoine de Meurthe-et-Moselle. 21 juin-16 septembre 2012, à la Villa Majorelle à Nancy et 11 décembre 2013-31 janvier 2014 à la Cité de l'architecture et du patrimoine Paris.

¹⁶¹ L'avenir des églises. Colloque international. École nationale supérieure d'architecture de Lyon, 20-22 octobre 2016.

¹⁶² Construire pour le culte : projets artistiques et techniques au XX^e siècle. Cité de l'architecture et du patrimoine. Série de cours publics (12 séances) du 8 novembre 2018 au 14 mars 2019.

¹⁶³ CHARTE d'Athènes sur la restauration des monuments historiques, 1931.

¹⁶⁴ CHARTE internationale sur la conservation et la restauration des monuments et des sites - Charte de Venise, 1964.

¹⁶⁵ CHARTE de Cracovie : principes pour la conservation et la restauration du patrimoine bâti, 2000.

¹⁶⁶ Cf. BERCÉ Françoise. *Des Monuments historiques au Patrimoine*. Paris : Flammarion, 2000, 226 p.

¹⁶⁷ CHOAY Françoise. *L'Allégorie du patrimoine*. Paris : Seuil, 1992, 274 p. ; RIEGL Aloïs. *Le Culte moderne des monuments. Son essence et sa genèse*, avant-propos de Françoise Choay. Paris : Seuil, 1984 (première édition allemande 1903), 124 p. ; BRANDI Cesare. *Théorie de la restauration* (édition originale 1977). Paris : École nationale du patrimoine - éditions du Patrimoine, 2001, pp. 30-32.

¹⁶⁷ Héritages anciens et modernes. *Techniques et Architecture*, N° 331, juin-juillet 1980.

¹⁶⁸ *Béton et patrimoine*. Actes du Colloque organisé par ICOMOS France, Le Havre, 5, 6, 7 décembre 1996. Les cahiers de la section française de l'ICOMOS, 1999, 202 p.

¹⁶⁹ Le béton et les monuments historiques. *Monumental*, N° 16, 1997, 96 p.

contenant plusieurs articles de Joseph Abram et Cyrille Simonnet sur les problématiques théoriques et pratiques posées par le béton armé¹⁷⁰.

La thèse de Camille Bidaud présente la doctrine promue par Paul Léon entre les deux guerres mondiales, période où le béton armé est largement employé dans la restauration¹⁷¹. La thèse de Pierre-Antoine Gattier offre des informations de premier ordre sur les chantiers de restauration réalisés sous la direction de l'auteur, surtout du point de vue de sa démarche culturelle d'engagement pour les « nouveaux patrimoines »¹⁷².

Les informations techniques doivent être recherchées principalement dans des thèses d'ingénierie, brevets, publications du Laboratoire de recherche des monuments historiques¹⁷³, articles des revues techniques publiés à l'occasion de divers chantiers (souvent autres que des églises¹⁷⁴), ouvrages parus lors de l'achèvement des travaux de restauration sur des édifices emblématiques en béton armé¹⁷⁵ ou cahiers issus des journées d'études¹⁷⁶. Les articles publiés sous la signature des responsables d'entretien¹⁷⁷, les études préalables des architectes en chef des monuments historiques¹⁷⁸ et les documentations commerciales et techniques des entreprises spécialisées dans la réparation du béton armé représentent également une source qui nourrit la connaissance. Les articles de presse régionale documentent les divers chantiers d'un point de vue plus ou moins technique, alors que les sites internet des associations diocésaines ou de protection du patrimoine publient souvent des documents d'intérêt, comme les comptes rendus des réunions de chantier¹⁷⁹. Des recherches techniques européennes permettent également de comparer les pratiques de diagnostic et de réparation des ouvrages historiques en béton armé, mais aussi d'éclairer des systèmes peu connus comme Monierbau, Rabitz ou Mátra¹⁸⁰.

¹⁷⁰ ABRAM Joseph. Restitutions méticuleuse, agrandissements désastreux. Le traitement contemporain du patrimoine Perret. In : *Faces*, N° 42-42, 1997-1998, pp. 19-23. SIMONNET Cyrille. La peau et les os. Sur la restauration des constructions en béton armé. In : *Faces*, N° 42-42, 1997-1998, pp. 24-28.

¹⁷¹ BIDAUD Camille. *La doctrine des Monuments historiques en France d'après Paul Léon (1874-1962)*. Thèse de doctorat en architecture, aménagement de l'espace. Université Paris-Est, 2018, 411 p.

¹⁷² GATIER Pierre-Antoine. *Intervenir sur les Monuments Historiques, par la confrontation entre l'univers idéologique et culturel de l'édifice et le contexte technique et matériel de sa réalisation*. Thèse de doctorat en architecture, aménagement de l'espace. Université Paris-Est, 2019.

¹⁷³ Par exemple : BOUICHOU Myriam, MARIE-VICTOIRE Élisabeth. *Le nettoyage des bétons anciens. Guide des techniques et aide à la décision*. Cercle des partenaires du patrimoine, Champs-sur-Marne, 2009, 43 p. ; MARIE-VICTOIRE Élisabeth. *Les altérations visibles du béton, définitions et aide au diagnostic*. Cercle des partenaires du Patrimoine. Champs-sur-Marne, 1996, 34 p.

¹⁷⁴ Cf. ROCHE Michel. Dupliquer les bétons Perret. In : *Béton*, N° hors-série 20, hiver 2017, pp. 26-28.

¹⁷⁵ Cf. RAGOT Gilles, CHADOIN Olivier. *La Cité de Refuge. Le Corbusier et Pierre Jeanneret*. Paris : éditions du Patrimoine, Centre des monuments nationaux, 2016, 244 p.

¹⁷⁶ Cf. GRAF Franz, DELEMONTEY Yvan (dir.) *La sauvegarde des grandes œuvres de l'ingénierie du XX^e siècle*. Cahier issu de la journée d'étude homonyme consacrée à Pier Luigi Nervi organisée le 22 mai 2013 par le laboratoire de techniques de sauvegarde de l'architecture moderne (TSAM) de l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2016, 176 p.

¹⁷⁷ Cf. DUVIGNACQ Joël, FOUQUERAY Laurence. L'entretien des églises parisiennes des XIX^e et XX^e siècles. In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6517> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.6517> (Consulté le 10 août 2023).

¹⁷⁸ Consultables notamment dans les Conservations régionales des monuments historiques (CRMH).

¹⁷⁹ C'est le cas pour les Chantiers du Cardinal et les associations liées à Notre-Dame du Raincy ou Notre Dame de Royan.

¹⁸⁰ LICHTER Tamás. *Korabeli műemléki vasbeton szerkezetek diagnosztikája, szakértése* (hongrois). Diagnostic et expertise des ouvrages historiques en béton armé. Fejér (Hongrie) : Chambre départementale des ingénieurs, s.d., 41 p.

La restauration d'édifices anciens avec l'usage du béton armé est le pendant de la restauration des bétons armés anciens. Après la Séparation de 1905, les architectes comprennent que le budget de l'État devra supporter des charges importantes dans la restauration des monuments religieux. Ainsi, au concours de nomination des architectes en chef des monuments historiques de 1905, l'un des candidats propose une solution de restauration « économique » et invisible avec l'emploi du béton armé afin de stabiliser une église médiévale¹⁸¹. C'est un des premiers exemples où les éléments en béton armé sont mis en avant pour eux-mêmes dans une publication sur la restauration, car Anatole de Baudot et ses disciples ne font pas ce genre de publicité pour leurs chantiers similaires sur monuments historiques.

Les restaurations des monuments religieux dévastés par la Première Guerre mondiale avec l'emploi massif du béton armé, notamment les charpentes reconstruites en ce matériau, sont traitées dans les pages des revues d'architecture et d'ingénierie de l'époque¹⁸², mais aussi dans des articles plus récents¹⁸³. Leurs aspects doctrinaires se révèlent dans les écrits de Paul Léon¹⁸⁴ et les procès-verbaux de la commission des monuments historiques.

Pendant les années 1950 et 1960, les pages des *Monuments historiques de France* présentent plusieurs articles rédigés par des architectes en chef des monuments historiques sur l'emploi du béton armé dans la restauration d'églises médiévales¹⁸⁵. Ces contributions issues de l'expérience pratique du chantier apportent un éclairage utile à la compréhension de cette problématique et ont la particularité d'exprimer le point de vue de l'architecte restaurateur. Même si les travaux sont situés au-delà de la période étudiée, on relève dans ces pages la persistance et l'apogée, avant son lent déclin, de la doctrine de restauration progressivement développée à la fin du XIX^e siècle, qui consiste à résoudre les problèmes de structure et stabilité avec un ciment armé ou béton armé invisible¹⁸⁶.

¹⁸¹ REY Augustin. Monuments historiques. Nouvelle méthode de restauration. In : *La Construction moderne*, 21 avril 1906, pp. 340-344 et 28 avril 1906, pp. 354-357.

¹⁸² Par exemple : BRAIVE Andrée, BRAIVE Georges. La restauration de la cathédrale de Reims. In : *La Construction moderne*, N° 51, 1927, p. 595; BRUNET Émile. La restauration de la cathédrale de Soissons. In : *La Construction moderne*, N° 17, 1928, pp. 193-198 et N° 20, 1928, pp. 234-240.

¹⁸³ Par exemple: COLL. *Les charpentes de la cathédrale de Reims*. Reims: éditions RHA, Société des amis du vieux Reims, 1988; TIMBERT Arnaud. La charpente en béton de la cathédrale Notre-Dame de Noyon. In : *La cathédrale Notre-Dame de Noyon. Cinq années de recherches*. Noyon : Société historique, archéologique et scientifique de Noyon, 2011, pp. 161-172.

¹⁸⁴ LÉON Paul. Les principes de la conservation des monuments historiques, évolution des doctrines. In : *Congrès archéologique de France*. Paris : Picard, 1936, pp. 17-52.

¹⁸⁵ PAQUET Jean-Pierre. La restauration de Saint-Leu-D'Esserent. In : *Les Monuments historiques de France*, N° 1, 1955, pp. 2-19 ; BERRY M. L'achèvement de la restauration de la basilique de Saint-Quentin. In : *Les Monuments historiques de France*, N° 1, 1956, pp. 39-41 ; PILLET P. Réfection des charpentes et couvertures de Notre-Dame de Vitry-le-François. In : *Les Monuments historiques de France*, N° 3, 1956, pp. 170-176 ; PAQUET Jean-Pierre. Structures des monuments anciens et leur consolidation. In : *Les Monuments historiques de France*, N° 4, 1957, pp. 161-183 ; PILLET Paul. La basilique Saint-Remi à Reims et sa remise en état. In : *Les Monuments historiques de France*, N° 1, 1959, pp. 1-9 ; DONZET À.-J., MOTTIN H., HEMARD H. La consolidation des clochers de l'église de la Chaise-Dieu. In : *Les Monuments historiques de France*, N° 2, 1959, pp. 51-69 ; STYM-POPPER Sylvain. Consolidation et mise en valeur de l'église Saint-Just de Valcabrière. In : *Les Monuments historiques de France*, N° 4, 1959, pp. 174-178 ; GAUCHERY Robert, RAJARD Michel. Les travaux de l'église Saint-Pierre-le-Guillard à Bourges et sa consolidation. In : *Les Monuments historiques de France*, N° 2, 1961, pp. 49-58 ; FROIDEVAUX Yves-Marie. L'église Notre-Dame-sous-Terre de l'abbaye du Mont Saint-Michel. In : *Les Monuments historiques de France*, N° 4, 1961, pp. 145-166. ; MERLET Jean. Caen, église Saint-Jean. Reprise en sous-œuvre des fondations des transepts et du chœur. In : *Les Monuments historiques de France*, N° 1, 1964, pp. 1-12.

¹⁸⁶ La reprise en sous-œuvre notamment par des pieux en béton armé continue à être prescrite par les bureaux d'études structure, mais des solutions moins invasives existent, comme les résines expansives injectées dans le sol.

Dans le long processus de patrimonialisation du béton armé ancien, les colloques et conférences occupent une place importante par la mise en commun des réflexions et les échanges d'idées entre professionnels. Il faut citer d'abord deux journées consacrées à une rétrospective du béton armé, organisées pendant la guerre en 1943 par la Société des Ingénieurs civils de France. Sous le titre « Cinquante ans de béton armé », plusieurs ingénieurs qui font histoire à leur tour, dont Caquot et Freyssinet, présentent les évolutions du matériau et de sa technologie constructive¹⁸⁷. Des événements publics plus récents contribuent à cristalliser la dimension patrimoniale du béton armé. Un colloque est organisé par l'ICOMOS au Havre en 1996 et donne lieu au cahier *Béton et patrimoine*¹⁸⁸, regroupant des contributions sur l'histoire, la technique et la doctrine de restauration. Ces articles ont aujourd'hui une valeur de référence car ils marquent une prise de conscience déjà solide au niveau des experts. En 2017 a lieu à Grenoble un colloque sur la restauration des bétons¹⁸⁹, qui donne lieu à des interventions des spécialistes français et étrangers, y compris en matière de restauration d'édifice religieux. En 2020 est organisée au Palais d'Iéna la journée d'études *Patrimoine en béton, enjeux et innovations*¹⁹⁰, où sont présentées de nouvelles méthodes de suivi dans le temps des ouvrages en béton armé, applicables aux monuments historiques. En 2022, le colloque international *Restaurer les bétons*¹⁹¹ propose une mise à jour des problématiques de conservation du patrimoine bâti du XX^e siècle et présente l'actualité des connaissances sur les pathologies et les traitements du béton armé. Il aborde également les recherches en cours avec, notamment, une étude sur la structure en béton armé de la cité Frugès de Pessac, ainsi que des exemples de restauration comme la tour Perret de Grenoble, qui illustre les défis déontologiques et de garantie d'ouvrage posés par le rapport entre conservation et renouvellement de la matière propre au béton armé.

¹⁸⁷ CAQUOT À., CHALUMEAU E., BRICE. L.-P., FREYSINNET E. Cinquante ans de béton armé. In : *Travaux*, mai 1943, pp. 165-183.

¹⁸⁸ *Béton et patrimoine*. Op. Cit.

¹⁸⁹ Restaurer les bétons : la masse et l'épiderme. Grenoble, 23-24 novembre 2017. In : *Cahier ICOMOS France*, N° 29, 2018. Colloque organisé par ICOMOS France, LABEX AE&CC, La ville de Grenoble et la Maison de l'architecture de l'Isère.

¹⁹⁰ *Patrimoine en béton, enjeux et innovations*. Journée d'études organisée par le LRMH et le Ministère de la culture. Paris : Palais d'Iéna, 21 octobre 2020. Enregistrement vidéo. URL : <https://www.dailymotion.com/lrmh> (Consulté le 10 août 2023).

¹⁹¹ *Restaurer les bétons. Enjeux méthodologiques autour des pratiques professionnelles et des problématiques de recherche*. Colloque international – 4^e édition, organisé par l'ENSA Versailles et l'Université de Science et Technologie de Zhejiang, Versailles-Zhejiang, 12 et 13 décembre 2022.

2. L'essor du béton armé dans l'architecture religieuse française

Le présent chapitre analyse la cristallisation de diverses visions en matière d'innovation dans l'architecture religieuse à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle. Ces opinions contribuent à propager les nouvelles techniques constructives, en particulier le béton armé. Nous examinons l'héritage des premiers essais ainsi que la question du style qui préoccupe alors beaucoup, le thème du plan basilical et du plan centré et des motifs architecturaux qui se démarquent. À travers la pensée de quelques acteurs représentatifs de la création architecturale des églises en béton armé et des institutions ayant un rapport avec ce domaine, nous mettons en évidence la complexité du phénomène de création.

2.1 Les caractères généraux de l'architecture religieuse catholique en France entre 1890 et 1940

Un discours sur l'architecture religieuse ne peut pas échapper à la dimension anthologique, raison pour laquelle il est nécessaire d'effectuer des jugements synthétiques issus de l'observation de motifs répétitifs, ainsi que de l'analyse comparative. Nous proposons de traiter quelques thèmes qui aident à dessiner un certain panorama des églises en béton armé de cette période : en premier lieu l'apport du XIX^e siècle et le débat sur le style, ensuite un examen par hiérarchie des échelles allant de l'urbanisme jusqu'aux détails constructifs.

2.1.1 L'héritage architectural du XIX^e siècle

Les pionniers du béton armé dans l'architecture religieuse ne partent pas de rien, car les architectes du XIX^e siècle font déjà un travail de décantation qui pose les bases pour ce nouvel élan. Paradoxalement, ce n'est pas toujours l'exemple positif qui nourrit l'innovation en béton armé dans ce domaine, mais souvent la répulsion que provoquent les exemples jugés négatifs. L'héritage laissé par cette période est traité, par exemple, dans l'ouvrage dirigé par Bruno Foucart et Françoise Hamon, *L'architecture religieuse du XIX^e siècle*¹⁹², ainsi que dans un article synthétique de l'architecte chercheur à l'Inventaire général du patrimoine Claude Laroche¹⁹³.

Il existe une assez longue filiation chez les architectes qui ont donné une forme architecturale, un poids esthétique et même spirituel au béton armé. L'intérêt d'abord archéologique pour les constructions du Moyen Âge a pu ressusciter les formes de cette période, mais interprétées sur un fond totalement différent. Dans la conception architecturale, les approches néo-médiévales sont bien plus rationnelles que les constructions pleines d'imperfections du Moyen Âge, par l'emploi de la parfaite symétrie, du rythme et de la répétitivité des formes et motifs. Dans leur matérialité, elles utilisent, dans un premier temps, la traditionnelle maçonnerie pour passer à la charpente métallique et ensuite au béton armé, techniques et matériaux totalement nouveaux. C'est en réalité la société industrielle qui s'exprime à travers une pensée architecturale obsédée par le Moyen Âge.

Jean-Baptiste-Antoine Lassus est parmi les premiers à recourir à un raisonnement archéologique et à des recherches croisées sur la restauration d'églises médiévales, dont il applique les enseignements dans les nouvelles églises qu'il bâtit, notamment Saint-Jean de Belleville (1854-1859). Maître de Viollet-le-Duc, il lui transmet son savoir pendant le chantier de restauration de Notre-Dame de Paris.

Eugène Emmanuel Viollet-le-Duc (1814-1879) n'étudie pas à l'école des Beaux-Arts mais grandit autour de personnalités artistiques, dont Prosper Mérimée qui lui confie plus tard la restauration de la basilique de Vézelay et du Mont Saint-Michel. Avec Lassus, il commence en 1843 la restauration de Notre-Dame de Paris. Il occupe plusieurs postes dans l'administration des monuments historiques et devient enseignant en histoire de l'art et en esthétique à l'école des Beaux-Arts, où il forme des disciples et recrute des collaborateurs pour ses nombreux chantiers : Paul Abadie, Anatole de Baudot, Édouard Corroyer, André Lecomte du Nouÿ etc. Viollet-le-Duc restaure, construit, écrit énormément et pose les fondations de l'école de restauration française. De nombreuses publications et recherches étudient sa vie et son œuvre¹⁹⁴. Sa vision pour une création architecturale contemporaine reposant sur

¹⁹² FOU CART Bruno, HAMON Françoise (dir.) *L'architecture religieuse au XIX^e siècle*. Paris : Presses de l'Université Paris-Sorbonne, 2006, 363 p.

¹⁹³ LAROCHE Claude. Les enjeux multiples de l'architecture religieuse du second XIX^e siècle en France : un essai de litanyes. In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/4422> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.4422> (Consulté le 10 août 2023).

¹⁹⁴ Citons quelques exemples dans l'ordre chronologique de leur parution : SAINT-PAUL Anthyme. Viollet-le-Duc et son système archéologique. In : *Bulletin Monumental*, N° 46 (1880), pp. 409-463, pp. 716-778 ; N° 47 (1881), pp. 5-54, pp. 187-234 ; pp. 445-502. LENIAUD Jean-Michel. *Viollet-le-Duc ou les délires du système*, Paris : Menges, 1994 ; MIDANT Jean-Paul. *Au Moyen Âge avec Viollet-le-Duc*. Paris : Paragon, 2001, 224 p.

l'association de matériaux traditionnels avec les nouveaux produits de l'industrie¹⁹⁵, notamment le fer¹⁹⁶, est amendée par l'apparition du ciment armé qui fascine un de ses plus proches disciples et continuateurs, Anatole de Baudot.

Il peut être utile, pour illustrer le rapport entre le phénomène néo-médiéval et la restauration, de mettre en parallèle l'activité célèbre de Viollet-le-Duc avec celle d'un contemporain méconnu. Charles Winkler est né en Bavière en 1834 et fait ses études d'architecture à Nuremberg et Munich, pour suivre ensuite les cours de l'École des Beaux-Arts de Paris. L'œuvre ultérieure de Winkler démontre l'influence de Lassus, dans l'atelier duquel il travaille¹⁹⁷. Naturalisé français en 1864, il reste en Alsace-Moselle après l'annexion allemande et se voit nommé à la tête du service des monuments historiques à Strasbourg par la nouvelle administration. À partir de 1875 il est actif à Colmar comme architecte des monuments historiques pour l'Alsace et prend sa retraite en 1899. L'activité professionnelle de Winkler est parallèle à celle de Viollet-le-Duc et la reflète à une échelle plus modeste.

L'approche très similaire à celle de Viollet-le-Duc est manifeste dans son œuvre, qu'il s'agisse de restaurations ou de projets neufs, imprégnés de réinterprétations romanes ou gothiques. Winkler est l'auteur d'un projet de construction de la deuxième flèche de la cathédrale de Strasbourg (1880), inspirée de celle existante mais plus flamboyante. Il restaure l'abbatiale classée Saint-Pierre-Saint-Paul de Wissembourg, dont la tour octogonale de croisée a une forte influence sur ses constructions neuves : Sainte-Généviève à Mulhouse, Saint-Morand à Altkirch. Cette dernière dispose aussi d'une façade néo-romane inspirée de celle de Sainte-Adelphe à Neuwiller-les-Saverne. Entre autres, il construit l'église luthérienne de la Paix de Frœschwiller¹⁹⁸, œuvre d'art totale néo-gothique, financée par des fonds allemands sous le patronage du prince impérial, sur laquelle il utilise une tour-porche inspirée de la première flèche de la cathédrale de Chartres, telle que décrite par Viollet-le-Duc dans son Dictionnaire raisonné.

Le néo-gothique de Viollet-le-Duc et de Winkler est plus que le résultat d'une fascination pour l'architecture médiévale à travers les chantiers de restauration, où tous les deux marquent d'ailleurs leur passage. Sur les monuments anciens, ils introduisent des améliorations, des éléments nouveaux et imprégnés de rationalisme. Si l'architecte allemand reste fidèle aux techniques traditionnelles et n'a pas de continuateurs, Viollet-le-Duc imagine, à tort, un avenir en métal pour l'architecture d'inspiration néo-médiévale. Louis-Auguste Boileau à l'église Saint Eugène-Sainte-Cécile (1854-1855) et Victor Baltard à l'église Saint Augustin (1860-1871) respectent peut-être cette vision mais ne vont pas loin dans l'innovation, car les deux édifices restent conventionnels. D'autre part, l'église Notre-Dame-du Travail par Jules Astruc (1902), avec sa charpente métallique intérieure rivetée, extrêmement

¹⁹⁵ FALLACARA Giuseppe, TAMBORERO Luc, BROCAT Maurizio. Viollet-le-Duc et les ossatures constructives mixtes-spécifications morphologiques-constructives sur le thème de l'arc armé. In : TIMBERT Arnaud (dir.). *Matériaux et techniques de construction chez Viollet-le-Duc*. Paris : Éditions du Patrimoine, 2014. pp. 153-163.

¹⁹⁶ RMN-Grand Palais (musée d'Orsay). VIOLLET-LE-DUC Eugène Emmanuel (1814-1879). Maison à pans de fer et revêtement de faïence. 1871. Mine de plomb, plume et aquarelle. H. 48 ; L. 37 cm. Crédits Patrice Schmid.

¹⁹⁷ IGERSEIM François. *Charles Winkler, architecte des Monuments historiques et conservateur*. URL : <https://docpatdrac.hypotheses.org/jep-2013/jep2013-7-winkler> (Consulté le 10 août 2023).

¹⁹⁸ Inscrite au titre des monuments historiques le 3 novembre 2020, classée le 9 mai 2022.

rationnelle et brute, est loin de la philosophie de Viollet-le-Duc qui voyait un autre usage esthétique du métal. C'est Anatole de Baudot qui « corrige » la vision de son maître en introduisant le ciment armé dans l'architecture religieuse comme véritable réponse au problème de technique constructive dans un monde industrialisé.

La sensibilité croissante pour l'architecture byzantine et le plan centré est bien illustrée à la basilique Sainte-Clotilde de Reims, construite entre 1896-1905 par le versatile Alphonse Gosset (1835-1914), l'auteur du théâtre de Reims où il met en œuvre une composition éclectique totalement différente. Pour cette église, il visite au préalable ce qui est appelé à l'époque « l'Orient » afin d'étudier sur place les réalisations byzantines. Le plan qu'il propose est une croix grecque quadrilobée dominée d'une coupole, mais adapté au culte catholique par l'ajout d'un profond chœur et d'un narthex intégrant deux tours fidèles à la tradition gothique. À l'extérieur, les proportions élancées n'ont rien des églises grecques trapues, malgré les éléments de modénature et de matérialité empruntés, notamment l'alternance d'assises pierre-brique rouge. Ainsi, les naissances des voûtes sont placées à une cote élevée et la calotte sphérique de la coupole intérieure est inscrite dans un très haut tambour de proportions classiques qui soutient un deuxième dôme en charpente métallique¹⁹⁹. En raison de la grande distance séparant les deux dômes, la coupe à ce niveau est similaire à celle du Panthéon de Soufflot. L'œuvre de Gosset illustre l'interprétation à la française des modèles byzantins qui caractérisera une partie de la création architecturale pendant les décennies suivantes. C'est une synthèse entre les types orientaux, l'exaltation de la verticale gothique et la scénographie monumentale classique.

Le rationalisme est un héritage majeur du XIX^e siècle, qui marque l'architecture du béton armé, notamment sur la question du dimensionnement²⁰⁰. De nouveaux procédés constructifs s'imposent dans les édifices de culte, comme la charpente métallique. La croissance urbaine accélérée a comme effet la nécessité de plus d'économie dans la construction des églises, mais aussi celle de moyens de confort modernes, principalement en termes de chauffage et de ventilation. Le baron Haussmann missionne en 1866 Félix Duban pour rechercher des modalités économiques de construction des églises²⁰¹. Dans les années 1870, l'hygiéniste Casimir Tollet invente un système de chapelles métalliques à construction rapide²⁰², alors que des plans types d'églises avec des éléments variables sont conçus, diffusés et construits en parallèle²⁰³.

¹⁹⁹ RMN-Grand Palais (musée d'Orsay). GOSSET Alphonse. Église Sainte-Clotilde à Reims. Façade principale, élévation, coupe. Crédits Hervé Lewandowski.

²⁰⁰ C'est l'observation de Joseph Abram. Cf. ABRAM Joseph. Dénouement et splendeur du béton, le XX^e siècle : la technique moderne au service du sacré. Conférence, 22 novembre 2018. In : Construire pour le culte : projets artistiques et techniques au XX^e siècle. Cité de l'architecture et du patrimoine. URL : <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/video/denuement-et-splendeur-du-beton-le-xxe-siecle-la-technique-moderne-au-service-du-sacre> (Consulté le 10 août 2023).

²⁰¹ AVP, VI M 3 I. *Rapport présenté par M. Duban membre du Conseil municipal de la ville de Paris, au nom de la Commission administrative nommée par arrêté par M. le Sénateur Préfet de la Seine, en date du 28 août 1866, à l'effet de rechercher les moyens de construire les églises avec autonomie.*

²⁰² BONINI Gaëtan. Les chapelles métalliques de Casimir Tollet. In : FOUCCART Bruno, HAMON Françoise (dir.) Op. Cit., pp. 283-292.

²⁰³ PINON Pierre. Les églises néoclassiques à plan basilical dans le centre-Est de la France. In : FOUCCART Bruno, HAMON Françoise (dir.) *L'architecture religieuse au XIX^e siècle*. Paris : Presses de l'Université Paris-Sorbonne, 2006, pp. 253-268.

Dans le domaine de l'architecture religieuse, la fin du XIX^e siècle arrive sur un terrain où se manifestent à la fois des réinterprétations médiévales très diverses, des innovations techniques fondées sur l'usage du métal et du béton armé, et un fort besoin des architectes de manifester leur individualisme. Ces dynamiques sont placées sous la forte pression des procédés industriels qui imposent toujours plus d'économie en moyens financiers et de temps.

2.1.2 La question du style

« Le style est comme le cristal, la pureté fait son éclat ». Cette formule célèbre de Victor Hugo²⁰⁴ semble avoir marqué les historiens et critiques de l'architecture qui traitent la période étudiée, du moins jusqu'à une époque assez récente. Au début du XX^e siècle, Adolf Loos proclame la mort de l'ornement²⁰⁵, alors que ce dernier est en réalité loin d'être défunt, à part pour une petite minorité active de la production architecturale, promue dans les revues de l'époque. L'avant-garde fait incontestablement avancer l'état de l'architecture, mais le regard sur les réalisations de la période 1890-1940 ne peut appliquer indistinctement les clichés modernistes sans un regard critique bien averti et adapté au caractère religieux - donc plein de significations - des constructions étudiées ici.

À partir des années 1900, un inventaire critique très négatif de la création architecturale du siècle révolu est dressé par Julien Guadet et l'école de pensée rationaliste, qui applique la vision selon laquelle le style d'une époque vient de l'accord entre la forme et la fonction et non de l'accumulation d'ornements. Or ce jugement qui perdure longtemps ignore l'importance accordée à la question du style au XIX^e siècle par les architectes et les philosophes de l'histoire. Pour eux, le style est historiquement le résultat des traditions accumulées sans plan directeur dans le passé, alors que sa maîtrise contemporaine relève d'une responsabilité dans le cadre d'un projet identitaire assumé²⁰⁶. En réalité, face à l'énorme choix de motifs, la déroute est rapide et mène au blocage de la créativité et à la crise de l'éclectisme. Afin de sortir de cette impasse et de proposer des solutions pratiques, l'opposition se dessine entre le courant historiciste proclamant un style dynamique dans sa continuité historique et le courant archéologique militant pour l'application du style dans son état idéal. Dans l'architecture religieuse française du XIX^e siècle, le courant archéologique a une portée considérable en raison de l'influence de Viollet-le-Duc sur les architectes diocésains, alors qu'en Allemagne c'est la vision historiciste qui s'impose dans les créations des successeurs de Leo von Klenze et Karl Friedrich Schinkel.

Sans participer au débat sur la qualité et la pertinence des styles et selon un regard plus architectural qu'historiographique, il est possible de juger le caractère sémantique des pièces constituant le bâti religieux étudié ici. Des éléments d'inspiration byzantine, romane, gothique, art-nouveau, art-déco ou mixtes peuvent être identifiés et compris à travers une vision qui accepte la diversité, l'accumulation,

²⁰⁴ HUGO Victor. *Odes et balades*. Ollendorf : 1912. Préface de 1826, p. 27.

²⁰⁵ LOOS Adolf. *Ornament und Verbrechen*. Conférences à Vienne, 1908 ; première édition française : LOOS Adolf. *Ornament et crime*. Traduction de Marcel Ray. In : *Les Cahiers d'aujourd'hui*, N° 5, 1913.

²⁰⁶ NAYROLLES Jean. Un *Rundbogenstil* français ? In : FOUCCART Bruno, HAMON Françoise (dir.) *Op. Cit.*, p. 15.

parfois la cacophonie des références. La pureté de style ou le style dominant n'est pas un critère de qualité architecturale en soi qui justifierait la sélection du corpus proposé.

La période 1890-1940 représente un demi-siècle de grandes transformations dans l'architecture, entre l'éclectisme, le néo-gothique du XIX^e siècle²⁰⁷ et l'architecture internationale d'avant la Deuxième Guerre mondiale, avec une multitude d'approches stylistiques différentes et souvent appliquées simultanément. En ce qui concerne les éléments de vocabulaire néo-médiéval encore présents pendant cette période, ils n'ont pas beaucoup en commun avec le néo-roman ou le néo-gothique en pierre du XIX^e siècle et se situent dans une phase « post-néo-médiévale » conditionnée et modelée fortement par l'emploi du béton armé, notamment préfabriqué, comme on le verra plus loin. Cette étape pourrait être qualifiée d'historiciste tardive.

Les premiers bâtisseurs d'églises en béton/ciment armé font preuve d'une certaine modération. Il est à la fois simple et difficile de définir le caractère stylistique de leurs réalisations. Simple parce que la typologie et l'ambiance générale peuvent conduire à accoler des étiquettes à la hâte. Difficile parce qu'il existe une subtilité dans l'interprétation du programme et dans les éléments invisibles comme le matériau structurel et la technique constructive. Anatole de Baudot dessine à Saint-Jean-de-Montmartre un espace bien au-delà du néo-gothique : simplifié, épuré, rationalisé. Pourtant, l'ambiance qui règne trahit l'inspiration médiévale dans les croisements vaguement ogivaux, dans les diagonales et dans la section fine des éléments de structure en ciment armé. Chez Baudot, la question du style est complexifiée aussi par des références quasi-orientales sinon art-nouveau. Son contemporain Bérard met en œuvre à Notre-Dame de Rungis l'un des plans basilicaux plus simples, qui évoque le Moyen Âge avec ses colonnes basses à chapiteaux évasés et ouvragés, ainsi qu'avec ses baies vitrées élancées et trilobées. Si l'analyse va plus loin dans les détails, des montants et traverses moulurés créent des rythmes sur les murs, mais il s'agit de pièces avec un rôle purement structurel dont l'architecte profite pour assurer un décor à peine traditionnel. Une symbiose entre structure et décoration est ainsi visible chez Bérard, qui est peut-être avec Besnard l'un des rares « puristes » de cette époque. Son disciple Nasousky applique peu ce système constructif-décoratif presque industriel et auto-suffisant, car il le détourne de manière plus pragmatique vers la médiocrité des exigences d'une maîtrise d'ouvrage tournée vers le passé. Il met au point un système de préfabrication en béton armé permettant de créer des églises néo-médiévales imitant parfaitement la pierre, avec un vocabulaire des formes et décors sans aucune intrusion moderne, à l'intérieur comme à l'extérieur. Seule la répétition parfaite des pièces identiques donne l'indice d'un procédé technique moderne. Le béton préfabriqué de la chapelle dominicaine de Strasbourg²⁰⁸ imite si bien le grès rose des Vosges que les éléments détériorés sont remplacés au XXI^e siècle par de la pierre véritable.

Des éléments d'inspiration byzantine sont présents tout au long de la période traitée, généralement dans les églises à coupole, certaines tirées directement des exemples existants, comme le Saint-Esprit

²⁰⁷ Le néo-gothique peut être jugé comme une forme de l'éclectisme, selon certains, par exemple Lorenzo Diez : Séminaire des architectes des Bâtiments de France du Grand Est, 22 mai 2021. N'est-il pas aussi un pré-art-nouveau ?

²⁰⁸ Construite en 1929 par Alfred Nasousky.

de Paul Tournon qui est une interprétation de Sainte-Sophie de Constantinople. Cependant, Tournon n'a pas de fixation pour l'architecture du Byzance ou pour le plan centré, mais plutôt pour les grands édifices de l'histoire. À Élisabethville il interprète en béton armé une Sainte-Chapelle française d'une remarquable cohérence architecturale et technique qui fait presque oublier la lourdeur de ses façades. Des ambiances byzantines sont recherchées par des architectes comme Émile Bois à Saint-Pierre-de-Chailot ou Joseph Flandrin à Notre-Dame-du-Calvaire de Chatillon, à la fois par les proportions, le décor et l'éclairage naturel de l'espace. La coupole de facture byzantine s'accompagne d'éléments art-déco, souvent anodins et noyés dans l'ensemble, comme les chapiteaux de Notre-Dame-de-la Paix à Ribérac par Jacques Laffillée ou les piliers en brique du Sacré-Cœur de Cholet par Maurice Laurentin.

Les références orientales font partie du vocabulaire utilisé à cette époque. Après les courbes entrecroisées et les décors abstraits appliqués au pochoir d'Anatole de Baudot, de Droz et de Marrast, Louis-Marie Cordonnier utilise à la basilique de Lisieux un décor non figuratif en couleurs vives, si peu traditionnel en France, pour souligner les lignes de force de la structure. Godefroy Teisseire le fait aussi à l'église de Lamotte-Warfusée, à une échelle plus modeste. Dom Bellot et Albert Guilbert appliquent également des décors abstraits à Comines et Domfront. Notre-Dame-Auxiliatrice de Nice est un cas à part, où le décor peint est omniprésent et somptueux. Dans le domaine du décor architectonique orientalisant, les concepteurs font référence aux moucharabiehs, comme Guilbert à Sainte-Jeanne-d'Arc de Versailles, ou aux voûtes d'Alhambra, comme Maurice Bouterin pour les trompes de Saint-Martin de Hénin-Beaumont.

Le courant régionaliste a un précurseur et puis un représentant important en Julien Barbier, qui commence ses recherches avant la Première Guerre mondiale avec la remarquable église Saint-Maurice de Bécon-les-Bruyères. L'absence de symétrie en façade, les parements divers inspirés de ceux des maisons ordinaires, une recherche de l'aléatoire et l'abandon des canons académiques en général démontrent une volonté de s'approcher du vernaculaire, du rural et finalement de ce que rappelle dans la vision de cette époque un christianisme primitif correspondant à certaines aspirations sociales. Plus tard à Saint-Rémi de Limé, Barbier questionne à la fois la volumétrie et le vocabulaire traditionnel d'une église par le fractionnement des masses, l'expressivité des toitures surdimensionnées et dominantes, la contradiction entre horizontalité et verticalité et l'aspect fluide des deux grandes baies vitrées de la façade principale. Dans ses églises du Nord, Pierre Leprince-Ringuet utilise une écriture personnelle avec des références romanes ou gothiques influencées par l'art-déco. Il crée une unité stylistique dans les églises qu'il réalise à Villers-Plouich, La Vacquerie, Abancourt, Flesquières et Masnières par l'association brique-béton et la présence de sculptures monumentales de Marcel Gaumont sur les façades principales²⁰⁹.

Dans un contexte de logique de conception changeante d'un projet à l'autre chez certains architectes, la démarche d'Auguste Perret s'impose par son caractère stable et cohérent. Le plan détermine la structure, la structure s'exprime en toute sincérité et sa matière - le béton armé - reste nue. Les rappels

²⁰⁹ *Pierre Leprince-Ringuet. Travaux d'architecture.* Strasbourg : EDARI, s.d. (1935 ?), pp. 62-74.

de la tradition sont éloquents en plan, coupe, volumes, rythme, lumière. Il n'y a pas de décor autre que le résultat de l'harmonie des pièces de l'architecture, avec des exceptions comme quelques vitraux et bas-reliefs. Ce sont les claustras géométriques et les clochers « télescopiques » chez Perret qui marquent certains architectes de la période. Par exemple, Pierre Pouradier-Duteil dessine la chapelle du séminaire de Voreppe s'inspirant à la fois de la Sainte-Chapelle de Paris et du travail de Perret pour dessiner une dentelle de claustras sur tous les murs. L'académicien Tournon s'efforce de réaliser des claustras plus originaux à Élisabethville, en mettant en place un jeu de diagonales irrationnel alors que Perret assume toujours la logique de la préfabrication des pièces carrées et leur pose dans le respect de la pesanteur. D'autre part, Duval et Gonse à Moreuil et Roye, ainsi que Rotter à Saint-Jean-Bosco de Paris s'inspirent sans hésitation du clocher de Notre-Dame du Raincy, en réservant, néanmoins, une approche plus personnelle à l'intérieur. Quand ce n'est pas par les formes, c'est par le traitement des surfaces que Perret est influent. Il est parmi les premiers à assumer le béton apparent, ce que font ensuite Bois, Besnard et Tournon dans leurs prestigieuses églises parisiennes des années 1920-1930.

Certaines églises en béton armé illustrent des rapprochements avec l'avant-garde architecturale des années 1930 tout en gardant une base traditionnelle dans leur type ou dans la composition de l'espace intérieur. À Saint-Géry de Brie, Jacques Debat-Ponsan réinterprète le plan basilical dans une volumétrie cubique en béton apparent dont les toits plats sont lisibles à l'intérieur comme des planchers ordinaires. De grandes « lames de radiateur » horizontales en béton armé forment les abatsons du clocher, alors que le dessin décoratif des claustras indique un emprunt à Perret. Saint-Augustin des Coquetiers à Pavillons-sous-Bois dispose d'une composition de parallélépipèdes avec un intérieur très sobre, couvert de planchers, mais les modénatures présentes sur les façades atténuent l'influence avant-gardiste et nouent un dialogue avec les traditions. Les références cubistes sont aussi adoucies à Notre-Dame de l'Assomption de Wintzenheim dans le Haut-Rhin, où l'intérieur couvert de dalles est dominé par une géométrie rectangulaire. Néanmoins, l'ensemble est décoré discrètement par des moulures simples. Dans la même logique, l'église aujourd'hui désaffectée Sainte-Jeanne d'Arc de Gennevilliers présente un intérieur similaire, presque puriste, mais sa façade en brique à baie parabolique témoigne d'une inspiration expressionniste. Cette dernière se manifeste sous des formes assimilées au contexte culturel local dans les façades et les clochers originaux et élancés dessinés par Jacques Barge pour Sainte-Odile de Paris et Jacques Droz pour Sainte-Jeanne d'Arc de Nice, et naturellement dans les réalisations régionalistes de Julien Barbier, Godefroy Teisseire et Albert-Paul Müller (écrit aussi Muller) occasionnées par la Reconstruction dans le Nord.

Commentaires croisés de religieux et d'architectes

Pour compléter ces considérations stylistiques a posteriori, nous pouvons remonter dans le temps afin d'écouter l'opinion des contemporains sur le bouleversement formel que produit le béton armé dans l'architecture religieuse. Les articles dédiés aux chantiers d'églises sont parfois remplis de considérations quasi-philosophiques sur ce matériau. Ainsi, le religieux Dom Henri Guillebaud écrit dans les pages de *L'Art Sacré*, où il présente l'église d'Audincourt de Dom Bellot :

« Matière à bâtir de beaucoup la plus souple, cet amalgame boueux de ciment, de cailloux et de sable n'impose à peu près aucune discipline à la fonction de l'architecte ; il serait capable de se figer dans l'espace avec la froide rigueur du calcul cérébral : d'où la tentation, pour tel architecte en qui domine le technicien, d'une déviation vers l'art de l'ingénieur, et pour tel autre, plus esthète, de s'égarer dans la fantaisie. Tendances opposées qui se rejoignent en ceci, qu'elles sortent également de la voie de l'architecture authentique. D'impérieux motifs d'économie font de la brique et du béton les matériaux modernes par excellence. Ils incarneront sans doute le style de notre époque si - ce qu'il est permis d'espérer - elle parvient à atteindre au style. »²¹⁰

Dans un contexte où les qualités du béton armé assurent à ce dernier une quasi-ubiquité sur les chantiers de construction d'églises, le bénédictin Marie-Alain Couturier, par ailleurs grand promoteur de la rupture avec l'académisme, croit nécessaire de rappeler les vertus de la pierre sans échapper à la tentation de la comparer avec le béton armé :

« Nos préférences et nos espoirs, avec la spontanéité d'un premier mouvement, s'en vont du côté du béton armé. Pourquoi cette préférence instinctive ? (...) les possibilités et la nouveauté même de ce matériau ont incité les meilleurs constructeurs à de nouvelles formes, à de nouvelles proportions, où leur imagination s'est elle-même renouvelée. (...) Il reste évident qu'il ne faut pas attendre de la pierre qu'elle soit un principe de renouvellement comme l'a été le béton dans ces dernières années ; les formes qu'elle permet ne sont pas très nombreuses. »²¹¹

Robert Mallet-Stevens donne son avis en insistant sur la nécessité de construire des églises dans l'esprit de l'époque dans laquelle on vit. En 1917, il illustre sa vision de Cité moderne avec un lieu de culte manifeste de type basilical en croix latine, mais composé de volumes cubiques qui donnent une interprétation contemporaine à la nef, aux collatéraux, au clocher ou aux contreforts²¹². Pour Mallet-Stevens, l'Église a toujours été à l'avant-garde de l'art, sauf à l'heure où il écrit les lignes suivantes (en 1936), et c'est le XIX^e qui est responsable de cette régression :

« Hélas, aujourd'hui, que dire de l'architecture religieuse ? le XIX^e siècle a tué toute imagination. XIX^e siècle, siècle gigantesque qui donna naissance à l'électricité, au cinéma, à la T.S.F., à l'avion, à l'auto, au béton armé, aux vaccins, aux anesthésiques, siècle qui connut de grands peintres et les plus grands musiciens, siècle, par contre, où s'endormit complètement l'architecture. Et maintenant encore, malgré un réveil qu'on ne peut contester, la plus grande partie de l'architecture somnole. On a peur. On ne sait pas de quoi, mais on semble dans un état de crainte constante. " Que dira le public ? " La foule anonyme, le public est un épouvantail et son opinion semble primer tout.

²¹⁰ GUILLEBAUD Dom Henri. Une église de Dom Bellot. L'Immaculée Conception d'Audincourt. In : *L'Art Sacré*, N° 12, juin 1936, pp. 181-184.

²¹¹ COUTURIER. M.-À. La pierre et l'architecture contemporaine. In : *L'Art Sacré*, N° 36, novembre-décembre 1938, p. 352.

²¹² CINQUALBRE Olivier (dir.) *Robert Mallet-Stevens : l'œuvre complète*. Paris : Centre Pompidou, 2005, p. 92. Le dessin original fait partie d'une série de 32 planches, illustrant les différents édifices d'une « Cité moderne », conservée au Centre Pompidou, Paris.

Pauvre public ! Il n'est pas si sévère et si sot ! C'est pour lui qu'une baie d'église, construite même en ciment armé, doit être dessinée en tiers-point ! »²¹³

Paul Tournon a un discours similaire au sujet du pastiche en matière d'architecture religieuse. Dans son article manifeste publié dans le premier numéro de *L'Art Sacré* en 1935, Tournon fait l'éloge de la simplicité dans la construction des églises. Il s'avance sur le terrain de l'histoire et schématise l'évolution des types d'espace sacré chrétien. Pour lui, la nef (le plan basilical) trouve son origine dans l'habitat primitif avec son toit à deux pans, alors que la rotonde (donc le plan central) descend de la hutte voûtée de pierre ou terre séchée. Par le croisement des deux sont apparus, pour Tournon, le plan en croix latine et le plan en croix grecque. En termes de matériaux, on n'a disposé pendant des millénaires que de pierre et de bois, qui demandent au moins deux points d'appui, mais cela change fondamentalement avec le béton armé :

« Il est donné à notre temps une possibilité nouvelle, l'encorbellement à grande portée qui n'en demande qu'un (point d'appui n.a.). Le fer l'a réalisé dès le milieu du siècle dernier, mais le fer qui sera peut-être demain rendu inattaquable, dans sa masse même, aux agents atmosphériques, a jusqu'ici une durée précaire. Le béton armé le réalise aujourd'hui et sa durée est vraisemblablement illimitée. De ces possibilités nouvelles doivent naître des formes nouvelles, encore faut-il que notre esprit se soit assimilé le sens profond de leur réalité. »²¹⁴

2.1.3 L'implantation urbaine

Après avoir évoqué ces questions théoriques, nous pouvons analyser leur application concrète, à commencer par l'échelle urbaine. Dans la tradition de la « forme et déformation des objets architecturaux et urbains »²¹⁵, certaines églises de cette époque, notamment celles parisiennes, doivent adapter leurs plans raisonnés à l'intérieur d'îlots déjà constitués et parfois sur des parcelles irrégulières. Ce type d'implantation, où l'édifice d'exception doit s'affirmer dans une masse de constructions banales, met en évidence l'abandon de l'urbanisme haussmannien, mais aussi la Séparation entre l'Église catholique et l'État. Jacques Barge modèle un plan dissymétrique pour l'église Sainte-Odile tout en lui donnant des formes pures dans la nef, alors que Paul Tournon à Saint-Esprit et Émile Bois à Saint-Pierre-de-Chailot trouvent les moyens d'insérer des formes symétriques dans les espaces principaux, en remplissant les irrégularités des parcelles avec des fonctions annexes, comme avaient fait Droz et Marrast pour Saint-Louis de Vincennes. Dans ces exemples, les façades ne sont pas toutes dégagées, comme c'est le cas de Saint-Jean de Montmartre ou de Saint-Jean Bosco, elles aussi implantées à l'intérieur d'îlots ordinaires.

²¹³ MALLET-STEVENSON Robert. Pourquoi la France n'aurait-elle pas des Églises Modernes ? In : *L'Art Sacré*, N° 10, avril 1936, pp. 101-102.

²¹⁴ TOURNON Paul. Art. Cit., p. 6.

²¹⁵ Selon la formule de BORIE Alain, MICHELONI Pierre, PINON Pierre. *Forme et déformation des objets architecturaux et urbains*. Paris : Parenthèses, 1978, 256 p.

mais l'architecte Jean Sourdeau réussit à y introduire un octogone parfait, en désaxant le chœur par rapport à l'entrée, faute de place. Il existe aussi des situations urbaines exceptionnellement favorables, comme celle de Notre-Dame-de-la-Trinité de Blois, située sur un vaste terrain qui surplombe la Loire, au fond d'une rue étroite et ascendante qui augmente son caractère monumental. Notre-Dame de Bethléem à Clamecy est située au bord de l'Yonne, où elle reprend l'emplacement d'une église du XIX^e siècle. Enfin, l'église du Sacré-Cœur à Cholet et Saint-Martin à Hénin-Beaumont sont de véritables « sculptures » urbaines en ronde-bosse, au centre de grandes places.

L'urbanisation accélérée de la deuxième moitié du XX^e siècle change l'environnement immédiat et donc la lecture visuelle de certaines églises. Notre-Dame de l'Assomption de Rungis était située dans une périphérie de village à peine bâtie, qui se trouve aujourd'hui radicalement modifiée par l'extension urbaine exponentielle. Sacré-Cœur de Gentilly était placée dans un îlot traditionnel, mais se trouve actuellement bordée de deux autoroutes à tunnels, murs de soutènement et passerelles qui créent un paysage dominé d'infrastructures. De grands bâtiments récents changent l'échelle du tissu urbain initialement pavillonnaire autour de Sainte-Thérèse de Montmagny ou de Saint-Stanislas-des-Blagis. Tout ceci altère la présence paysagère de ces églises, notamment par la concurrence de gabarits.

2.1.4 Le plan allongé ou basilical et le plan centré

Dans la continuité de cette analyse, nous arrivons à la question du plan de l'église. Pendant la période étudiée, les architectes questionnent le type de plan idéal pour un nouveau lieu de culte : basilical (allongé) ou centré. La liberté de conception et l'économie permises par le béton armé font que ces visions théoriques peuvent être mises en application avec un minimum de débat. En effet, la maîtrise d'ouvrage a des hésitations sur le plan le plus adapté au culte, culminant d'ailleurs avec le Concile Vatican II, qui donnera à l'autel une place plus centrale. Quant aux concepteurs, mis à part l'exception notable de Pingusson et dans une moindre mesure de Perret, les architectes préfèrent construire directement en expérimentant la nouvelle technique constructive plutôt que de plaider par écrit pour l'un ou l'autre des types historiques d'église selon des critères spirituels ou sociologiques.

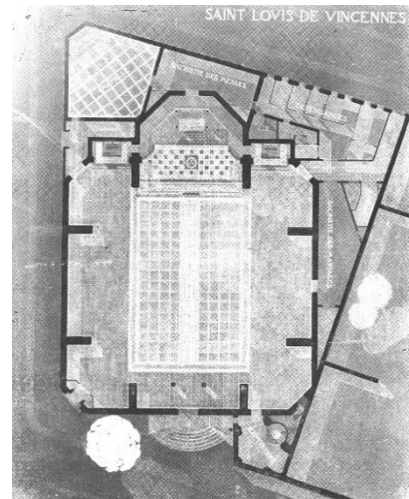
Les précédents historiques modernes de l'opposition plan allongé-plan centré sont marqués par la fascination que l'Italie exerce aux XVII^e et XVIII^e siècles sur les architectes français, sur un fond local d'inertie des traditions gothiques. L'église jésuite Saint-Pierre, bâtie à Nevers par Martellange à partir de 1612, dispose d'un plan en croix grecque et d'une décoration classique, mais les proportions des façades rappellent celles du gothique. Lemercier combine le plan centré et le plan en croix latine à la chapelle de la Sorbonne. Un autre assemblage, sur le modèle du Gesù de Rome, est celui de Mansart au Val de Grâce, alors que pour son église des Visitandines au Marais il choisit une centralité sans ambiguïté, comme Le Vau pour l'église des Quatre-Nations, mausolée de Mazarin. Le projet de chapelle funéraire des Bourbons à Saint-Denis inspire les Invalides. Symptomatique est le choix pour la chapelle royale de Versailles, où Hardouin-Mansart propose en 1684 un plan centré, mais Louis XIV décide de reproduire le plan allongé de la Sainte-Chapelle de Paris. Plus tard, le Panthéon de

Soufflot rappelle encore les traces lourdes de l'héritage médiéval dans la légèreté imprudente de sa structure supportant un triple dôme en pierre inspiré directement du Tempietto de Bramante. Nous constatons deux choses à travers ces exemples : que le plan centré est systématiquement associé au dôme, avec une scénographie funéraire ou spatiale majestueuse, et que malgré les références italiennes, les élévations et les plans sont étirés pour s'approcher des proportions gothiques. Richard Mique évite ces poncifs dans la chapelle des Carmélites à Saint-Denis, construite sur plan centré selon de pures proportions néo-classiques juste avant la Révolution, à l'heure où le franc-comtois Bertrand adopte un plan en croix grecque et un style néoclassique pour l'église Saint-Pierre à Besançon.

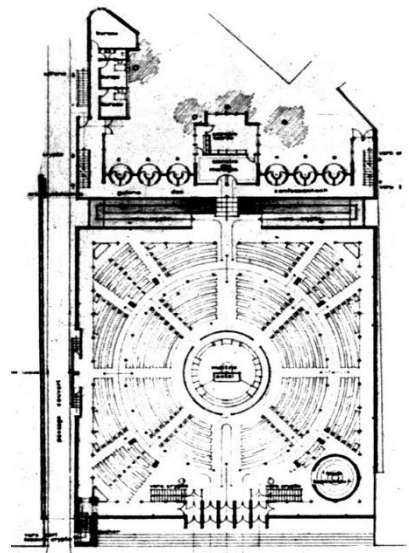
Baltard revient cent ans plus tard à des proportions exagérées pour l'église parisienne Saint-Augustin, mais sans créer de centralité avec son dôme placé au fond d'une nef trop allongée. Avant la fin de la Première Guerre mondiale, le plan centré est déjà promu par Albert Guilbert en 1902 à la cathédrale arménienne de Paris, par Droz et Marrast à Saint-Louis de Vincennes en 1912 ou par Alfred Nasousky en 1918 à Sainte-Cécile du Havre, mais ces exemples ne montrent pas encore la cristallisation d'une nouvelle doctrine.

Paul Noulin-Lespès découvre les églises byzantines à plan centré lors de sa mobilisation en Grèce pendant la Première Guerre mondiale²¹⁶. Au moment de la Reconstruction, il lui paraît inenvisageable de refaire à l'identique les églises détruites par les combats. Marqué par son expérience, il propose en 1919 de croiser les modèles « orientaux » avec l'emploi du béton armé pour deux raisons : le plan centré permet de dégager l'espace, alors que le béton armé assure une réalisation peu coûteuse, adaptée aux difficultés économiques d'après la guerre.

Ce sont des arguments objectifs balayés près de vingt ans plus tard par Charles-Henri Pingusson, pour qui les avantages du plan centré sont d'ordre spirituel. Il considère que le plan basilical évoque « un peuple en marche vers la croix »²¹⁷ et qu'il impose une hiérarchie dans l'accès à l'adoration du Christ. Or, dans le contexte contemporain (nous sommes en 1938) où la presse, le cinéma, la publicité et l'activité politique agressent le fidèle, ce dernier doit « travailler sur soi-même, non se répandre mais



6 Saint-Louis, Vincennes. Plan de l'église.
La Construction moderne, N° 9, 1924.

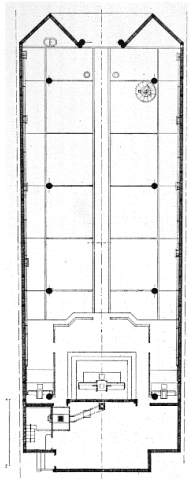


7 Ch.-H. Pingusson.
Plan pour l'église du Jésus Ouvrier.
L'Art Sacré, nov. 1938.

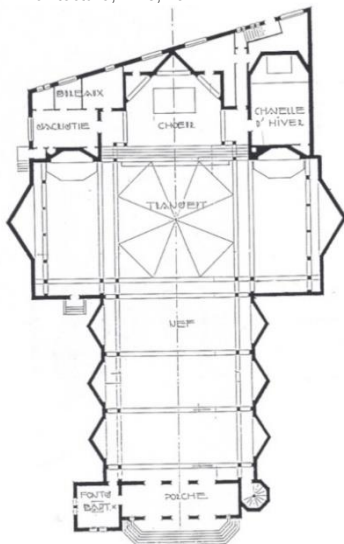
²¹⁶ NOULIN-LESPÈS Paul. La reconstruction des églises dans les régions dévastées. In : *Le Béton armé*, N° 3, décembre 1919, pp. 50-52.

²¹⁷ PINGUSSON Georges-Henri. Construire une église. In : *L'Art Sacré*, N° 35, novembre 1938, p. 315.

s'approfondir, se centrer sur l'exemple de Christ (...)»²¹⁸. Ces mots indiquent clairement le type de plan à privilégier, selon une pensée à la fois égalitaire et défensive. Pour Pingusson, le plan basilical est bon pour organiser une « armée » prête à aller en croisade ou en mission d'évangélisation des terres nouvelles, mais le plan centré est plus adapté au besoin de contemplation de l'homme moderne. Hiérarchie et égalité, propagation et méditation, c'est dans ces termes que l'architecte exprime une vision plus proche de la théologie que de l'architecture. Il illustre ses propos par un projet pour une église en l'honneur de Jésus Ouvrier, sur un plan carré où les places assises s'organisent en cercles concentriques autour de l'autel. La structure est naturellement prévue en béton armé²¹⁹.



8 Sainte-Thérèse, Montmagny.
Plan de l'église.
L'Architecture, N° 3, 1927.



9 L'Immaculée Conception, Audincourt.
Plan de l'église.
Dom Bellot, moine – architecte.

Perret a une préférence pour le plan allongé et plus particulièrement halle, qu'il estime nécessaire pour se situer dans la continuité des églises gothiques. L'architecte constructeur est aussi marqué par ses propres réalisations d'ateliers ou de halles, où la répétition des portiques donne des espaces développés en profondeur. Il faut remarquer que l'intérêt de Perret pour le rapprochement entre la salle de spectacle et le lieu de culte n'est pas anodin. Si pour l'église du Raincy il utilise la déclivité naturelle du terrain afin de créer une pente descendant vers l'autel pour des raisons avant tout économiques, cela devient un pur choix architectural à Saint-Joseph du Havre quelques décennies plus tard.

La conception basilicale est préférée dans les églises utilisant des éléments préfabriqués, car la répétition des éléments de structure, comme dans une halle industrielle, est parfaitement compatible avec les principes du procédé. Eugène Bérard avec Notre-Dame de Rungis, suivi par son disciple Alfred Nasousky avec une série entière de réalisations, se positionnent dans une démarche où l'audace du procédé constructif est camouflée sous une interprétation assez retenue des styles médiévaux. Ce n'est pas le cas de Charles Besnard à Saint-Christophe-de-Javel et plus tard sur son chantier avorté Notre-Dame-de la Trinité à Blois, où la préfabrication est exprimée fièrement dans la forme, la surface et l'assemblage des pièces constitutives. Ces trois constructeurs adoptent des plans développés en profondeur où les points d'appui se multiplient et justifient une réalisation plus rapide et plus économique, ce qui n'est pas valable pour un plan centré généralement limité à quatre points d'appui.

²¹⁸ Ibidem.

²¹⁹ Pour approfondir : TEXIER Simon. Vers le plan centré : concevoir et construire la nef moderne (1900-1960). Conférence, 10 janvier 2019. In : Construire pour le culte : projets artistiques et techniques au XX^e siècle. Cité de l'architecture et du patrimoine. URL : <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/video/vers-le-plan-centre-concevoir-et-construire-la-nef-moderne-1900-1960>. (Consulté le 10 août 2023).

En l'absence de préfabrication dans les exemples de plan basilical, la répétition des éléments de structure permet une réelle économie soit par le emploi des coffrages, soit par la répétition de gestes constructifs diminuant la nécessité d'apprentissage et de suivi. Nous constatons ces pratiques à l'Immaculée Conception d'Audincourt par Dom Bellot, ou à Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus de Metz par Roger-Henri Expert. Dans un exemple technologique plus élaboré, les coupoles de Sainte-Odile de Paris sont coulées l'une après l'autre sur un monumental coffrage coulissant.

La recherche d'innovation spatiale n'est pas étrangère à ceux qui choisissent le plan basilical. Les proportions, profils ou détails de décoration font souvent l'objet d'un grand soin dans la conception architecturale et créent une ambiance particulière. L'arc parabolique élancé, symbole du perfectionnement de la tradition gothique, est l'un des éléments caractéristiques et récurrents de ces expériences. Il remplit des rôles variés dans l'ambiance intérieure, en étant parfois mis en évidence sans accompagnement décoratif outre sa propre répétition comme à Sainte-Marie-des-Vallées de Colombes, sinon fondu dans toute la simplicité d'une voûte sans doubleaux comme celle de Saint-Remi de Roupy. Au contraire, il peut aussi enrichir et sublimer l'espace par des interprétations hybrides de la tradition occidentale et orientale, comme à Saint-Martin de Martigny-Courpierre où la croisée des quatre arcs paraboliques dispose de pendentifs très allongés, peints avec les figures filiformes des évangélistes, alors que le Christ au-dessus du chœur est représenté en anamorphose.

Le plan centré n'est pas déterminé par le rythme des points d'appui, des arcs et voûtes, ce qui donne un caractère d'unicité à chaque mise en œuvre. Néanmoins, les architectes de l'époque arrivent à concevoir un système constructif synthétique qui est beaucoup repris. Le croisement de quatre arcs délimitant une nef carrée est ainsi introduit - en maçonnerie - par Albert Guilbert à la cathédrale arménienne de Paris, pour être perfectionné - en béton armé - par Droz et Marrast à Saint-Louis de Vincennes et appliqué ensuite en diverses variantes, entre autres à Sainte-Thérèse-de-Lisieux de Montpellier, Sainte-Jeanne d'Arc de Versailles, Saint-Rémi de Limé ou Saint-Julien de Domfront.

Toutes les applications de plan centré n'utilisent pas ce schéma structurel simple et économique. Sacré-Cœur de Cholet, l'église du Saint-Esprit de Paris ou la basilique Sainte-Thérèse de Lisieux²²⁰ appliquent l'archétype byzantin de transition du plan carré au plan circulaire par des arcs en plein cintre et des pendentifs supportant une coupole. Un cas particulier est celui de Saint-Louis de Marseille, où des pendentifs assurent la transition du plan polygonal vers la base circulaire de la coupole. Une autre interprétation assez libre est celle de Notre-Dame de Clamecy, où les arcs dessinent des anses de panier et la coupole est remplacée par une voûte partiellement en « béton translucide » dont les pavés de verre remplissent un rôle à la fois de décoration et d'éclairage naturel. Pour l'église Sainte-Jeanne d'Arc de Charleville-Mézières²²¹, Pierre Chirol dessine un plan octogonal irrégulier libre de tout point d'appui, avec des doubles demi-arcs diagonaux se réunissant en un anneau supportant le tambour ajouré de la coupole. C'est une solution originale qui évite le

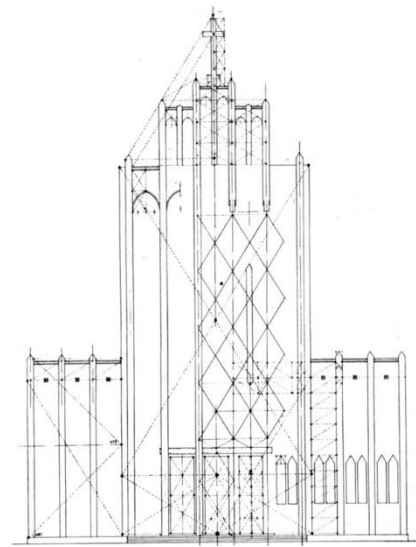
²²⁰ Aussi : Saint-Ferdinand des Ternes, Sacré-Cœur à Gentilly, Notre-Dame-du-Calvaire à Chatillon.

²²¹ HOUILLIER J. B. L'Architecture au Salon des Artistes Français. Église Sainte-Jeanne d'Arc à Charleville. In : *La Construction moderne*, N° 38, 19 juin 1932, pl. 138 et p. 621.

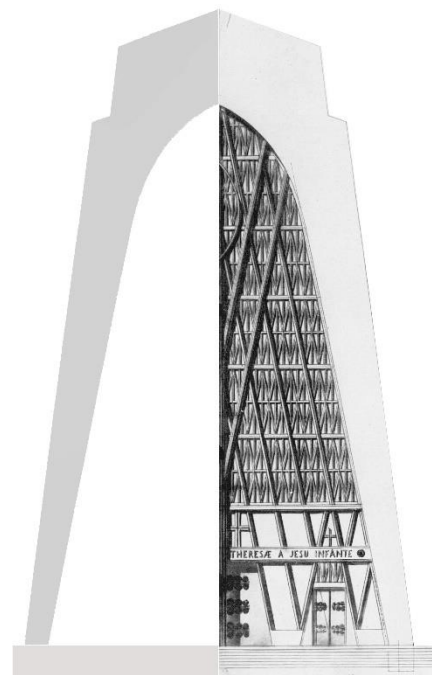
2.1.5 Géométrie et spatialité

Dans les plans de leurs églises, les architectes expérimentent non seulement des types divers, mais aussi des tracés régulateurs et des proportions mathématiques. Le système constructif en béton armé qui permet de libérer la conception de l'espace est encadré par des règles géométriques soit inventées, soit anciennes. Si Anatole de Baudot crée un jeu géométrique savant et tridimensionnel de diagonales et carrés à Saint-Jean de Montmartre, Émile Brunet dessine le plan de Saint-Léon de Paris sur la base du rectangle d'or, qu'on retrouve littéralement dans les proportions horizontales de la nef et des deux bras du transept. Jacques Droz utilise une composition de cercles pour le plan de Sainte-Jeanne d'Arc de Nice. Les tracés régulateurs employés par Henri Vidal pour les façades de l'église Sainte-Anne à Tavaux Cités (Jura)²²⁶ et de Sacré-Cœur d'Agen sont publiés de manière démonstrative afin d'illustrer le contrôle des proportions²²⁷. Roger-Henri Expert s'inspire des proportions du gothique flamboyant pour la nef de Sainte-Thérèse de Metz, mais la lecture de l'espace est très influencée par la suppression des verticales au profit des lignes inclinées des arcs ogivaux. Par contraste, Perret utilise les proportions du gothique classique, mais ne retient pas l'arc ogival comme élément de vocabulaire. Pour lui, ce sont les piliers élancés et la lumière qui énoncent le caractère sacré de l'espace.

Le graphisme de l'ossature en béton armé est souvent exploité comme moyen d'expression architecturale. Anatole de Baudot, Droz, Noulain-Lespès et Dom Bellot mettent en œuvre des réseaux d'éléments constructifs fins qui, malgré leur apparence familière rappelant les arcs brisés ou en plein cintre, dessinent des espaces impossibles à réaliser sans le monolithisme du béton armé. À l'église de l'Immaculée-conception d'Audincourt, Dom Bellot met en œuvre des arcs à profil brisé en segments droits, un principe qu'il reprend de manière plus ouvragée à Notre-Dame de la Paix de Suresnes, où il charge ces éléments d'une fonction décorative.



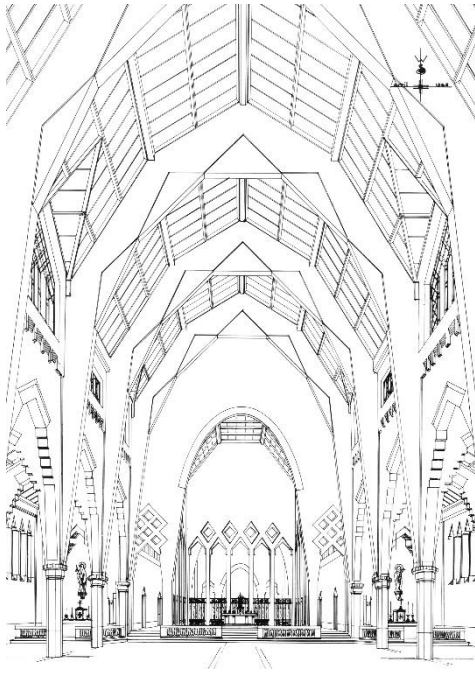
12 Sacré-Cœur, Agen. Tracé régulateur de la façade. *L'Architecture française*, N° 35, 1943.



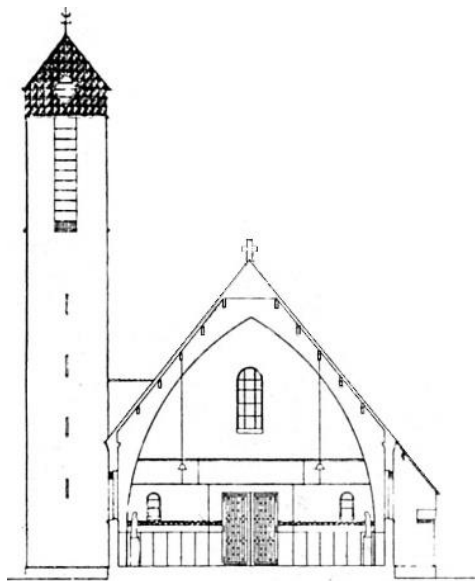
13 Sainte-Thérèse, Metz. Travée (façade).
Dessin : l'auteur, d'après *L'Architecture française*, N° 12, 1941.

²²⁶ A. H. Église de Tavaux-cités (Jura). H. Vidal architecte. In : *L'Architecture française*, N° 6, 1941, pp. 11-20.

²²⁷ C'est le cas pour d'autres églises de Vidal, dont les plans publiés mettent en avant les tracés régulateurs : OLLIVIER Félix. Édifices religieux d'Henri Vidal pour la banlieue parisienne. In : *L'Architecture*, N° 2, 15 février 1938, pp. 47-64.



14 Notre-Dame de la Paix de Suresnes.
Dom Bellot-moine architecte.



15 Saint-Laurent, Rosny-sous-Bois. Coupe.
L'Architecture, N° 6, 1931.

Dans ce contexte dominé par le dessin rationnel et la simplification, une expression moins courante est celle organique, illustrée par Sainte-Jeanne d'Arc de Nice de Jacques Droz, mais aussi par les églises rurales de Julien Barbier, où elle revêt une dimension régionaliste. Dans un projet d'église reconstruite en ciment armé exposé en 1922 par P. Bon, architecte à Cambrai, le plan traditionnel allongé est déformé selon une multitude de courbes qui rappellent l'organicité de l'art-nouveau, alors que les nervures des voûtes évoquent les épines du système Cottancin²²⁸.

Dans la recherche d'innovation, le répertoire typique de l'espace de culte est remis en question. Les voûtes brisées ou en plein cintre sont parfois mises à l'écart au profit des voûtes surbaissées, comme à Notre-Dame du Raincy, la chapelle de Voreppe et Notre-Dame-de-la-Trinité de Blois, des voûtes « fragmentées » en plans droits comme à Saint-Jean Bosco de Paris ou Notre-Dame-des-missions d'Épinay-sur-Seine²²⁹, des planchers à caissons comme à Saint-Vincent-de-Paul de Sotteville-lès-Rouen²³⁰, ou des dalles simples comme à Sainte-Agnès de Maisons-Alfort ou Saint-Augustin-des-Coquetiers de Pavillon-sous-Bois. Édouard Monestès couvre la nef de l'église de Quessy (Aisne) par une pseudo-voûte formée de deux « escaliers » filants laissés apparents à l'extérieur²³¹. Plus simple, Jacques Debat-Ponsan fait usage d'une superposition pyramidale de dalles afin d'apporter la lumière dans la nef de l'église Saint-Géry de Brie.

Les charpentes peuvent inclure une partie du volume de la nef, comme à la chapelle de l'institution Sainte-Marie de Cholet ou à la chapelle Saint-Yves de Saint-Brieuc. Pour la modeste église Saint-Laurent de Rosny-sous-Bois dessinée par l'ACMH Albert Chauvel²³², les arcs ogivaux de la nef

²²⁸ Salon d'automne 1922. Projet d'église en ciment armé. M. P. Bon, architecte. In : *La Construction moderne*, 7 janvier 1923, pl. 57-58 et pp. 174-175.

²²⁹ Cette église est un ancien pavillon de l'exposition de 1931, réalisé par l'entreprise générale Auguste Fabre.

²³⁰ L'exposition d'art religieux de Rouen. R. Lagnel architecte. Église de Saint-Vincent-de-Paul de Sotteville-lès-Rouen. In : *La Construction moderne*, N° 32, 8 mai 1932, pp. 523-528.

²³¹ *La Construction moderne*, N° 42, 17 juillet 1932, couverture et pp. 682-683. Très endommagée par la Deuxième Guerre mondiale, la nef est reconstruite après 1950.

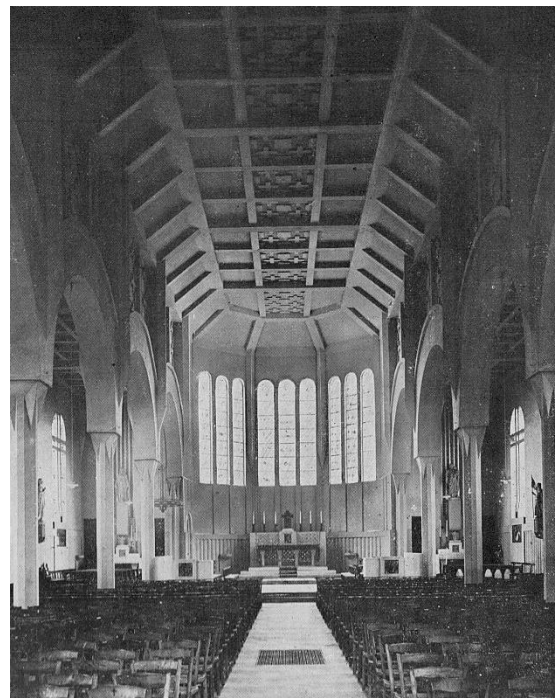
²³² LOUVET Albert. Les églises modernes. L'église Saint-Laurent à Rosny-sous-Bois. In : *L'Architecture*, N° 6, 1931, pp. 211-216 ; C. M. Église Saint-Laurent à Rosny-sous-Bois. In : *La Construction moderne*, 1^{er} février 1931, pp. 274-280.

forment aussi les supports de la charpente, comme à Notre-Dame-des-mineurs de Waziers ou dans les églises de Dom Bellot. Avec un usage parcimonieux du béton armé, Maurice Novarina utilise un réseau d'arcs brisés rares et fins pour Notre-Dame du Léman de Vongy (Haute Savoie), qui forment les supports discrets de la voûte à caissons en bois à l'intérieur et de la toiture à deux versants à l'extérieur²³³.

À l'église Sainte-Jeanne d'Arc de Lunéville²³⁴, construite en 1911, l'architecte diocésain Jules Criqui couvre la nef d'une charpente apparente en béton armé système Hennebique, avec de fortes pentes pour envelopper le profil ogival. Le principe est repris plus tard à Saint-François-d'Assise de la rue Mouzaïa à Paris par Paul Courcoux et son frère Auguste, qui se situent plus pertinemment dans la tradition préromane en utilisant une pente plus faible²³⁵. Certains architectes suppriment complètement les charpentes en exprimant plus sincèrement l'espace intérieur en volumétrie, comme au Saint-Esprit de Paris, à Sainte-Jeanne-d'Arc de Nice ou à l'église de la Très-Sainte-Vierge de Quessy (Aisne).



16 Saint-François-d'Assise, rue Mouzaïa, Paris.
Charpente en béton armé.
La Construction moderne, N° 32, 1932.



17 Saint-Vincent-de-Paul, Sotteville-lès-Rouen.
Plancher en béton armé apparent.
La Construction moderne, N° 19, 1932.

²³³ L. H. Deux églises en Haute-Savoie par M. M. Novarina. In : *L'Architecture*, N° 2, février 1939, pp. 49-54.

²³⁴ Église B. Jeanne-d'Arc à Lunéville. In : *Le Béton armé*, N° 183, août 1913, pp. 119-121.

²³⁵ Église Saint-François d'Assise rue de Mouzaïa à Paris. In : *La Construction moderne*, N° 45, 7 août 1932, pp. 744-747.
En Belgique, une charpente similaire est mise en œuvre à l'église Saint-Joseph à Deurne-Anvers par Jef. Huygh.

2.1.6 Matérialité

Pour qualifier une église « en béton armé », nous considérons que ce matériau est essentiel à sa stabilité et en détermine la géométrie. Le béton armé peut être dissimulé derrière d'autres matériaux de parement ou de remplissage²³⁶. En utilisant le nouveau matériau, les concepteurs se rendent compte rapidement que la structure de l'édifice n'est plus objectivement soumise aux règles traditionnelles du système trilitique ou du voûtement. Elle devient un monolithe, qu'Emmanuel Chaine résume de la façon suivante, au sujet de Saint-Jean de Montmartre : « et si une main géante pouvait saisir l'église par les voûtes, elle l'arracherait tout entière du sol »²³⁷. Anatole de Baudot est convaincu que le monolithisme entraîne un changement de paradigme : « c'est un pas fait qui aura des conséquences, car, ainsi compris, ce matériau me semble appelé à transformer les solutions architectoniques actuelles (...) »²³⁸. Maurice Denis, pourtant sans formation d'architecte, remarque la redondance des formes anciennes sur une église monolithique : « Votre monument est un monolithe qui tient tout seul : à quoi bon des croisées d'ogive ? (...) Et moi je vous dis : tout ce qui est faux, tout ce qui veut tromper n'est pas à sa place à l'église »²³⁹.

Pour Paul Tournon, le changement fondamental qu'apporte le béton armé dans la conception des structures est l'encorbellement à grande portée nécessitant un seul point d'appui, qui bouscule une histoire multimillénaire de la construction fondée sur au moins deux points d'appui²⁴⁰. Ce n'est qu'une réflexion, certes audacieuse, mais qu'il ne met pas en pratique comme Wright²⁴¹ ou plus tard Nervi²⁴².

Avant 1940, les architectes oscillent entre l'effort de donner un caractère noble à la peau du béton et la recherche d'habiller cette « boue » par des matériaux considérés qualitatifs. En réalité, le béton entièrement apparent représente l'exception, et des cas comme Notre-Dame du Raincy, Sainte-Thérèse de Montmagny ou Notre-Dame de Clamecy sont rares. Les églises parisiennes du Saint-Esprit et Saint-Pierre-de-Chailot utilisent un béton apparent uniquement à l'intérieur, alors que les façades sont en brique ou pierre de taille. Dans les usages courants, la structure en béton armé est au moins enduite, comme dans les églises de Dom Bellot. Saint-Jean Bosco par Dimitri Rotter exprime bien ce que pourrait être une église de Perret peinte en blanc.

Une recherche d'intégration dans le paysage régional s'effectue à travers l'usage de certains matériaux, par choix ou plus souvent par économie. Pour les façades des églises reconstruites dans le Nord, les architectes mettent en œuvre la brique rouge locale, alors que dans l'Aisne c'est la pierre qui joue ce rôle. Dans les Ardennes, les façades de l'église Sainte-Jeanne d'Arc de Charleville-Mézières sont en schiste local d'aspect rude posé sur la structure en béton armé. En Normandie, l'ossature en béton

²³⁶ Comme le béton dans l'architecture romaine, aussi recouvert de marbres.

²³⁷ CHAINE Emmanuel. L'église Saint-Jean de Montmartre. In : *La Construction moderne*, 15 avril 1905, p. 341.

²³⁸ DE BAUDOT Anatole. L'église Saint-Jean de Montmartre. In : *La Construction moderne*, 6 mai 1905, p. 375.

²³⁹ DENIS Maurice. Les nouvelles directions de l'art chrétien. In : *Nouvelles théories sur l'art moderne, sur l'art sacré 1914-1921*. Paris : L. Rouart et J. Watelin, 1922, p. 215. Texte de la conférence faite à la Revue des jeunes, février 1919.

²⁴⁰ TOURNON Paul. Art. Cit., p. 7.

²⁴¹ Le bâtiment administratif de Johnson Wax, Racine, État de Wisconsin, conçu par Frank Lloyd Wright, 1936-1939.

²⁴² Pallazo del Lavoro, Turin, conçu par Pier-Luigi Nervi, 1959-1961.

armé des façades de Saint-Julien de Domfront est remplie avec les moellons en grès provenant de la démolition de l'ancienne église²⁴³.

Les parties sommitales des clochers sont des ouvrages démonstratifs réalisés généralement en béton apparent, sans distinction de région. Ce motif peut être illustré par les églises d'Auguste Perret, Dom Bellot, Jacques Droz, mais aussi par celles des architectes exerçant dans les régions reconstruites, comme Jacques Debat-Ponsan ou Albert-Paul Müller, qui fait appel au sculpteur Émile-Just Bachelet à l'église de Martigny-Courpierre. Paul Tournon demande au sculpteur Carlo Sarrabezolles de créer l'ornement monumental du clocher de Saint-Louis de Villemomble. Raymond Couvègnes réalise les hauts-reliefs en béton armé de l'église de Moreuil, reconstruite partiellement par Charles Duval et Emmanuel Gonse.

Pour les parties supérieures des volumes des nefs, le bois est très limité et si des charpentes existent, elles sont en béton armé. L'optimisation de l'espace va jusqu'à la suppression des combles ou la diminution drastique des éléments de charpente. Certaines églises comme Saint-Jean de Montmartre ou Sainte-Jeanne d'Arc de Nice n'ont pas d'autre couverture que l'extrados en béton des voûtes, alors que la plupart des églises en béton armé avant 1940 sont couvertes en tuiles ou ardoises.



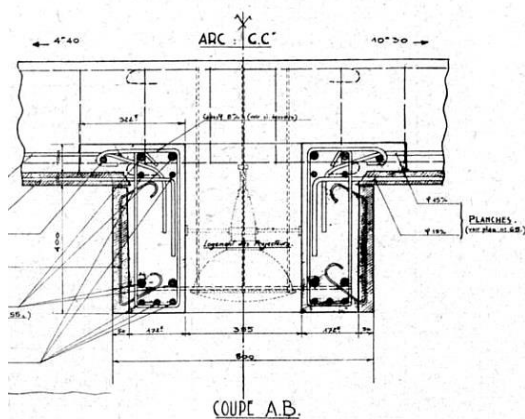
18 Saint-Vaast de Moreuil : Dialogue de matériaux entre la nef reconstruite au XIX^e siècle et le clocher en béton armé peint des années 1930. Photo : l'auteur, 2023.

2.1.7 Détails propres au béton armé

En plus de la recherche d'innovation générale sur l'espace sacré, les architectes exploitent la versatilité du béton armé pour créer des détails propres à ce matériau. Bérard et Besnard proposent des éléments de structure préfabriqués qui incluent un décor sans rapport avec les styles traditionnels, mais qui soulignent les lignes de force de la composition. Au contraire, si Nasousky utilise des éléments d'inspiration médiévale, c'est leur répétition et leur exécution parfaite qui présentent un caractère moderne. Dans un registre de schématisation, Dom Bellot joue avec les lignes droites brisées auxquelles il accorde un rôle décoratif à l'échelle de tout l'espace intérieur. Connectés à l'avant-garde, Philippot et Debat-Ponsan mettent en place des « lames de radiateur » aux clochers de Saint-Jean l'Évangéliste de Drancy et de Saint-Géry de Brie.

²⁴³ La chapelle de Ronchamp sera bâtie plus tard par Le Corbusier avec les pierres de l'ancien sanctuaire démoli.

L'attention accordée à l'éclairage naturel ou électrique se manifeste dans les détails. Perret ouvre une série d'expérimentations sur les claustras, dont on peut citer celles très massives et opaques de Georges Théodore Renaud à Clamecy, mais aussi celles lumineuses de Pouradier-Duteil à Voreppe, ou les fins réseaux circulaires de Pierre Chirol à la chapelle du collège de Normandie de Mont-Cauvaire. À Saint-Stanislas-des-Blagis, l'éclairage électrique est intégré dans les « clés de voûte lumineuses », espaces vides conçus dans le béton armé par Jean et Georges Braive²⁴⁴. Danis a recours à des motifs décoratifs dans le dôme en pavés de verre de Saint-Jean-Eudes de Rouen²⁴⁵.



19 Détail de lampe intégrée et d'armatures.
Saint-Stanislas-des-Blagis.
La Construction moderne, N° 11, 1937.

Les armatures sont un « détail » invisible mais fondamental. Elles font l'objet d'études approfondies afin de respecter le dessin de l'architecte, parfois en contradiction avec la technique du béton armé. Les exemples des églises de Besnard, Bois et Tournon illustrent le soin particulier mis en œuvre par les entrepreneurs ou bureaux d'études afin d'obtenir un béton de haute qualité. Dans les revues de l'époque, les plans d'armatures sont publiés pour démontrer ces efforts intellectuels de rationalisation et technicité. Les détails de ferrailage présents dans les archives de l'église Saint-Christophe-de-Javel sont remarquables par leur complexité et leur finesse.

2.1.8 Un élément caractéristique : le clocher en béton armé apparent

La possibilité de créer des squelettes ou parois découpées en béton armé donne l'idée de composer d'une façon originale l'élément architectonique de l'église le plus présent dans le paysage. Le clocher en béton armé apparent forme l'objet d'une incessante recherche de formes et d'expressions, qui démarre avec l'insolite clocher-porche d'Anatole de Baudot et finit avec le monument de raffinement créé par Jacques Barges pour Sainte-Odile de Paris, les deux sur des bases en brique.

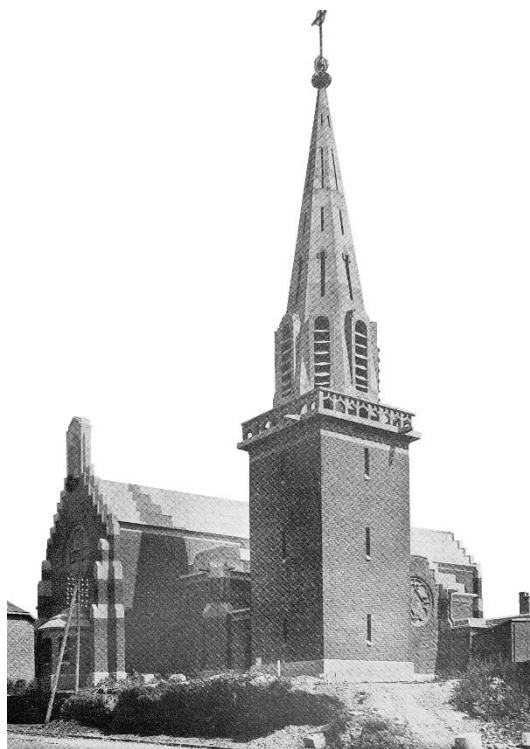
À l'origine, l'église Sainte-Cécile du Havre (1918-1922) dispose d'un clocher en béton armé ajouré dessiné et construit par Alfred Nasousky dans un style néo-gothique, démonté dans les années 1950. Le premier niveau est plein et de plan carré jusqu'à la hauteur de la corniche de la nef. À partir de ce niveau, des groupements de quatre colonnes distinctes mais reliées à quatre niveaux intermédiaires par des anneaux raidisseurs dessinent un plan octogonal. Ce dernier se matérialise par un couronnement en terrasse ponctué de gargouilles et pinacles.

²⁴⁴ A. B. L'église Saint-Stanislas des Blagis. In : *La Construction moderne*, N° 11, 3 janvier 1937, pp. 214-220.

²⁴⁵ CLÉMENT-GRANDCOUR Charles. L'église Saint-Jean-Eudes à Rouen. In : *La Construction moderne*, N° 31, 4 juillet 1937, pp. 675-680.

Pour Notre-Dame de Sotteville-lès-Rouen (1916-1926), le même constructeur met en place une toiture-flèche à quatre pans en « dentelle » de béton armé. Dans une logique similaire mais simplifiée, Saint-Pierre de Condren dispose d'un clocher-porche massif en brique sur plan carré, avec des contreforts d'angle en béton apparent surmontés de pinacles néo-gothiques. Sur un plan octogonal, la flèche en béton brut est ici percée d'octogones sur toutes ses facettes. Dans la même lignée se situe Saint-Martin de Monthenault, mais avec des percements cruciformes dans la couverture, ou Saint-Remi de Roupy avec des ouvertures circulaires.

Le clocher de Saint-Martin de Martigny-Courpierre est parmi les plus élaborés de cette époque, avec son caractère nettement sculptural. Une extrême finesse de la charpente en béton armé apparent se distingue au niveau de la flèche élancée et complètement évidée du clocher de Saint-Pierre de Lamotte-Warfusée. Au contraire, le clocher de l'église Saint-Quentin de Villers-Plouich est un exemple de volume massif et lourd, avec sa toiture pyramidale pleine et épurée contrastant avec la densité décorative des baies, dans une synthèse néo-romane-art-déco. Le clocher-campanile de l'église de Quesy est composé d'une solide base pleine en briques surmontée d'une flèche octogonale en béton apparent, dans une composition d'un remarquable équilibre des proportions. Pour la reconstruction de l'église Notre-Dame-du-Sacré-Cœur d'Armentières (1927-1928), l'architecte Trannoy crée l'un des seuls exemples de cette époque de doubles tours-clochers en béton apparent, construites sur une base en grès rose des Vosges²⁴⁶ et couronnées de flèches ajourées composées d'arêtiers inclinés.



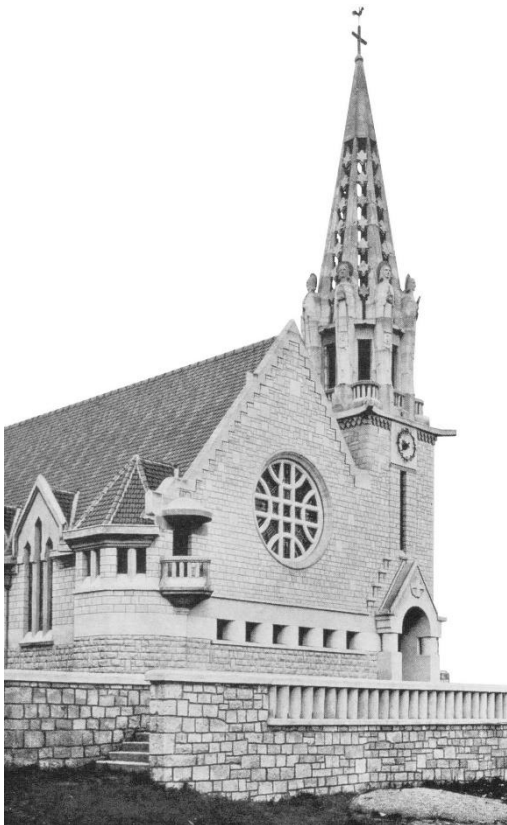
20 L'église de la-Très-Sainte-Vierge, Quesy.
La Construction moderne, N° 29, 1932.

Perret introduit un nouveau motif avec le clocher de l'église du Raincy, construit en groupements de colonnes à retraits successifs. L'exemple est quasiment copié par Duval et Gonse à Saint-Vaast de Moreuil et interprété de manière plutôt libre par les mêmes à Saint-Pierre de Roye et par Rotter à Saint-Jean-Bosco de Paris.

Le traitement des abat-sons est divers, entre les lamelles fines de proportions traditionnelles de Notre-Dame-de-la-Nativité de Hussigny-Godbrange et lames horizontales surdimensionnées du clocher de Saint-Géry de Brie, l'un des plus modernes de la période. Le clocher de la chapelle de Voreppe dispose de fines lamelles horizontales en béton armé surmontées d'une toiture-flèche

²⁴⁶ NOUILHAT H., BERGEAUD. La reconstruction d'Armentières (Nord). In : *Le Béton armé*, N° 279, mai 1931, pp. 633-638.

pyramidale très élancée en béton plein, ce qui crée un fort contraste visuel entre la légèreté des unes et la lourdeur de l'autre. Une autre solution est adoptée à la chapelle Saint-Joseph de Lannion, où les versants de la flèche sont des lamelles horizontales inclinées qui allègent l'ensemble. Paul Tournon choisit une flèche d'inspiration gothique par ses proportions à Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus d'Élisabethville, sur laquelle Charles Sarrabezolles ajoute des sculptures figuratives. À l'église disparue Saint-Pierre d'Alfortville, le même duo architecte-sculpteur exécute une énorme statue-flèche de l'apôtre, dont la verticalité est soulignée par l'élévation des bras qui tiennent la croix.



21 Saint-Maurice, Brancourt-en-Laonnois.
Albert Paul Muller. Œuvres architecturales 1926-1932.

Réalisée entre 1924-1925 selon les plans de Jean Charavel (1881-1957), l'église Sainte-Marguerite de Vermand détient un des plus grands clochers ajourés en béton armé de cette époque, de la même famille que celui de Lamotte-Warfusée. Cette épaisse tour surmonte la croisée d'un plan basilical couvert d'une toiture à forte pente et domine le paysage. Ses façades se composent de remplages d'inspiration vaguement gothique, couronnés en partie haute par des pignons pointus. À l'église Saint-Quentin de Jussy (Aisne), Charavel réalise un clocher octogonal à flèche ajourée en béton armé. C'est notamment la qualité et le raffinement de l'articulation entre la base en brique et la partie sommitale en béton armé du clocher qu'il faut souligner. Sans ligne de démarcation nette, la brique se perd derrière les éléments ajourés en béton, qui, lui, descend sur les façades matérialisé dans les verticales des croix. Non protégée, cette église présente actuellement des pathologies classiques assez légères du béton armé sur le clocher et sur le Christ, avec la présence de réparations et d'un badigeon blanc, posé pour uniformiser l'aspect.

Charles-Henri Besnard utilise un mélange de matériaux pour le clocher de Saint-Christophe-de-Javel, où l'ossature est en brique et la couverture et les abat-sons en béton apparent. Jacques Barge fait une association similaire pour l'imposant clocher de Sainte-Odile de Paris. Jacques Droz recourt également à une couverture en béton pour la toiture en pyramide octogonale du clocher de Sainte-Jeanne-d'Arc de Saint-Eloi les Mines, solution qu'il adopte également à Saint-Martin de Vendhuile.

Albert-Paul Müller reconstruit en 1930 l'église Saint-Maurice de Brancourt-en-Laonnois (Aisne) en employant le béton armé. La flèche représente la moitié de la hauteur de la tour-clocher et elle est

réalisée en béton apparent sculpté par Gabriel Dufrasne²⁴⁷. Huit saints debout situés à chaque angle d'un octogone forment un tambour et sont reliés au niveau de leur taille par une poutre soutenant la toiture ajourée. Cette dernière dispose de huit arbalétriers à forte pente soulignant l'ascension par leur élévation triangulaire. Entre ces éléments sont placées sur chaque face sept étoiles de David en béton, complétant ce dispositif très ornemental. En raison des dégradations du béton, une campagne de réparation de la flèche²⁴⁸ a lieu en 2012.

La volumétrie de l'église Saint-Remi de Roupy (Aisne), construite en 1922 par Charavel, Melendès et Esnault, est dominée par la lourde tour-porche excentrée par rapport au pignon de la nef. Sa base carrée est traitée en brique rouge apparente, tout comme les autres façades, alors que le niveau supérieur (le clocher et la flèche) est un squelette ajouré, intégralement en béton armé, où se concentre tout l'effort décoratif. On note les gargouilles en béton stylisées qui marquent le passage vers le niveau haut. De grandes croix délimitées par de fins montants moulurés en béton armé sont installées sur chacune des quatre façades, avec un remplissage en claustras cruciformes sur module carré à rôle décoratif. Les bras horizontaux des croix se prolongent pour s'unir en arrondissant les angles. Quatre anges avec les bras ouverts et les ailes déployées, réalisés en béton moulé surmontent ce premier niveau et encadrent la toiture sur base octogonale. Cette dernière dispose d'arêtes fines légèrement saillantes et de plusieurs registres percés de jours circulaires sur chaque versant qui laissent entrevoir le jeu de la volée des cloches²⁴⁹, dans un dessin très graphique qui annonce l'art-déco.



22 L'église Saint-Remi de Roupy et la nouvelle mairie. Vue générale.
Léon Azéma, *Documents d'architecture contemporaine*.

²⁴⁷ DANYSZ Jacqueline. La reconstruction des églises dans le diocèse de Soissons Années vingt - Années trente. In : *Société historique de Haute-Picardie*, tome XLVI, 1999, p. 101. URL :

http://www.histoireaisne.fr/memoires_numerises/chapitres/tome_44/Tome_044_page_085.pdf (Consulté le 10 août 2023).

²⁴⁸ ALBERTS Jennifer. Brancourt-en-Laonnois (02) : des alpinistes pour sauver le clocher de l'église. In : *France3-régions*, 20 novembre 2012. URL : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/hauts-de-france/aisne/brancourt-en-laonnois-02-des-alpinistes-pour-sauver-le-clocher-de-l-eglise-146710.html> (Consulté le 10 août 2023).

²⁴⁹ AZÉMA Léon. *Documents d'architecture contemporaine*. Tome 1. Paris : A. Vincent et Cie, 1927, planches XXXIX-XLI.

2.2 Les points de vue des acteurs de l'architecture religieuse

Associé au départ aux fondations, aux canalisations ou aux réservoirs, le béton armé est jugé indigne d'une architecture noble pendant plus d'une décennie. C'est grâce à l'effort personnel de quelques pionniers que le nouveau matériau peut démontrer ses vertus dans la construction d'édifices aussi chargés de symboles que les églises. Il s'agit de prises de position tant pratiques que théoriques, non sans risques d'ordre polémique ou administratif. Cette période de promotion combative du nouveau matériau s'étend de la fin du XIX^e siècle jusqu'à la Première Guerre mondiale. Ultérieurement, sous la pression de la quantité et qualité croissantes de la production architecturale en béton armé, le matériau n'a plus besoin de défenseurs. Nous retenons les contributions de quelques acteurs majeurs durant ces deux phases, représentatifs à la fois pour la pratique constructive et décorative, l'enseignement et la vision de l'Église catholique.

2.2.1 Anatole de Baudot, fondateur d'une nouvelle pensée constructive

L'historiographie mondiale de l'architecture retient Anatole de Baudot, né à Strasbourg en 1834, pour son œuvre majeure, l'église Saint-Jean de Montmartre, l'un des premiers édifices publics en béton armé. Henry Russel Hitchcock²⁵⁰, William Curtis²⁵¹, Kenneth Frampton²⁵² ne sont que trois des principaux auteurs qui mentionnent Anatole de Baudot dans leurs ouvrages de référence sur l'architecture universelle du XX^e siècle.

En France, où il a aussi un rôle fondamental dans la création et la formation du corps professionnel des architectes spécialisés dans le patrimoine, il est oublié pendant des décennies après sa mort en 1915. Peter Collins est le premier qui mentionne en 1959, dans une première étude de portée internationale sur l'histoire du béton armé dans l'architecture²⁵³, le nom d'Anatole de Baudot comme illustre prédécesseur d'Auguste Perret. En revanche, l'ouvrage est publié à l'étranger, en anglais, et n'a pas d'impact immédiat en France. Il faut attendre 1965 pour un numéro spécial des *Monuments historiques de la France*²⁵⁴ dédié à l'architecte et 1972 pour qu'une exposition soit organisée à Paris à sa mémoire par la société des architectes diplômés par le gouvernement. À l'issue de l'événement, un vaste article sur sa vie et son œuvre est publié par Françoise Boudon dans la revue AMC²⁵⁵. Après la parution de la traduction française du livre de Collins en 1995, la revue italienne d'architecture *Rassegna* consacre un numéro entier²⁵⁶ à Anatole de Baudot en 1996. Les textes sont écrits par les chercheurs français Françoise Bercé, Marie-Jeanne Dumont, Jean-Michel Leniaud et Françoise Hamon, qui présentent d'une façon systématique tous les aspects de l'activité de l'architecte.

²⁵⁰ HITCHCOCK Henry Russell. Op. Cit., p. 23.

²⁵¹ CURTIS William J. R. *Architecture moderne depuis 1900*. Phaidon France, 2004, 736 p.

²⁵² FRAMPTON Kenneth. *Architecture moderne- une histoire critique*. Thames and Hudson, 2004, 400 p.

²⁵³ COLLINS Peter. *Concrete*. Op. Cit. ; COLLINS Peter. *Splendeur du béton*. Op. Cit.

²⁵⁴ *Les Monuments historiques de la France*, juillet-septembre 1965, pp. 103-186. Numéro dédié à Anatole de Baudot.

²⁵⁵ BOUDON Françoise. Recherche sur la pensée et l'œuvre d'Anatole de Baudot, 1834-1915. In : AMC, N° 28, mars 1973.

²⁵⁶ Anatole de Baudot (1834-1915). Numéro spécial. In : *Rassegna*, N° 68, 1996, 100 p.

Formation et activité

Anatole de Baudot a une activité profondément marquée par deux rencontres professionnelles, l'une avec un maître, Viollet-le-Duc, et l'autre avec un matériau, le béton armé. Il est pendant un an l'élève de Labrouste à l'École des Beaux-Arts, mais ce dernier quitte l'enseignement en 1856 et ses étudiants se répartissent entre Jules André et Viollet-le-Duc. Un an plus tard, Baudot quitte l'école pour commencer une collaboration avec Viollet-le-Duc sur les dernières phases de restauration de la cathédrale Notre-Dame de Paris.

Sa première construction connue est un immeuble 21 rue de Saint Petersburg à Paris, élevé en 1863 sous l'influence de son maître. La même année, Baudot amorce une longue série d'articles qui s'échelonnent sur huit ans dans la *Gazette des Architectes et du Bâtiment*, revue qui paraît en collaboration avec le fils de Viollet-le-Duc, Eugène-Louis. Fondateur de l'École Centrale d'Architecture en 1864, devenue par la suite l'École Spéciale d'Architecture, Anatole de Baudot fait sa première expérience en tant qu'enseignant pendant trois ans, à côté d'Émile Trélat dont il est l'assistant.

De la même époque date le projet pour l'église Saint-Lubin de Rambouillet, remporté dans le cadre d'un concours et puis construit selon une conception néo-médiévale de synthèse entre roman et gothique. Sur un plan en croix latine et une coupe basilicale, l'église possède une seule tour occidentale surmontant un porche. Les murs sont en maçonnerie à rangées alternées de pierre meulière et briques rouges. Les détails des éléments de vocabulaire médiéval trahissent une paraphrase très personnelle d'Anatole de Baudot. Elle est d'autant plus visible à l'intérieur, où les arcs du vaisseau central sont soutenus par une alternance de piles de grande section rectangulaire et de doubles colonnes extrêmement sveltes. La portée de la voûte est réduite par l'usage d'une colonne adossée au droit de chaque grande pile, surmontée par la base et ensuite la naissance de chaque arc transversal. On peut noter à ce niveau des cannelures d'inspiration classique et des motifs floraux dans l'esprit gothique. L'architecte démontre sa maîtrise des formes et principes de l'architecture du Moyen Âge mais, à l'instar de Viollet-le-Duc, il expose leur traduction raisonnée selon une vision personnelle.

Tandis qu'il achève un autre immeuble 34 rue Saint Lazare à Paris, Anatole de Baudot publie en 1867 un ouvrage en deux tomes sur les églises médiévales rurales²⁵⁷ et collabore avec Viollet-le-Duc sur la restauration de la chapelle royale du château de Vincennes, où il est ensuite officiellement désigné maître d'œuvre. Il construit d'autres églises à Levallois-Perret (Hauts-de-Seine) et à La Roche-Millay (Nièvre) et gagne le concours pour l'église Saint-Bruno à Grenoble en 1870.

La relation déjà cohérente avec les monuments historiques est renforcée du point de vue administratif par sa nomination au Comité des inspecteurs généraux des édifices diocésains, une fonction qui va lui assurer l'accès à plusieurs chantiers de restauration d'églises et une influence auprès du clergé.

²⁵⁷ DE BAUDOT Anatole. *Églises de bourgs et villages*. Op. Cit.

Nommé architecte diocésain de Viviers et puis de Mende, Anatole de Baudot restaure entre 1874-1896 l'église Saint-Nicolas-Saint-Laumer à Blois, où il emploie expérimentalement le béton armé système Cottancin pour le remplacement d'une pile du chœur, vers la fin des travaux. On le retrouve en Roumanie en 1874, où il est invité pour aider à la restauration de l'église et nécropole princière de Curtea-de-Arges.

En 1875 Anatole de Baudot remplace Viollet-le-Duc sur le chantier de restauration de la cathédrale de Clermont-Ferrand et prend en charge, par la suite, le palais épiscopal et le séminaire de la même ville. Pendant qu'il s'occupe de la restauration des églises de Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne), Puiseaux (Loiret) et Tour (Calvados), il construit une nouvelle église à Privas. La liste des projets de restauration menés par Baudot se poursuit avec les abbayes d'Aubazines, d'Arnac-Pompadour, de Saint-Angel et de Beaulieu et les églises Saint-Martin de Brive (Corrèze), Saint-Pierre de Montfort-l'Amaury (Yvelines), Preuilly (Indre-et-Loire), auxquelles s'ajoute le Capitole de Toulouse.

À la suite de la mort de Viollet-le-Duc en 1879, Anatole de Baudot est nommé inspecteur général des édifices diocésains et membre de la Commission des monuments historiques, puis membre de la Commission des bâtiments de lycées et collèges. Il prend en charge la restauration du château de Blois jusqu'en 1906 et construit le lycée Lakanal de Sceaux entre 1882-1885, ainsi que le lycée de Tulle entre 1883-1887, tandis qu'il s'occupe de la restauration de plusieurs églises comme celle de Villars-Saint-Marcellin (Haute-Marne), Uzerche, Saint-Robert (Corrèze), Notre-Dame à La Ferté-Alais (Seine-et-Oise), Saint-Aignan (Cher), Selle-sur-Cher, Cour-sur-Loire (Loir-et-Cher).

Anatole de Baudot revient à la cathèdre en 1887 en tant que responsable du cours d'architecture française du Moyen Âge et de la Renaissance au Musée de sculpture comparée de Trocadéro, où il va mettre en valeur son expérience devant les futurs architectes des monuments historiques pendant vingt-cinq ans. Il perçoit cette position comme une réparation morale à l'égard de Viollet-le-Duc et de sa pensée, qui n'ont pas réussi à s'imposer à l'École des Beaux-Arts. S'il dédie la première séance à son maître, il ne manquera pas de critiquer les idées de Viollet-le-Duc sur l'avenir du métal dans l'architecture une fois qu'il devient l'adepte du ciment armé.

Parmi d'autres chantiers de restauration, dont l'hôtel Bernuy à Toulouse, les églises d'Ydes, de Mauriac (Cantal) et Lassay (Loir-et-Cher), Baudot prend connaissance de l'existence du béton (ciment) armé et plus particulièrement du brevet de Paul Cottancin, déposé en 1889. Il ne tarde pas à montrer son enthousiasme pour le nouveau matériau, car en 1892 il construit en ciment armé système Cottancin sa propre maison, 1 rue de Pomereu à Paris. Deux années plus tard il réalise le Lycée Victor Hugo, rue Sévigné, sur lequel il emploie le ciment armé au niveau des planchers, aujourd'hui disparus. Il construit ensuite le théâtre de Tulle (Corrèze) et démarre le projet pour Saint-Jean de Montmartre, qui sera achevé en 1904, après de longues années de conflits administratifs.

Pendant les premières années du XX^e siècle, Anatole de Baudot publie avec Perrault-Dalbot les archives de la Commission des monuments historiques et par la suite la brochure de 47 pages

*L'Architecture et le ciment armé*²⁵⁸. C'est la période d'études de projets qui ne seront jamais construits, mais qui servent un but pédagogique pour les jeunes architectes. Participant au fameux concours de la fondation Rothschild pour les immeubles de logements rue de Prague en 1905, Anatole de Baudot propose une implantation traditionnelle fermant l'îlot, mais se concentre plus sur la méthode constructive en ciment armé et briques. Il conçoit des murs porteurs doubles pour intégrer les réseaux de fluides, avec des planchers et toiture en ciment armé. On peut situer autour de cette date un autre projet pour le ministère de la marine, avec des façades en brique apparente décorées par endroit de céramique émaillée. La toiture voûtée est en ciment armé destiné à rester apparent, avec un dessin de surface en écailles qu'on pourra retrouver sur le clocher de Saint-Jean de Montmartre.

Jusqu'à sa mort en 1915, Baudot imagine plusieurs types de constructions en béton armé, principalement de grandes dimensions. Ainsi, il dessine une contre-proposition pour la Galerie des Machines pour l'Exposition universelle de 1900, un palais d'exposition, des grands halls de réception, en essayant de créer les éléments d'un vocabulaire stylistique propre au nouveau matériau. L'architecte dessine également plusieurs immeubles d'habitation en béton armé de modèle haussmannien, sans se préoccuper des innovations en matière d'implantation urbaine imaginées par ses contemporains pour améliorer la ventilation et l'éclairage naturel : redents, saillies, retraits successifs. Aucune de ces études n'est le résultat d'une commande ferme. Baudot s'y prête pour illustrer les possibilités du ciment armé et pour convaincre ses confrères de renoncer à l'imitation des styles.

La lecture du passé comme ressource de création

En 1916, Henri Chaine publie *L'Architecture - le présent - le passé*, un manuscrit d'Anatole de Baudot qui synthétise ses cours donnés aux futurs architectes des monuments historiques. C'est en effet l'essence de la pensée de l'architecte-enseignant, qui prend ses distances par rapport à Viollet-le-Duc en ce qui concerne l'architecture de l'avenir. Si son maître imaginait une architecture de fer et pierre, Anatole de Baudot est convaincu que ces matériaux seront oubliés au profit de l'économique et flexible ciment armé. L'évolution de l'architecture au XX^e siècle lui a donné raison pour l'essentiel des pratiques constructives, mais le nouveau style et les formes correspondantes imaginées par Anatole de Baudot ne seront pas confirmées. Pour l'ACMH Henri Chaine, ce livre²⁵⁹ est un puissant condensé de toutes les conférences d'Anatole de Baudot. Mais la signification de la sa pensée porte plus loin, car de son raisonnement résulte une vision sur une société profondément démocratique qui est toujours d'actualité.

Anatole de Baudot parle du profond désaccord de l'architecture contemporaine avec l'esprit scientifique et du manque accru de raison dans la conception. Les professionnels et la clientèle restent dans l'imitation de tous les styles du passé, favorisée par l'apparition de la photographie qui permet la constitution des projets à partir d'éléments détachés et contradictoires. Des images imprimées

²⁵⁸ DE BAUDOT Anatole. *L'Architecture et le ciment armé*, Paris : Office général d'éditions artistiques, 1904 ; Cf. HARVEY Lawrence. M. De Baudot et le ciment armé. In : *La Construction moderne*, 10 mars 1906, pp. 271-272.

²⁵⁹ DE BAUDOT Anatole. *L'Architecture - le passé - le présent*. Op. Cit., p. 2.

d'architectures éloignées sont facilement disponibles et invitent à être copiées. Sans avoir une direction claire, l'architecture s'enlise dans un processus de production trop onéreux. On s'efforce de créer un style nouveau sans établir des principes à respecter. Il n'est pas besoin d'un style, estime Baudot, il faut, par contre, utiliser des solutions techniques actuelles pour donner des résultats qui servent leur fonction avant de souhaiter une satisfaction esthétique, qui sera donc implicite. Les voitures et bateaux contemporains doivent leurs formes aux contraintes de fabrication et d'usage, non à l'imitation aveugle des styles anciens. C'est un argument qui précède de presque une décennie le raisonnement fonctionnaliste de Le Corbusier dans *Vers une architecture*.

Pour Anatole de Baudot, le passé ne fournit pas des modèles formels pour la création contemporaine, mais il donne des leçons de méthode. Sa vision des quelques édifices présentés n'a pas d'intention artistique ou historique, car l'auteur met en avant les principes constructifs qui créent l'architecture d'une époque. Affranchi de théories de l'histoire de l'art, Baudot analyse l'évolution de l'architecture en fonction de sa cohérence entre forme et fond. Depuis la Renaissance on perd le côté créateur pour s'orienter vers une maîtrise de l'imitation, un état de fait favorisé par les régimes monarchiques. Avec la Révolution, l'architecture est obligée de répondre davantage aux besoins réels de la société et de correspondre avec le progrès scientifique. Baudot est donc un républicain, un démocrate qui croit que la communauté doit être servie par l'architecture.

L'architecte-enseignant sélectionne des exemples historiques qui illustrent sa manière de voir la sincérité et le raisonnement en architecture. Ainsi, de l'Égypte ancienne, il retient la concordance de la structure avec la forme et la décoration peinte, appliquée en entailles dans la pierre. Le parement en brique émaillée utilisé dans l'architecture persane est également relevé, d'autant plus qu'il correspond à certaines pratiques contemporaines. Ce type d'ornementation est reproduit expérimentalement en mortier de chaux par Bigot, auteur de la décoration en céramique de Saint-Jean de Montmartre.

Si dans le temple grec il admet un but esthétique avant l'utilité et un certain manque d'homogénéité en raison de la dualité pierre - bois, Baudot y admire la logique de composition et le fondement de la création sur des principes. Les Romains, appréciés pour leur période républicaine, où l'emploi économique de la pierre sert d'exemple au Moyen Âge, sont critiqués pour l'architecture de l'Empire, caractérisée par les structures hybrides en briques et parement de pierre. L'erreur répétée à la Renaissance et par les contemporains de Baudot est de ne pas réunir la structure et la décoration, en utilisant les ordres grecques sans leur logique d'origine. La colonne engagée, inutile pour la solidité, est un gâchis de matière et de main d'œuvre. Elle est donc une ornementation qui contredit le bon sens en architecture. Ceux visés par ces critiques sont les adeptes de l'École de Rome, trop fascinés par les formes pour pouvoir tirer de véritables enseignements de l'architecture romaine qui soient utiles au présent : la réalisation des grandes portées, le chauffage du bâtiment, les réseaux.

Pendant la période byzantine, les éléments de décor inutile sont écartés pour revenir à une harmonie entre techniques constructives et apparences. L'architecture romane a la préoccupation constante de voûter les églises en s'inspirant des exemples byzantins et syriaques, avec des matériaux locaux qui

commandent les formes. L'introduction de l'échelle humaine jusqu'aux moindres détails est une première. En effet, elle remplace les proportions mathématiques rigides de l'Antiquité, ce qui est une leçon utile pour l'architecture contemporaine. C'est là un autre jalon de la vision égalitaire d'Anatole de Baudot. Dans l'architecture gothique, il insiste sur l'intelligence constructive et la volonté persistante des bâtisseurs, qui doivent encourager leurs successeurs d'aujourd'hui. La charpente en bois sur les églises en pierre représente un problème d'homogénéité non résolu dans l'architecture gothique selon Baudot, qui espère mieux répondre avec le ciment armé. En vérité, il essaye de mettre en pratique cette idée avec la charpente en béton armé de sa maison 1 rue Pomereu ou les voûtes de Saint-Jean de Montmartre.

La Renaissance française est, pour l'architecte, un long processus d'importation de formes qui entraîne la destruction de l'esprit de recherche et d'initiative par un mode de conception fondée sur l'imitation. Ce que Baudot nomme « l'esprit national » en architecture serait dégradé par l'arrivée des architectes italiens, intéressés par le faste et, selon lui, hautains.

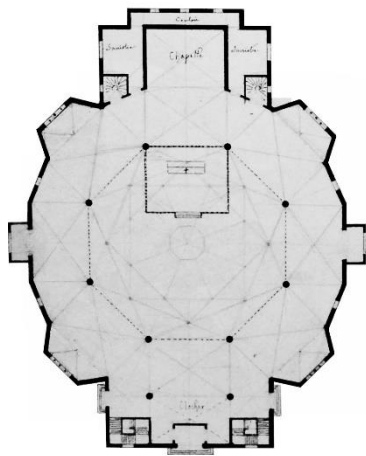
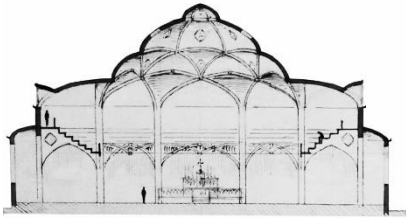
Construit sur des plans en désaccord avec les élévations, employant des moyens en profond déséquilibre avec le but recherché, le monumentalisme illustré par le château de Versailles ne mérite pas d'être considéré, d'autant plus qu'il est copié dans l'enseignement contemporain. Au XVIII^e siècle, la valeur de l'architecture est superficielle en dépit de la rationalité apparente mise dans la conception : sur des façades admirablement composées on peut constater, après un examen plus attentif, des éléments décoratifs inutiles et même préjudiciables à l'éclairage ou la solidité, et qui augmentent le coût des travaux. Baudot invoque à cette occasion « l'intérêt des contribuables », tout en se disant conscient du fait que ses confrères apprécient l'architecture de l'époque de Louis XVI. Il conclut que la force de création en architecture réside dans le respect rigoureux et sincère des principes de la construction. Raisonner et chercher, en pensant aux principes et non aux formes, voilà ce que l'auteur suggère aux élèves architectes.

La vision sur le métier d'architecte et l'enseignement placent Anatole de Baudot parmi les partisans de la maîtrise d'œuvre de type médiéval, où la création artistique et l'autorité technique sont réunies en un seul individu. Certes, les ingénieurs contemporains peuvent aider pendant le processus de conception, mais il faut leur interdire un accès ultérieur aux projets, car ils s'accommodent avec les plans en essayant de démêler les mauvaises dispositions d'un architecte trop peu intéressé par la technique.

Constructeur en ciment armé

L'intérêt d'Anatole de Baudot pour le ciment armé apparaît aux alentours de 1890, quand il connaît Paul Cottancin, auteur du système homonyme breveté un an auparavant. Sur le château de Blois où il construit des planchers en ciment armé, de même qu'à l'église Saint-Nicolas-Saint-Laumer de la même ville où il refait une pile du chœur en ciment armé, Anatole de Baudot établit définitivement sa confiance dans la méthode de Cottancin, qu'il estime adaptée à l'évolution naturelle de l'architecture

vers les formes fines et élégantes. Si les ambitions de Baudot vont très loin, comme on peut le relever sur ses croquis sur calque jaune gardés à la Médiathèque du patrimoine²⁶⁰, ses projets réalisés sont à diverses échelles l'illustration d'une recherche audacieuse qui se projette en dehors des sentiers battus par les contemporains.



23 Anatole de Baudot.
Projet d'église à plan centré en ciment armé.
MPP, Fonds A. de Baudot, N° 0080/110.

Le lycée Victor Hugo est le premier édifice public neuf sur lequel Anatole de Baudot utilise le système Cottancin. Sur une structure en pierre et brique, avec des façades qui ne trahissent pas l'innovation, les planchers sont exécutés en ciment armé constitué de dalles de faible épaisseur soutenues par de fines solives diagonales nommées épines. La longue et difficile construction de l'église Saint-Jean de Montmartre donne l'occasion aux autorités administratives et au milieu professionnel de montrer toutes les réserves qu'on peut avoir à la fin du XIX^e siècle sur la solidité et l'opportunité du ciment/béton armé dans un bâtiment public.

Connu pour sa longue activité de restauration en Corrèze, Anatole de Baudot est appelé à améliorer un projet dessiné par l'architecte Auberty pour le théâtre de Tulle, refusé par le Conseil des bâtiments civils. C'est une occasion d'intervenir sérieusement sur la structure des planchers, qui passent en système Cottancin. Comme au lycée Victor Hugo, la façade ne dévoile pas l'intérieur, d'autant plus que l'apparence extérieure imaginée par Auberty n'est pas profondément modifiée, Anatole de Baudot se contentant d'ajouter une décoration en grès céramique émaillé et de mettre dans plusieurs détails sa marque stylistique déjà expérimentée sur ses propres projets.

Sur la maison qu'il se construit rue Pomereu, la structure porteuse est mixte, avec des murs en brique à l'intérieur, doublés par un appareillage en pierre sur les façades et des planchers et charpente en béton armé système Cottancin. L'apparence extérieure ne laisse toujours pas discerner le côté innovant de la construction. L'architecte reprend les principes de renforcement des planchers avec les épines et leur ajoute un rôle esthétique dans la décoration par un dessin géométrique complexe. Au niveau de la toiture, la structure est formée de voûtes de faible épaisseur qui permettent un espace intérieur complètement dégagé. Couverte d'ardoises, la toiture de cette maison présente un aspect traditionnel. Sur Saint-Jean de Montmartre l'architecte risque à quelques années de distance de laisser les voûtes en béton armé découvertes, en considérant le matériau assez étanche. Il imagine cette même solution sur le projet de ministère de la marine.

²⁶⁰ MPP (Médiathèque du patrimoine et de la photographie), N° 0080/110 - Plans et relevés d'Anatole de Baudot (1834-1915).

Visionnaire approximatif

Anatole de Baudot fait la distinction entre béton armé et ciment armé suivant les termes du système Cottancin, qui avait un intérêt commercial et juridique à se distinguer de Hennebique. Tandis que le béton armé est composé de sable, ciment et cailloux, le ciment armé est produit sans ces derniers, avec un mode de ferrailage différent et un dosage plus important de ciment. Quant à la dimension des éléments, le béton armé peut s'adapter selon les besoins, alors que l'épaisseur des pièces en ciment armé est relativement fixe et très mince. Baudot est persuadé des défauts de solidarité dans une structure en béton armé, en dépit du grand succès qu'il lui reconnaît. Si les architectes formés dans l'esprit des méthodes constructives traditionnelles de la maçonnerie ont du mal à maîtriser la composition avec des pièces aussi fines que celles en ciment armé, les partisans du béton armé mettent en avant l'adaptabilité de leur produit à tous les « styles » pour en tirer naturellement des bénéfices financiers. L'abandon au bénéfice des ingénieurs d'une partie de la composition architecturale qui présente des enjeux pour la société contemporaine est combattu par Baudot.

L'immeuble élevé par Henri Deneux rue Belliard, le lycée Jules Ferry par Pierre Paquet ou le bureau téléphonique de François Lecœur rue Bergère, sont présentés par Anatole de Baudot comme des exemples d'architecture contemporaine « honnête ». L'utilisation du ciment armé et les toits terrasse sont particulièrement appréciés. Avec une ossature en ciment armé qui commande la composition, le grand bâtiment de Lecœur possède des murs en brique creuse pour laisser passer les réseaux. On peut comprendre la satisfaction de Baudot devant cette solution qu'il avait imaginée et appliquée plusieurs fois.

Malgré son rôle de pionnier de la nouvelle technique constructive, il faut néanmoins noter l'imperfection de la vision d'Anatole de Baudot. La distinction terminologique entre ciment armé et béton armé est stérile à l'époque²⁶¹, car elle se fonde sur un choix arbitraire fait par Cottancin dans la dénomination de son système, devenu par un certain concours de circonstances le préféré de Baudot, qui fait sa gloire. Dans le vocabulaire technique jusque dans les années 1940 les deux termes sont utilisés parallèlement pour désigner le même matériau ou la même technique, parfois dans le même texte sans aucune préoccupation de cohérence terminologique²⁶². Si la distinction s'effectue lentement à partir des années 1910 et ne s'impose dans le langage professionnel qu'autour de la Deuxième Guerre mondiale²⁶³, l'éphémère système Cottancin n'existe plus que sous une forme diluée à l'heure

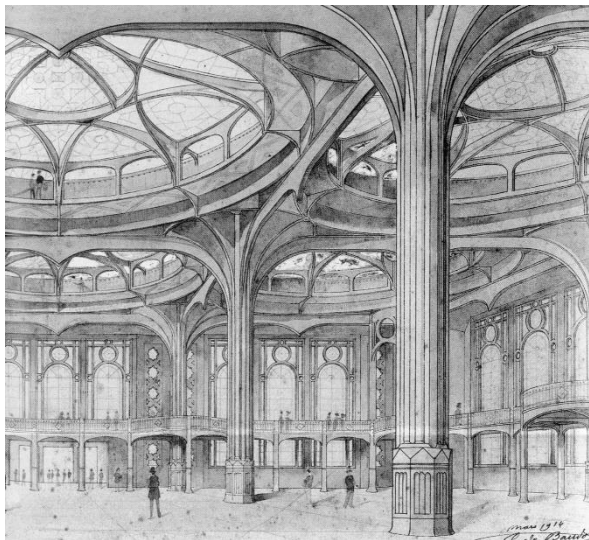
²⁶¹ Un exemple notable qui illustre l'usage alterné des termes à l'époque est la « Commission du ciment armé », créée par arrêté ministériel du 19 décembre 1900, qui produit la « Circulaire du 20 octobre 1906 relative aux ouvrages en béton armé ». Les deux termes, ciment/béton armé se retrouvent d'ailleurs dans la circulaire : MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS, DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES. *Commission du ciment armé. Expériences, Rapports & propositions, instructions ministérielles relatives à l'emploi du béton armé.* Paris : ed. H. Dunod et E. Pinat, 1907.

²⁶² Jean Badovici utilise des termes contradictoires, comme « ciment armé » et « béton hydraulique » dans un même article : BADOVICI Jean. Architectures d'aujourd'hui. In : *Architecture vivante*, automne & hiver 1923, pp. 17-18. Même la revue très technique *Travaux* utilise le syntagme « ciment armé » dans des textes où se retrouve le terme « béton armé » : MOREAU H. Sur un programme de barèmes pour le calcul à la flexion des sections rectangulaires ou nervurés de ciment armé. In : *Travaux*, avril 1944, pp. 97-101. SANTARELLA M. L. Les prescriptions officielles italiennes sur les ciments et sur les constructions en ciment armé. In : *Travaux*, décembre 1935, pp. 477-479.

²⁶³ C'est le moment où, grâce aux cinquante ans d'existence du procédé, se cristallise la théorie des structures en béton armé. Un inventaire des formes peut être réalisé en même temps qu'une tacite clarification terminologique. On rompt l'association illogique

où les idées de Baudot sont écrites. À un examen plus attentif, les bâtiments de Deneux, Paquet et Lecœur ne respectent pas à la lettre les règles du ciment armé tel que préconisé par Cottancin et Baudot, ou du moins la différence par rapport au « béton armé » courant est quasi-négligeable dans ces bâtiments.

Il est difficile de comprendre la remarque de Baudot sur les problèmes de solidarité d'un ouvrage en béton armé, qui par définition est monolithique. Il considère que la solidarité est meilleure dans un ouvrage à ossature en brique armée et planchers en ciment armé simplement grâce aux nombreuses jonctions du ferrailage. D'abord, ce type de structure hybride est en contradiction avec le long exposé sur la mono-matérialité dans l'architecture du passé, dont Baudot retient le contre-exemple du mélange pierre-bois dans l'architecture grecque et médiévale. Ensuite, les structures monolithiques en béton armé sont hyperstatiques et disposent d'assemblages avec plus de contraintes que celles strictement nécessaires, ce qui les rend très stables. Sur les très rares exemples de bâtiments en ciment armé on ne dispose pas, avant 2019, d'études sur le comportement de la structure²⁶⁴.



24 Anatole de Baudot.
Projet pour un hall en ciment armé, 1914.
Rassegna, N° 68, 1996/4.

Anatole de Baudot expose tous les points clé du système qu'il préconise. Pour établir les fondations, il préfère adopter la méthode des piles en ciment armé descendant à la profondeur nécessaire plutôt que celle des semelles filantes ou des murs. Les dalles au niveau du sol peuvent être fondées comme des plateaux tenus par des épines qui à leur tour reposent sur les piles de fondation. La simple multiplication des épines de faible épaisseur suffit pour l'obtention de la rigidité recherchée. Les éléments verticaux doivent être construits en brique armée car ce matériau est considéré par l'auteur plus résistant que le ciment à la compression. En revanche, les planchers et les voûtes sont faits en ciment armé selon les règles du système Cottancin : des parois armées de

mailles denses, rigidifiées par des épines dont le ferrailage se réunit avec celui des piliers. Il est évident pour l'architecte que les parois de remplissage à l'intérieur de l'ossature, dépourvues du rôle porteur, doivent être légères et de mince épaisseur. En admettant cependant l'importance de l'isolation thermique, Anatole de Baudot recommande des parois doubles, séparées par un vide utilisable pour le passage des réseaux d'eau, d'air ou d'électricité. Il ne s'attarde pas sur le problème d'accessibilité à ces réseaux pour l'entretien, ni de leur pénétration plus que délicate par les dalles ou

entre « ciment » et « armé », car une poudre sèche ne peut pas être armée. L'expression « béton de ciment » est par ailleurs employée : HERMANT André, BOURGINE Louis. Structures et formes en béton armé. In : *Techniques et Architecture*, N° 1-2, 1944, p. 15-25.

²⁶⁴ Silbéo Ingénierie. Eglise Saint-Jean-de-Montmartre. Analyse structurelle, 2019 ; UBC ingénierie. Analyse structurelle des vitraux de l'église Sainte-Thérèse à Metz (maître d'œuvre Richard Duplat ACMH), 2024.

poutres supportant les murs creux. Ce type de cloison fine ne correspond pas au mode de traitement décoratif qu'implique la massive maçonnerie traditionnelle. Les moulures doivent être remplacées par des balcons en ciment armé décorés de plantes, image très moderne pour l'époque.

Pour illustrer que le ciment armé se prête à une architecture de prestige au même titre qu'à l'habitat ordinaire, Anatole de Baudot dessine deux projets théoriques, l'un pour un hall d'exposition et l'autre pour un palais présidentiel. Les deux projets se démarquent par l'interprétation originale du programme passé par le filtre de la technique constructive en ciment armé. L'architecte milite pour l'hygiène, la logique de la circulation et se préoccupe notamment du stationnement des véhicules. Avec ses esquisses, il essaie de répondre aux exigences urbanistiques comme aux moindres questions d'usage. Comme le feront plus tard des ingénieurs comme Pier Luigi Nervi ou Félix Candela et en parfait accord avec sa doctrine issue de l'étude du passé, il charge la structure d'une signification esthétique innée. Pourtant, il ne peut pas rompre avec la peinture intérieure et la céramique en façades, comme on le verra plus loin.

2.2.2 Louis-Charles Boileau, le béton au service de l'éclectisme

Situé au milieu d'une dynastie d'architectes intéressés par les techniques constructives les plus avancées, Louis-Charles Boileau (1837-1914) est le fils du maître d'œuvre de Sainte-Marguerite du Vésinet, construite en béton banché système Coignet entre 1862-1864. Collaborateur de son père sur ce chantier, il peut prendre connaissance très tôt de la problématique du béton, bien avant Anatole de Baudot qui a, par ailleurs, le même âge que lui. Son fils, Louis-Hyppolite Boileau, sera en 1922 l'architecte de l'église en béton armé de Hussigny-Godbrange.

Intrigué par l'ingérence de l'administration dans la construction de Saint-Jean de Montmartre en raison principalement des craintes sur la solidité, alors que beaucoup de bâtiments de moindre importance en béton armé n'éveillent pas ce genre d'intérêt, Louis-Charles Boileau visite l'église en 1905 et note ses impressions dans un article plus général²⁶⁵. Il apprécie le choix d'Anatole de Baudot, qui cache le ciment armé derrière les briques, en le laissant apparent seulement par endroits, ou en le couvrant avec des rondelles émaillées. Boileau remarque aussi l'extrados en écailles des voûtes en ciment apparent, aujourd'hui disparues sous une couverture en cuivre. À l'intérieur, l'architecte admet quelques aspects qui peuvent paraître inquiétants pour un public non averti, comme la rencontre des voûtes supérieures avec les deux faux-transepts, réalisée sur des lignes horizontales (poutres) impossibles avec une maçonnerie traditionnelle, qui aurait employé obligatoirement des arcs.

Boileau n'apprécie pas les épines diagonales parce qu'elles donnent un effet qu'il considère comme trop semblable à celui des croisillons du fer industriel et il parle des tribunes trop sombres en l'absence de baies. Par contre, il affirme que la grande baie du chœur « crève les yeux » avec un

²⁶⁵ BOILEAU Louis-Charles. Le ciment armé et l'art de l'architecture. In : *L'Architecture*, N° 49, 1905, pp. 454-457 et N° 51, 1905, pp. 471-473.

surcroît de lumière. Le choix du système Cottancin est jugé comme un asservissement à une technique inutilement compliquée. Si pour la réalisation des voûtes la méthode démontre sa supériorité par la solution de couverture, les planchers reposant sur les épines diagonales pourraient être mieux exécutés selon un autre système.

Selon Boileau, l'artiste doit avant tout bien choisir les matières qui servent à son but. Par extension, il est favorable à une sélection raisonnée des systèmes de béton armé, en arguant qu'ils tomberont à un moment donné dans le domaine public, avec la possibilité d'emploi sans contrainte de droits d'auteur. C'est donc une vision pragmatique qui n'est pas liée, comme celle de Baudot, à un procédé constructif en particulier.

Il critique l'aspect peu convaincant de la décoration de l'immeuble Hennebique à cause des moulurations et motifs qui ne sont pas propres au matériau. Mais appliquer un décor en éléments moulés de béton apparent n'est pourtant pas sans danger, car le matériau vieillit mal et tôt ou tard il sera nécessaire de le blanchir, en lui faisant perdre l'expression de sa matérialité.

Dans un long article de 1895²⁶⁶, Louis-Charles Boileau expose les applications du ciment/béton armé d'une façon technique et puis architecturale. Les premières applications du ciment armé sont attribuées à Eugène Dupuis et à Anatole de Baudot avec Paul Cottancin, tandis que la paternité absolue est reconnue à Joseph Monier. Le système de ce dernier est décrit comme trop empirique pour les exigences de rigueur de calcul des architectes, un problème résolu dans le système Hennebique. Concrètement, il faut d'abord choisir les dimensions des éléments pour vérifier leur résistance en compression et déterminer la quantité nécessaire d'armature pour la tension. C'est un processus décomposé du haut vers le bas selon la logique de soutien, autrement dit la dalle reposant sur les poutrelles, les poutrelles reposant sur les poutres maîtresses, les poutres maîtresses reposant sur les poteaux, les poteaux reposant sur les fondations etc. On évalue le poids propre des sections choisies en considérant le béton armé à 2500 kg/m³ et on rajoute la surcharge d'exploitation adaptée. Selon le type de liaison de l'élément (encastrement, appui simple etc.), la phase suivante porte sur l'estimation du moment fléchissant qui sert à déterminer la hauteur de béton comprimé et la section de ferrailage nécessaire. L'effort de compression dans la partie supérieure est calculé avec un coefficient de 25 kg/cm² de résistance du béton et positionne l'axe neutre de l'élément juste en-dessous de la hauteur de béton comprimé. L'effort de traction en partie inférieure est déterminé en considérant une résistance du fer de 10 kg/mm², ignorant complètement la résistance à la traction du béton. De part et d'autre de la fibre neutre, la partie comprimée et celle tendue sont reliées par l'invention de Hennebique, l'étrier en fer plat. L'armature longitudinale soumise à la tension est de section ronde pour prévenir les fissures constatées avec des sections rectangulaires. Une « barre pliée » qui se trouve en partie basse au milieu de l'élément constructif et remonte en partie haute au

²⁶⁶ BOILEAU Louis-Charles. Le ciment armé - Nouvelle méthode d'application. In : *L'Architecture*, N° 44, 1895, pp. 369-375 ; N° 45, 1895, pp. 380-382 ; N° 46, 1895, pp. 388-391 ; N° 48, 1895, pp. 402-404 ; N° 49, 1895, pp. 411-412.

niveau des appuis est aussi employée dans la poutre ou la dalle pour suivre l'effort fléchissant et répondre à l'effort tranchant.

Par la présentation du calcul détaillé d'une structure construite en système Hennebique vers 1894, Boileau montre la possibilité d'obtenir des ossatures assez souples, avec une dalle de 8 cm d'épaisseur armée de fer ronds de 8 mm diamètre tous les 30 cm qui peut supporter une surcharge considérable, de 400 kg/m². Un renforcement par des poutrelles de 12 cm hauteur par 8 cm largeur est prévu tous les 1,20 m. Elles reposent sur des poutres maîtresses de 35 cm hauteur par 27 cm largeur, 7,50 m de portée, qui à leur tour sont tenues par des poteaux carrés de 27 cm de côté. Cette structure est très élégante par rapport aux portées et elle serait difficilement envisageable dans les conditions actuelles de calcul du béton armé, car la méthode de vérification utilisée reste élémentaire, en ignorant des coefficients de sécurité et d'autres paramètres mis en place par la suite. Dans le système Hennebique, les sections cherchées sont optimisées, parce qu'une augmentation ou une diminution d'une des deux composantes (fer ou béton) a des mauvaises implications sur l'autre. La logique de cette méthode est le juste équilibre. Au niveau du vocabulaire du béton armé encore en cours de formation à cette époque, les dalles sont nommées « hourdis » ou « panneaux de hourdis », alors que les cadres en fer qui tiennent les armatures des poteaux en place sont des « entretoises ».

En absence d'exemple éloquent qui puisse donner une idée de l'efficacité économique du béton armé, Boileau imagine un projet d'atelier sur huit niveaux pour lequel il fait deux hypothèses de calcul, pour le métal et pour le béton armé. Le résultat préliminaire montre une différence de prix d'environ 44% en faveur de ce dernier, mais dans tous les cas un minimum de 25% de différence et des avantages indiscutables au niveau de la résistance au feu, de l'entretien et de la durabilité. Pourtant, l'architecte ne prévoit pas un développement de l'emploi du béton armé pour les planchers des habitations courantes, en raison du faible coût des systèmes en usage. En revanche, le béton armé se prête dans sa vision aux poitrails (linteaux), aux sous-sols et fondations.

En désaccord avec Anatole de Baudot, Boileau croit que le ciment armé ne peut pas aboutir à une régénération de l'art de l'architecture, mais à sa négation²⁶⁷. Pour lui, l'emploi logique de la matière impose des formes dominées par le calcul, or ceci relève du domaine de l'ingénieur et non de l'artiste. Toujours pour contrer son collègue, il essaie de démontrer que le ciment armé n'est économique que pour des planchers de grande portée et soumis à de fortes charges, donc son utilisation pour des immeubles d'habitation serait contreproductive.

Boileau dépasse les arguments utilitaires et économiques pour se poser aussi des questions sur l'aspect que le béton armé doit avoir. La discrétion est le mot d'ordre, en utilisant les moyens les plus faciles comme l'enduit en stuc ou en plâtre, la peinture, le revêtement en bois, mais la décoration favorite de l'architecte est la peinture à l'eau appliqué sur l'enduit encore frais (la fresque) pour faire pénétrer et stabiliser la couleur dans la masse. Du point de vue de la tradition, Boileau admet que c'est un

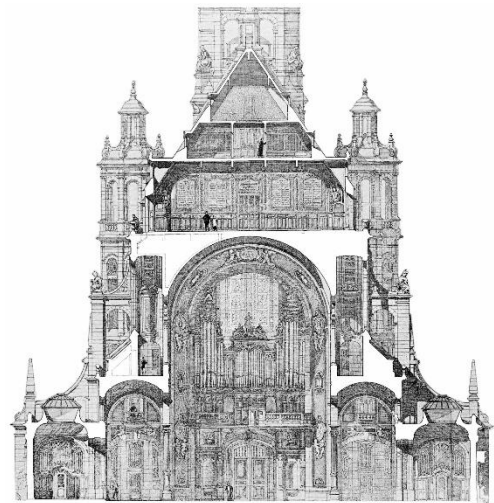
²⁶⁷ BOILEAU Louis-Charles. Causerie. In : *L'Architecture*, N° 37, 1906, pp. 325-328.

procédé peu courant en France à cause d'une pratique peu développée des mortiers, mais qui est idéal du point de vue artistique et monumental. Dans le cadre du Congrès des architectes français de 1896, le peintre Ledoux fait une démonstration de cette technique appliquée aux surfaces de ciment²⁶⁸.

Concepteur tributaire du passé

En 1906, Louis-Charles Boileau dessine le projet d'une grande église catholique en ciment armé²⁶⁹ dont l'intérêt est de traduire une vision alternative de l'usage de la nouvelle technique constructive. Ces plans resteront dans les tiroirs, car à la différence de son père et de son fils, il n'aura jamais l'occasion de construire un lieu de culte. Conçu pour une grande ville, l'édifice a des caractéristiques techniques innovantes qui restent toutefois cachées derrière le vocabulaire formel mélangeant toutes les époques. Une croix latine est définie par cinq vaisseaux et un transept court terminé en abside en partie inférieure et en chevet plat au niveau supérieur. Le chœur assez profond permet l'aménagement d'un déambulatoire desservant des chapelles rayonnantes, mais aussi des salles et bureaux. L'intersection entre la nef et le transept est octogonale, pour supporter un dôme.

Des escaliers hélicoïdaux, chacun pourvu d'un ascenseur au centre, sont abrités dans plusieurs tours à plan octogonal. Placés en symétrie deux par deux, ils flanquent le porche d'entrée et les deux bras du transept. Ces circulations verticales ne desservent pas seulement les tribunes, mais aussi les combles aménagés. Boileau met en place une charpente en ciment armé qu'il partage en trois niveaux accessibles. Ainsi, on retrouve au premier niveau, juste au-dessus des voûtes, une grande salle de conférence de la surface de la nef, deux salles de catéchisme correspondant au transept et une salle de musique religieuse au-dessus du chœur, avec des gradins.



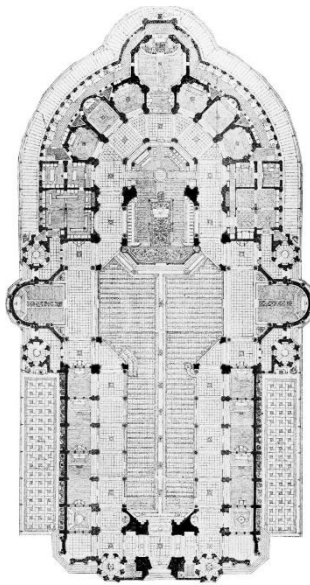
25 L.-C. Boileau. Projet de grande église catholique en ciment armé. Coupe. *L'Architecture*, N° 39, 1906.

Les particularités techniques sont expliquées par l'auteur dans une notice intégrée aux planches du projet. On constate rapidement que les matériaux sont d'une extrême diversité :

« Pour les nefs : pans de ciment armé constituant fermes de combles et des voûtes avec renforts faisant fonction de poutres et de points d'appui verticaux, aux endroits les plus chargés. Ces fermes reposant d'un côté sur les pylônes en meuliers, de l'autre, sur des colonnes en métal.

²⁶⁸ Congrès des architectes français de 1896. La peinture à fresque. In : *L'Architecture*, N° 42, 1896, pp. 310-311 ; note par Louis-Charles Boileau sur le traité de peinture de Cennino Cennini.

²⁶⁹ Projet d'église catholique pour une grande ville (Arch. Boileau). In : *L'Architecture*, N° 39, 1906, planches hors-texte 57-59, 61-63, 64-66.



26 L.-C. Boileau. Projet de grande église catholique en ciment armé. Plan. *L'Architecture*, N° 39, 1906.

Lesdites colonnes, en bronze, constituées par une colonne-noyau, creuse, en fonte de 0,05 d'épaisseur, complètement habillée de cuivre brut repoussé que (sic) fondu et ciselé. Toutes surfaces de combles, leurs renforts, tous planchers : en ciment armé ; voûtes dito de 0,15 à 0,10 d'épaisseur.

Pour la coupole centrale : 4 pans de ciment armé formant fermes de combles, de voûte et de lanterne, se croisant en 4 points pour reposer à leurs extrémités sur 8 piliers. Ces fermes-pignons reliées par des tangentes aux parois circulaires de la lanterne – les piliers réconfortés dans le bas par des colonnes adossées.

Moyens généraux et agencements : murs, piles etc. en meulière, brique ou ciment armé, selon sections et charges. Couvertures en ardoise et plomb, revêtements en plomb pour lanterne, lanternons, lucarnes, etc. Terrasse du système dit ciment volcanique. Descente des eaux en fonte d'eau forcée, à l'intérieur dans les espaces morts du plan et des coupes. Canalisations divers dito dans le sol et en sous-sol. Calorifères à air chaud par masses de radiateurs en sous-sol, avec générateurs, prises d'air, soufflerie etc. Ascenseurs dans le jour des escaliers. WC, urinoirs, du tout à l'égout ; lavabos, vestiaires etc.- cloche de vallée et carillon.

Tous parements extérieurs en roche dure par placage épais agrafés fer et ciment, ou par parties massives pour glacis d'appui, amortissements, balustrades, meneaux, statues etc., avec application par endroit de dalles d'ardoise ; colonnes en granit poli.

Tous parements intérieurs par enduits de stuc façon pierre, ou plâtre, décors stuc ou staff pour motifs inaccessibles, applications d'ardoise et de marbres, peintures sur plâtre ; toutes peintures d'histoire sur murs éclairées du haut comme par des jours de Musée.»²⁷⁰

On constate que le bois est totalement absent. Boileau explique plus tard qu'il aurait pu proposer une charpente en fer, mais qu'elle aurait dû être protégée contre la corrosion par un enrobage de ciment. C'est donc pour une raison de franchise et de simplicité qu'il choisit le ciment armé comme « simple moyen de construction »²⁷¹. L'architecte laisse ouverte la possibilité de l'option entre la brique armée et le ciment armé pour les murs. Ses dessins sont d'ailleurs assez vagues à cet égard, comme le seront plus tard ceux d'Émile Bois pour Saint-Pierre-de-Chailot. Dans l'épaisseur de la coupe, comparable à un édifice à structure traditionnelle, le maître d'œuvre garde une marge de manœuvre assez importante pour placer l'ossature en béton armé. Boileau suggère seulement l'épaisseur des voûtes et de la dalle inférieure du comble.

Mis à part l'utilisation maximale du volume par l'aménagement des combles sur plusieurs niveaux grâce au ciment armé, l'église ne se démarque pas du point de vue architectural. Boileau choisit principalement des références classiques, voire baroques, qui s'appliquent à un plan et à une coupe de proportions gothiques. La nef centrale est délimitée par des colonnes ioniques surmontées d'arcs en plein cintre. Elle est couverte par des voûtes en berceau. Au niveau des tribunes, les baies en plein

²⁷⁰ Idem, planche 59. Texte manuscrit sur le plan.

²⁷¹ BOILEAU Louis-Charles. Causerie. Art. Cit., p. 328.

cintre reçoivent des colonnes de style Renaissance. La croisée octogonale est couverte d'un dôme à cassettes ouvert sur le tambour d'une grande lanterne, décoré avec des statues posées dans les niches.

L'extérieur, tout aussi hétérogène, est le résultat d'un éclectisme extrême, où l'on peut distinguer le clocher bas, d'inspiration rurale, couronné d'une flèche à quatre pentes en ardoise, la grande toiture typique d'une église du Moyen Âge mais percée de lucarnes et oculi, des arcs-boutants et pinacles simples, des tombeaux aménagés tout au long des façades latérales.

Boileau dessine ce projet d'église en ciment armé, mais il reprend la plupart des éléments typiques d'une église en pierre. Les arcs boutants sont inutiles pour stabiliser les voûtes construites en ciment armé, car les poussées sont similaires à celles des planchers, donc presque nulles. Les dimensions des travées sont issues des rapports traditionnels, alors que le ciment armé aurait pu permettre des portées plus importantes. Sur le plan stylistique, rien ne trahit l'emploi de cette technique constructive.

L'architecte subordonne le nouveau matériau à son propre idéal d'église, c'est-à-dire une synthèse améliorée des modèles historiques. Cette approche opposée à celle d'Anatole de Baudot illustre l'une des voies empruntées par l'architecture religieuse jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale. Son exemple le plus marquant est la basilique de Lisieux par Louis Marie Cordonnier.

2.2.3 Julien Guadet, la voix de l'École des Beaux-Arts

Sans être un promoteur direct du béton armé, Guadet a une grande autorité sur les architectes qui utilisent ce matériau, notamment Perret. Personnages illustres du courant rationaliste, mais avec des nuances différentes, Julien Guadet et Anatole de Baudot partagent plusieurs points communs qui mettent davantage en évidence le parallélisme de leurs pensées. Ils sont tous les deux nés en 1834, entrent à l'école des Beaux-Arts de Paris et passent par l'atelier de Labrouste. Mais leurs positions les séparent pour le reste de leurs vies à partir du départ de leur maître en 1856. Guadet suit Jules André, qui prend la direction de l'atelier, tandis que Baudot rejoint Viollet-le-Duc et commence une longue carrière dans la restauration des monuments historiques. Il est nommé architecte diocésain en 1873, alors que Guadet obtient la même fonction en 1875.

Si Anatole de Baudot est chargé de la chaire d'architecture française au musée de sculpture comparée de Chaillot en 1887, Julien Guadet occupe la chaire de théorie de l'architecture de l'école des Beaux-Arts en 1894 et marque définitivement Auguste Perret. Tous deux laissent des ouvrages de théorie de l'architecture où ils interprètent l'histoire afin de montrer aux jeunes architectes comment concevoir de manière lucide et libre du pastiche.

Leur divergence majeure concerne leur vision sur l'actualité et l'avenir de l'architecture, dont Anatole de Baudot a une opinion très claire, tandis que Guadet se limite à exiger une expression architecturale contemporaine libérée des styles du passé :

« Mais c'est dans l'architecture religieuse surtout que le passé nous comprime et nous stérilise. Il n'est personne peut-être qui, ayant à construire une église, ne se pose cette question étrange : « de quelle époque vais-je faire mon église ? » Tout est licite, pourvu qu'on n'ait pas l'audace d'être son propre contemporain. Malgré des efforts courageux, notre génération n'a pas encore triomphé de cette servitude invétérée. Mais il semble qu'on se lasse enfin du pastiche. Soyez plus heureux que nous, et rappelez-vous que pour mériter cet affranchissement il faut d'abord le vouloir. »²⁷²

Pour Julien Guadet, la tradition est davantage nécessaire dans l'architecture religieuse que dans d'autres domaines. Elle doit s'exprimer par la conservation des formes et apparences. Dans son cours, en dehors de la question des temples antiques, il réserve un seul chapitre aux édifices religieux non catholiques. Pour le reste, Guadet présente les éléments de composition des églises catholiques anciennes, en l'illustrant avec un corpus d'exemples qui exclut les réalisations du XIX^e siècle, à part l'église de la Madeleine. Sa classification est typologique : églises charpentées, églises voûtées, applications de la voûte au plan basilical. Il traite également les éléments constructifs ou architecturaux (absides, clocher, porche, presbytère), mais aussi la question du chauffage. L'auteur juge le programme architectural religieux comme une expression d'architecture pure où la question de la fonction au sens moderne est très marginale et ne l'intéresse pas en tant que rationaliste. « L'art des églises nous apparaît comme un art du passé : l'église est ou paraît un problème sans solution pour nous - ou par nous » écrit-il²⁷³.

La pérennité s'affirme, selon lui, par les signes extérieurs, car si la doctrine peut évoluer à travers les siècles, tout ce qui est matériel et tangible reste identique pour affirmer la continuité. Pourtant, dans l'évolution de l'architecture des églises en occident on constate un évident manque d'unité des formes. Au lieu d'une tradition unique, Guadet identifie plusieurs traditions différentes qui ne permettent pas de tirer une conclusion pour la création contemporaine, d'où la déroute des architectes. Dans un contexte où l'archéologie se substitue à l'architecture, il faut chercher la perpétuité dans le programme lié au cérémonial et à la façon de prier, une abstraction qui peut se matérialiser sous une multitude de formes. L'architecte doit connaître le passé mais ne pas le copier, car le pastiche est la « plaie de notre époque »²⁷⁴. Pour concevoir une église, Guadet encourage ses étudiants à prendre une position personnelle en interprétant les réalisations du passé, une démarche rationaliste mais sans solution. Les références valables dans la vision de Guadet se terminent avec l'église Saint-Sulpice, qui pour Anatole de Baudot est, au contraire, l'un des modèles les plus malheureux. Pour Julien Guadet, la modernité est représentée par les églises des XVI^e, XVII^e et

²⁷² GUADET Julien. Op. Cit., p. 451.

²⁷³ Idem, p. 3.

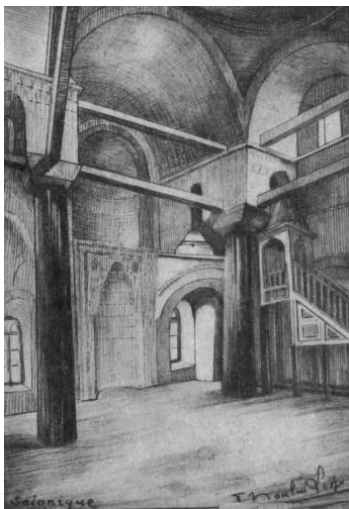
²⁷⁴ Idem, p. 662.

XVIII^e siècles, tandis que le XIX^e siècle est une période de pastiches et copies serviles, entre le temple grec reproduit à la Madeleine et le néo-gothique. La dimension polémique de Guadet s'arrête à ces constats accompagnés de la recommandation de s'affranchir de l'imitation, tandis que Baudot propose en plus une architecture du ciment armé.

2.2.4 Paul Noulin-Lespès, le béton spirituel et le plan centré

Pour la reconstruction des églises dans les régions dévastées par la guerre, Paul Noulin-Lespès²⁷⁵ considère en 1919 qu'une reconstruction à l'identique est impossible et la question du style, du plan et du mode de construction doit se poser, en profitant des leçons du passé et des procédés de construction modernes²⁷⁶. Noulin-Lespès profite de sa présence militaire obligée à Salonique entre 1915-1916 pour réaliser le relevé de plusieurs églises à plan centré. Il s'intéresse aux moyens architecturaux qui permettent le dégagement de l'espace intérieur et la libération des perspectives. D'autre part, le plan basilical est pour lui inadapté au culte et sa prédominance en Occident est due au manque de ressources matérielles et de savoir-faire pouvant permettre la réalisation des coupoles.

Selon lui, le développement en grandeur des églises basilicales n'a créé que des problèmes constructifs nécessitant des réponses sur mesure. Principalement, l'usage de la voûte nécessite une nef étroite qui doit s'allonger pour accueillir plus de personnes, en s'éloignant de l'objectif primitif de rassemblement liturgique. Cependant, l'espace en longueur est propice aux processions et aux usages divers ayant lieu ici, ce qui peut expliquer la persistance de ce type à travers l'histoire. Pour Noulin-Lespès, l'époque des événements laïcs dans les églises est révolue et il faut revenir au plan centré réservé uniquement au culte, sur la base d'exemples byzantins.



Ce retour aux fondamentaux est justifié par le béton armé qui permet de franchir de grandes portées avec un nombre très limité de points d'appui, permettant aux fidèles de se réunir autour du prêtre, d'avoir une bonne visibilité et de bien entendre. Dans cette vision, le béton armé reçoit une connotation spirituelle, puisqu'il dépasse sa condition de moyen qui sert à réaliser des formes préétablies pour devenir celui qui les commande et crée l'espace. Pour accentuer la justification du béton armé dans la construction des églises, il trouve dans le ceinturage en fer de la coupole de Sainte-Sophie de Constantinople un exemple précurseur. Flexible, le béton armé autorise toutes les formes interdites à la pierre et l'ossature peut être soulignée dans sa finesse de

27 Paul Noulin-Lespès.
Croquis de l'église des Douze-Apôtres
à Salonique, vers 1915.
Le Béton armé, N° 3, 1919.

?) commence ses études d'architecture en 1895, mais les interrompt vers 1897 pour son
uté pendant le premier conflit mondial. En 1920, il demande un certificat d'études afin de
vastées. Il obtient son diplôme en 1921 et s'installe à Saint-Étienne. AN. AJ/52/240.
ection d'architecture : N° 3033 à 5615. 1877-1903 ; AN. AJ/52/409 Dossiers individuels des
1^{er} janvier 1901 au 31 décembre 1910.
, pp. 50-52.

façon décorative afin d'éliminer l'aspect lourd des églises à plan centré. C'est un changement de perspective par rapport à l'église Saint-François-Régis de Saint-Étienne²⁷⁷ où, quelques années plus tôt, Noulin-Lespès avait caché derrière une « peau » intérieure les puissants arcs en béton armé. En revanche, l'architecte concède que les matériaux locaux utilisés en remplissage du squelette peuvent reproduire tout style, toute nuance et caractéristique régionale.

L'intérêt de cette opinion vient du rôle plus profond qu'elle accorde au béton armé dans la conception de l'espace religieux. À la différence de Boileau, Noulin-Lespès estime que ce matériau permet de créer un nouveau modèle d'église issu d'une compréhension de la société contemporaine et non d'une continuité historique de modèles architecturaux idéalisés. C'est par le retour dans l'histoire jusqu'au plan centré primitif que l'architecte se distingue aussi d'Anatole de Baudot, qui ne questionne pas le plan allongé traditionnel dans l'architecture en France.

2.2.5 Auguste Perret, la tradition gothique et le béton armé

L'œuvre de Perret est largement étudiée²⁷⁸ et nous ne pouvons pas avoir la prétention de l'interpréter mieux que les spécialistes de ce domaine. Nous proposons uniquement de retenir quelques éléments illustrant la contribution d'Auguste Perret à la propagation du béton armé dans l'architecture religieuse, tant par ses recherches que par son influence.

Jeune, il est marqué par la pensée de Julien Guadet lors de son passage à l'école des Beaux-Arts, surtout en ce qui concerne l'histoire de l'architecture comme leçon pour la création contemporaine. Perret veut élaborer un ordre du béton armé dans la continuité des ordres antiques et à la hauteur de la perfection esthétique qu'il accorde au Parthénon. Son « classicisme structurel »²⁷⁹ est une synthèse de fascination pour l'architecture grecque antique, de rationalisme du XIX^e siècle et d'interprétation personnelle des traditions gothiques, le tout subordonné au béton armé. Il recherche la symétrie, le rythme et l'équilibre.

Perret exerce une forte influence sur les architectes bâtisseurs d'églises dans les années 1920 et 1930 : Moser en Suisse, Diongre en Belgique, Pardal Monteiro au Portugal, Duval et Gonse, Pouradier-Duteil, Rotter en France. Toutefois, ces émules ne suivent pas l'évolution des idées de Perret, qui s'éloigne du plan allongé (Le Raincy) pour développer le plan centré (Le Havre).

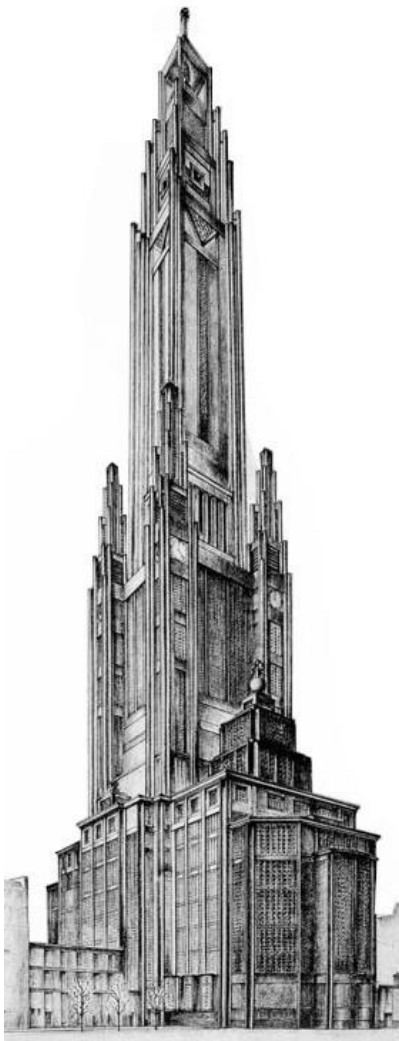
Son début dans l'architecture religieuse s'effectue de manière accidentelle, en Algérie, en lien avec un autre pionnier du béton armé. En proposant une réduction de 8,25% par rapport au devis des frères Perret, Paul Cottancin obtient en janvier 1903 le marché pour la construction de la cathédrale d'Oran,

²⁷⁷ L'emploi du ciment armé. Une église à Saint-Étienne. In : *La Construction moderne*, 15 février 1919, pp. 29-30.

²⁷⁸ Cf. Bibliographie. Par exemple : CHAMPIGNEULLE Bernard. *Perret*. Paris : Arts et métiers graphique, 1959, 159 p. ; COLLINS Peter. *Concrete*. Op. Cit. ; ABRAM Joseph. *Auguste Perret*. Paris : éditions du Patrimoine, 2010, 216 p.

²⁷⁹ ABRAM Joseph. *Perret et l'école du classicisme structurel (1910-1960)*. Nancy et Paris. École nationale supérieure d'architecture de Nancy, 1985, 2 vol, 384 p. et 145 p.

sur les plans de l'architecte Albert Ballu²⁸⁰. Après la réalisation des fondations en maçonnerie armée, les essais démonstratifs faits sur les voûtes engendrent le tassement très important des quatre piliers de la nef. Comme suite à la faillite de Cottancin, les frères Perret sont appelés en 1908 afin de consolider et de finaliser l'édifice²⁸¹. Ils conservent la structure initiale de la crypte sans l'utiliser et construisent d'autres points d'appui. Les murs à double paroi sont recouverts par une dalle sur laquelle repose le niveau supérieur de l'édifice, construit sur une ossature en béton armé et murs creux à deux parois de brique²⁸².



28 Projet des frères Perret pour la basilique Sainte-Jeanne d'Arc à Paris. Perspective. CAA .PERRAU-AA3. 535 AP 924/2

Quand il reçoit la commande de l'église Notre-Dame du Raincy pour un budget très réduit en 1922, Perret maîtrise déjà la conception, l'exécution et le coût d'une ossature en béton armé de garage comme de théâtre. La complexité de cette église-halle est remarquée très tôt, entre son squelette brut de décoffrage typique d'un bâtiment industriel, ses références au théâtre dans le plan incliné vers le chœur, son modèle gothique dans les proportions, sa lumière similaire à celle de la Sainte-Chapelle, le paradoxe du clocher qui est à la fois original et familier. Cette condensation de références et symboles est reprise en version plus schématisée à l'église de Montmagny (1926-1927). Dans la reconstruction du clocher de l'église de Saint-Vaury (Creuse), Perret adopte une écriture architecturale à la fois en rupture et en continuité avec l'église médiévale existante et laisse entrevoir son intérêt pour le plan centré. Nous reviendrons plus loin sur ces trois exemples.

Lors du concours de 1926 pour la basilique Sainte-Jeanne d'Arc de Paris, Perret propose un plan démesuré pour une église de quartier. Il envisage de créer un point de repère plus haut que la colline de Montmartre et le Sacré Cœur situés à proximité. La difficulté majeure vient de l'asservissement total du programme à son objectif, car le projet est en réalité une tour nécessitant un socle de dimensions proportionnelles à sa hauteur d'environ 200 mètres²⁸³. Or une telle surface n'est disponible que vers le centre de cette parcelle de forme irrégulière qui implique un type de plan

ntemporain et projet de sauvegarde. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires
 ÈRE Jean-Pierre. Oran : le chantier de la cathédrale comme leçon structurelle et commerciale. In : COHEN Jean-Louis, ABRAM Joseph, LAMBERT Guy (dir.), *Encyclopédie Perret*. Paris : éditions du Patrimoine et Moniteur, 2002, pp. 75-77.

²⁸¹ Pour Joseph Abram c'est l'échec du système Cottancin, mais en réalité d'autres architectes l'utiliseront plus tard. Selon Abram, Oran représente pour l'entreprise Perret l'un des deux moments stratégiques de l'histoire des techniques qui démontrent la victoire du béton armé Hennebique. Ici il s'agirait de s'imposer face au système Cottancin, au théâtre des Champs-Élysées face aux structures métalliques : ABRAM Joseph. *Dénuement et splendeur du béton*. Conf. Cit., min. 29.

²⁸² PERRET Auguste. Le béton de ciment armé dans les constructions. In : *La République*, 24 décembre 1933.

²⁸³ Perspective du projet : À. et G. Perret. *Projet de l'église votive Jeanne d'Arc*. In : *L'Architecture vivante*, automne-hiver 1926, pl. 9.

inédit. Perret ne trouve pas de référence historique qui puisse lui servir et combine le plan basilical avec le plan centré. En effet, comme à Saint-Vaury, il crée un objet autoréférentiel, déterminé intégralement par son mode de conception²⁸⁴. La tour surmonte ainsi la croisée reposant sur quatre groupes de quatre colonnes²⁸⁵. Cette solution permettant des points d'appui de section raisonnable est issue des réflexions de Perret sur les pylônes électriques, où la matière est répartie aux angles laissant le centre vide, de manière à obtenir un maximum de rentabilité constructive.

Éliminé du concours, Perret doit attendre la deuxième Reconstruction pour une nouvelle opportunité de construction avec une version libérée de cette hésitation typologique sur l'espace de culte, entre le plan allongé et le plan centré. Ainsi, à partir de 1951 il bâtit l'église Saint-Joseph du Havre sur un plan centré catégorique. Le motif de la tour-signal surmontant la nef, qui le préoccupe depuis deux décennies, se justifie selon lui à cet endroit, car il évoque un phare.

Grâce aux nombreuses publications et commentaires qui valorisent la qualité de sa création en temps réel, Perret gagne rapidement une grande autorité sur les architectes de l'époque. Peu nombreux sont ceux qui ne font pas, dans les églises qu'ils dessinent, au moins une fois référence à son écriture architecturale. Ce n'est pas dans la recherche obstinée d'un « ordre du béton armé », mais dans la finesse des éléments porteurs verticaux, dans la composition des clochers et dans l'éclairage naturel par des claustras que se manifeste principalement son influence sur l'architecture religieuse²⁸⁶.

2.2.6 Dom Bellot, la stylisation rationnelle

Paul Bellot (1876-1944) est diplômé de l'école des Beaux-Arts de Paris, mais avant de pratiquer son métier il devient moine bénédictin dans la congrégation de Solesmes, réfugiée au sud de l'Angleterre en raison des tensions entre l'État français et l'Église catholique au début du XX^e siècle. En secondant Dom Mellet sur la construction d'une chapelle, il commence à travailler comme architecte dans le cadre de l'organisation religieuse de ce dernier. On lui confie les projets pour l'abbaye Saint-Paul d'Oosterhout au Pays-Bas et l'abbaye de Quarr en Angleterre²⁸⁷.

Sa carrière se développe après la Première Guerre mondiale, avec une commande désormais extérieure à sa communauté et sur fond d'apaisement des relations entre l'État et l'Église. Ce nouveau début est marqué par la construction de l'église Saint-Joseph de Noodhoek au Pays-Bas. Entré en contact avec le fondateur de l'Arche Maurice Storez en 1922, Bellot démarre des chantiers d'églises en France, où il s'installe en 1928. Sollicité pour aller au Canada en vue d'un cycle de conférences en

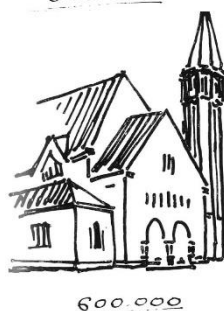
²⁸⁴ ABRAM Joseph. Dénouement et splendeur du béton. Conf. Cit., min.79.

²⁸⁵ Plan d'implantation, 1^{er} juin 1926 : CNAM/SIAF/CAP/CAAC/Auguste Perret/UFSE/SAIF/2014. Fonds Perret. PERAU-113. Dossier 535 AP 924/2. Doc. CNAM-26-10-0002. Coupe transversale, 1^{er} juin 1926 : Doc. CNAM-26-10-0004.

²⁸⁶ Même un ancien collaborateur de Perret comme Denis Honegger ne copie pas sa pensée, à Notre-Dame-des-Buttes-Chaumont (1960). Il se limite à quelques références évidentes en façade, appliquées sur le fond d'une conception architecturale originale.

²⁸⁷ HOTTIN Christian. Une vie, une œuvre, des archives : note sur le fonds Dom Paul Bellot aux Archives nationales du monde du travail (Fonds N° 2003 006). In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009, URL : <http://journals.openedition.org/insitu/4716> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.4716> (Consulté le 10 août 2023).

1934, puis pour des chantiers d'églises deux ans plus tard, il est forcé par la guerre et la maladie de rester au Québec, où il meurt dix ans plus tard²⁸⁸.



29 Dom Bellot. Trois variantes d'églises et leur prix.
Dom Bellot-moine architecte.

Très sensible et subtil dans la mise en œuvre de la brique, Bellot se fait aussi remarquer par sa rationalité structurelle quand il travaille avec le béton armé. L'arc parabolique segmenté et les formes à surfaces droites exigées par les coffrages et les armatures deviennent sa signature. Soucieux des aspects économiques de la construction, il envisage les églises comme des produits à options, en fonction du budget : à petit porche, à grand porche, à grand porche et clocher, etc.

Comme ses illustres collègues de la même génération, le moine-architecte remarque le désert architectural créé par la reproduction des exemples anciens, mais dénonce aussi le manque d'humanisme de l'architecture d'avant-garde contemporaine, « le nu intégral »²⁸⁹. Pour lui, les deux attitudes sont aussi regrettables : l'une s'intéresse aux détails sans rechercher l'essentiel, l'autre ne s'occupe que de l'essentiel, en se concentrant sur les proportions. Les formes architecturales doivent se situer à l'intersection entre l'intelligence et le sentiment, sur le plan des exigences techniques. Le plan, la structure, la masse et l'espace sont indissociables et les façades ne sont que le résultat sincère des dispositions internes, donc elles sont selon lui secondaires. L'originalité d'un édifice tient de l'espace intérieur, qui définit le lieu sur la base de la raison créatrice qui ordonne la lumière, les formes et les usages. Il paraît précurseur de Louis Kahn dans la théorisation de la sincérité des matériaux quand il affirme :

« Or, l'architecture n'est pas qu'une géométrie : elle est de l'ordre concrétisé dans une matière, imposant à cette matière une clarté nouvelle. Cette conception spirituelle doit donc, de toute nécessité, tenir compte du matériau employé : toutes les matières ne sont pas appelées indifféremment à toutes les formes ; elles appellent les formes de l'art, mais en commandant un choix. »²⁹⁰

Dom Bellot est un promoteur du béton armé dans la construction d'églises qui s'exprime plus efficacement par ses exemples pratiques que par ses théories. Sa double posture de moine et d'architecte lui donne un champ de vision complet, qu'aucun autre acteur important n'a à cette époque. Il applique à la fois les idées de renouveau architectural de l'Église et des maîtres d'œuvre avec la même légitimité dans les deux domaines, ce que l'athée Auguste Perret n'a pas.

²⁸⁸ ELLIS Charlotte, MEADE Martin. Itinéraire d'un moine bâtisseur. In : CULOT Maurice ; MEADE, Martin (dir.). *Dom Bellot, moine - architecte*. Paris : Norma, 1996.

²⁸⁹ BELLOT Dom Paul. Réflexions sur l'Architecture. In : *Le Béton armé*, N° 336, 1936, pp. 1368-1378.

²⁹⁰ Art. Cit., p. 1378.

2.2.7 Les Chantiers du Cardinal, l'expression de l'Église catholique

Les Chantiers du Cardinal sont créés en 1931, dans le contexte de la crise économique, de la croissance démographique parisienne et de la volonté évangélisatrice de l'archevêque Verdier²⁹¹. Il s'agit de la manifestation d'une Église catholique qui reprend l'initiative après la Séparation de 1905 sur des bases nouvelles et modernes, notamment en termes sociaux. C'est aussi un remarquable établissement de maîtrise d'ouvrage sans précédent, ayant comme objet la construction de nouvelles églises selon une vision stratégique à l'échelle du diocèse. Leur influence est majeure sur les tendances générales dans l'architecture religieuse française des années 1930, à la fois du point de vue urbain, architectural et stylistique.



30 Visite du chantier de l'église du Sacré-Cœur à Saint-Ouen. De gauche à droite : l'ingénieur des travaux, R. P. Merklen, directeur de *La Croix*, l'abbé Poujol, le cardinal Verdier, le vicaire général Paul Louis Touzé. Derrière : l'architecte Julien Barbier et son fils. *Le Christ dans la banlieue*, N° 3, 1932.

Paul Louis Touzé (1875-1960), vicaire général, est le premier directeur nommé à la tête des Chantiers. Il est l'auteur de plusieurs articles programmatiques et articles de synthèse sur l'œuvre de construction entreprise dans le diocèse. Sur le plan artistique, il suit les conseils du pape Pie XI, qui est assez défavorable à l'austérité de l'architecture moderne. Pour lui, les églises construites au début des années 1930 en Allemagne, notamment celles de Rudolf Schwartz, rompent inutilement avec la tradition sous prétexte d'art moderne et vont jusqu'à défigurer l'art sacré. Une attitude censurée dans son diocèse de Paris, où le nouveau doit être aussi beau que l'ancien pour représenter un véritable progrès :

« Qui pourrait sérieusement mettre en parallèle certaines églises ultra-modernes, comme nous en rencontrerons sur les bords du Rhin, (...) avec celles des chantiers du Cardinal de Paris (...) ?

Paris, là encore, a donné l'exemple de la sagesse, de la pondération, du bon sens... Son Eminence (...) a pris soin, devant les paroles pontificales, de recommander au Comité diocésain d'architecture de ne laisser passer aucun plan d'église, qui ne fût vraiment une *habitation de Dieu*, une *maison de prière*. (...) nous ne nous serons pas écartés, sur les chantiers du Cardinal, de cette direction si sûre du Pontife romain : *Créer des formes nouvelles en imitant l'antique*. »²⁹²

²⁹¹ DE SAINTE MARIE Arielle, DE PALMAERT Albéric. *Les Chantiers du Cardinal. Histoires d'églises en Île-de-France*. Rennes : Ouest-France, 2011, p. 14.

²⁹² TOUZÉ Paul. Influence modératrice de l'Église dans l'art architectural. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 6, 1933, pp. 3-8.

Sa vision va plus loin dans les détails, pour critiquer certaines pratiques des architectes modernes, comme l'orthogonalité, qui dans le cas des églises ordonne le remplacement des voûtes par des planchers plats, ou comme l'expression sincère du béton laissé apparent. Cette interprétation est implicite, car Paul Touzé, non-spécialiste de l'architecture, n'écrit que sur les effets visuels :

« La ligne droite...le fétiche qui nous impose le *building* américain (...) la construction adaptée à tout et à rien, qui sue la mort et l'ennui par tous les pores de son ciment si gris, si triste...De grâce, ne transportons pas cet exclusivisme de la ligne droite dans la construction de nos églises catholiques. »²⁹³

Les résultats de cette vision sont présents dans la plupart des réalisations des Chantiers du Cardinal. Les formes extérieures restent largement inspirées d'exemples anciens, la voûte demeure un symbole fort au-dessus du vaisseau central. Pourtant, l'innovation technique et artistique est présente partout, mais se manifeste visuellement à des degrés divers. Ainsi, pour répondre à la demande stylistique du maître d'ouvrage, Nasousky crée un système de préfabrication en blocs de béton moulés qui permettent l'élévation d'églises néo-romanes simplifiées à un prix très compétitif. Sous les formes vaguement anciennes, la nouveauté est lisible seulement à travers la banalité de la standardisation industrielle. À Champigny, l'église Sainte-Bernadette reçoit une charpente novatrice mixte en fer et bois, dont les fermes dessinent à l'intérieur le contour de la voûte²⁹⁴.



31 Saint-Antoine-de-Padoue, Paris.
Photo : l'auteur, 2016.

D'autres exemples montrent plus de cohérence entre fond et forme, comme Saint-Agnès de Maisons-Alfort et Saint-Jacques-le-Majeur de Montrouge, où le béton armé a son propre langage esthétique. Il y a des réalisations qui proposent, au contraire, des formes historiques en matériaux modernes, comme Saint-Pierre-de-Chailot. De même, la volonté de simplicité que les architectes des années 1930 manifestent dans leurs travaux est aussi présente dans des réalisations religieuses, un brillant exemple en étant Saint-Antoine-de-Padoue à Paris²⁹⁵. Les signes de l'industrialisation du bâtiment sont visibles dans toutes ces réalisations.

L'ampleur de la tâche impose une grande économie de moyens et des chantiers rapides. C'est ainsi que le béton armé montre son efficacité dans la structure générale, avec des formes standardisées qui permettent, selon la vision du diocèse, des agrandissements ultérieurs dans le prolongement des travées. Pour éviter de réaliser des églises identiques on intervient sur les détails. La hauteur du clocher, la forme des

²⁹³ Ibidem.

²⁹⁴ *Le Christ dans la banlieue*, N° 14, 1934, p. 18.

²⁹⁵ *Le Christ dans la banlieue*, N° 9, 1934, p. 20 ; N° 10, 1934, p. 22 ; N° 13, 1935, p. 16 ; N° 15, 1935, p. 22.

fenêtres, les couleurs et les types de parement sont différents d'une église à l'autre afin de donner une impression de diversité.

Dans le cadre de la crise économique, le prix des matériaux en baisse et la forte concurrence entre entrepreneurs valorisent le progrès que représente l'emploi du béton armé. Avec des commandes faites aux architectes ingénieurs, qui savent composer avec ces facteurs, les Chantiers du Cardinal peuvent fonctionner avec des montants de travaux assez faibles, souvent mis en avant :

« Pour quelques centaines de milliers de francs, pour moins encore, si vous êtes de ceux à qui la Dame Pauvreté fait de persévérantes avances, vous pouvez donner à vos fidèles abandonnés des lieux de culte bien conçus, modernes dans les formes, adaptés à un apostolat en 1936... »²⁹⁶

Propager la foi par l'architecture

Dans le premier numéro de la « revue trimestrielle de l'urbanisme religieux » *Le Christ dans la banlieue*, le programme de construction d'églises est affirmé d'une façon claire et pragmatique. L'argument principal est simple : il y a dix-sept cités-jardins en cours de réalisation autour de Paris pendant que sur l'ancien terrain des fortifications de vastes opérations de logements sociaux sont en train de se construire, éloignés des églises existantes quand ils n'en sont pas complètement dépourvus. Sur cinq millions d'habitants que compte le diocèse, deux millions ne peuvent être évangélisés en l'absence de lieux de culte. La solution proposée est claire : construire des églises à ces endroits, soit sur des terrains concédés par la Ville ou l'office des habitations à bon marché, soit sur des parcelles achetées directement par le diocèse. Comme la réalisation des opérations d'urbanisme s'étend sur plusieurs années, il faut pendant ce temps construire des lieux de culte même très modestes, pour éviter que les nouveaux habitants ne deviennent indifférents à la religion. C'est le début des Chantiers du Cardinal, dont le programme préliminaire prévoit l'élévation de 19 nouvelles églises, l'agrandissement de 13 églises existantes et la création de 34 centres d'œuvres²⁹⁷. L'initiative est couronnée de succès, car jusqu'en 1934, 60 chantiers seront ouverts²⁹⁸, alors qu'un bilan dressé en 1938 fera état de 101 campagnes de travaux²⁹⁹.

Les données statistiques expliquent le besoin de nouvelles églises. Paris possède en 1830 un nombre de trente-neuf églises paroissiales pour 785.000 habitants, alors que la banlieue en a soixante-quinze pour environ 163.000 habitants, repartis sur un tissu encore rural et discontinu. Au début du XX^e siècle on compte seulement quatorze paroisses supplémentaires sur tout le territoire du diocèse, malgré une multiplication de la population par trois. Dans ces conditions, le cardinal Richard (1819-1908) ouvre plusieurs chapelles de secours, où certaines cérémonies comme le mariage ne sont pourtant pas assurées. C'est la Séparation de 1905 qui détermine une action plus efficace. Ainsi, en 1931 on compte sur la ville de Paris un nombre de quatre-vingt-quatre églises paroissiales et vingt-six

²⁹⁶ TOUZÉ Paul. Qu'en pense-t-on au coin des Prêtres-Bâtisseurs ? In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 17, 1936, p. 4.

²⁹⁷ Notre programme de construction. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 1, décembre 1931, p. 9.

²⁹⁸ DEMAY Émile. L'urbanisme et les Chantiers du Cardinal. In : *L'Architecture*, N° 5, mai 1938, p. 148.

²⁹⁹ Idem, p. 177.

chapelles de secours, pour une population de 2.891.000, alors qu'en banlieue il existe un total de cent-dix églises paroissiales et quarante-huit chapelles de secours pour 2.042.835 habitants.³⁰⁰

En théorie, la méthode est relativement simple, surtout pour la « ceinture rouge ». Des « centres de défrichage » sont créés dans les zones les plus déshéritées de la banlieue pour l'évangélisation de la population. Ils sont composés d'une chapelle, d'un pavillon de gardien et d'un presbytère. La chapelle est censée être remplacée par une église après quelques années pendant lesquelles une communauté de fidèles se solidarise autour d'un prêtre qui mène un apostolat intensif et des actions sociales.

Action sociale

Les Chantiers du Cardinal visent à réduire les effets de la grande crise économique commencée en 1929, qui touche violemment le secteur de la construction. Les églises sont, certes, nécessaires pour répondre à l'augmentation de la population du diocèse, mais le combat contre le chômage est tout aussi important, notamment dans le contexte où l'Église cherche à propager la foi dans le milieu ouvrier :

« Le but poursuivi par l'Archevêque de Paris, en ouvrant ses soixante chantiers, est double, ne l'oublions pas : donner des lieux de culte et fournir du travail. (...) »

Que de familles arrachées aux privations du chômage ! N'y-a-t-il pas là un argument apologétique de premier ordre pour qui traitera aujourd'hui et demain du Rôle de l'Église catholique dans le Monde ouvrier, et de l'effort apporté par Elle à résoudre la question sociale ? »³⁰¹

L'Église catholique identifie en banlieue un ennemi redoutable dans l'effort d'attirer les classes populaires vers la foi. En 1917 a lieu la Révolution russe, suivie de troubles à travers l'Europe. Pendant les années 1920 la section française du Komintern se rebaptise Parti communiste³⁰² et remporte des sièges aux élections législatives et municipales. Bezons, Bobigny, Villetaneuse, Saint-Denis, Clichy, Malakoff, Vitry-sur-Seine, Ivry-sur-Seine, Villejuif sont dirigées par des maires communistes à partir de 1925. Pierrefitte-sur-Seine, Alfortville et Bagnolet sont gagnées en 1929. Allié avec la Section française de l'Internationale ouvrière (SFIO), le parti radical-socialiste et d'autres petites organisations de même orientation, le parti communiste français arrive à stabiliser ses positions aux élections municipales de 1935 et à anticiper une victoire aux législatives l'année suivante. Dans ce contexte inquiétant pour l'Église, Monseigneur Touzé écrit, en janvier 1936 :

« En face de nous, le communisme livre ce grand et acharné combat des âmes. Le voici à nos portes avec ses organisations de *sans-Dieu* et sa doctrine anticatholique, avec sa mystique qui dresse des apôtres zélés, intrépides, il faut le reconnaître, contre les nôtres et contre notre civilisation séculaire. De l'aveu des

³⁰⁰ TOUZÉ Paul. L'Évangélisation de Paris et de sa Banlieue – un aspect du problème. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 10, 1934, pp. 4-5.

³⁰¹ TOUZÉ Paul. Si nous faisons le point. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 9, 1934, pp. 4-8.

³⁰² Par la scission de la SFIO lors du congrès de Tours en décembre 1920.

meilleurs juges, le Prêtre est le seul qui vaille pour opposer à l'avance communiste une barrière efficace. »³⁰³

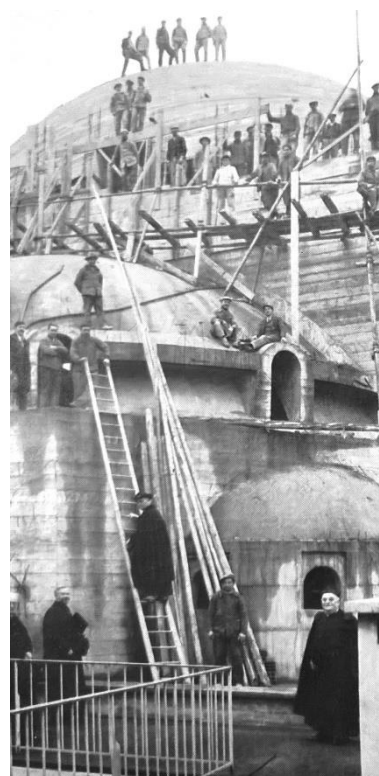
Face à cette menace, le directeur des Chantiers du Cardinal accepte d'oublier les débats artistiques afin d'aller plus vite dans la construction de lieux de culte. Le souci social dépasse désormais le cadre du chômage, car il faut attirer la population vers l'Église avec des services et une certaine commodité. Chaque centre religieux doit se trouver à moins de 15 minutes de marche du domicile et, dans l'idéal, doit posséder une salle de réunions et de catéchisme près des écoles construites récemment par les villes :

« Aujourd'hui, nos citadins ont à leur porte le boucher, le boulanger, le marché, l'École ; mettons à leur porte aussi l'Église ; sinon, ils n'y viendront pas ; ils nous échapperont. »³⁰⁴

Nous allons retenir plus loin, parmi les nombreuses réalisations des Chantiers du Cardinal, quelques exemples où l'emploi du béton armé est révélateur à la fois du changement profond qui a lieu dans les techniques constructives appliquées à l'architecture religieuse et de la transformation du programme imposé par la maîtrise d'ouvrage. Les exigences de rapidité et d'efficacité favorisent un complexe de facteurs qui changent, au-delà de leur rôle paysager dans la ville, les dimensions et l'esthétique des églises et ensuite tout l'art sacré.

Dans cette nouvelle vision des lieux de culte, rapprochés à la fois physiquement et psychologiquement des ouvriers et des pauvres en général, il n'y a plus de place pour le luxe de la décoration et la démesure des espaces. C'est dans ce cadre symbolique que le béton armé, matériau présent déjà dans l'architecture quotidienne des travailleurs, du logement à l'atelier et à l'usine, représente un trait d'union entre l'univers social de l'industrie et la religion, au-delà de son rôle purement pratique.

Le béton est mentionné dès les premiers articles dans le *Christ dans la banlieue*. On apprend que le nouveau clocher de la chapelle Sainte-Agonie à Paris possède des fondations en superciment, matériau qui permet une prise rapide et donc une rapidité d'exécution des travaux. Concernant l'église du Saint-Esprit, en cours de réalisation, la revue estime qu'ici « le ciment armé est roi indiscuté, et réalise des merveilles »³⁰⁵. En même temps on écrit sur les fondations de Saint-Pierre-de-Chaillot, des puits de 13 et 17 m de profondeur : « voilà qui présage de beaux mètres cubes de béton »³⁰⁶.



32 Le cardinal Verdier (centre) sur le chantier de l'église du Saint-Esprit. *Le Christ dans la banlieue*, N° 2, 1932.

³⁰³ TOUZÉ Paul. Qu'en pense-t-on au coin des Prêtres-Bâtisseurs ? Art. Cit., p. 4.

³⁰⁴ Ibidem.

2.2.8 Maurice Denis, la voix de l'art sacré

Les arts plastiques sont inséparables de l'espace religieux moderne et contribuent de manière intégrée à son caractère. Après la création en 1839 de la Confrérie de Saint-Jean l'Évangéliste, devenue Société Saint-Jean, réunissant des créateurs de tous les horizons au service de l'art sacré, un renouveau de ce dernier est annoncé par la littérature ou la peinture à la recherche d'un retour au spirituel. L'impressionnisme, les œuvres de Rimbaud, Verlaine, Puvis de Chavannes, Odilon Redon et surtout Gauguin, qui traite des sujets religieux explicites, préparent le terrain et font oublier la rigidité de l'académisme.

Le groupe des « nabis », représenté principalement par Sérusier, Bonnard, Vuillard et Maurice Denis, est en contact avec Gauguin et s'intéresse à Cézanne, Van Gogh, Seurat. Le tableau de Denis intitulé « Le Mystère catholique » et exposé en 1890 est considéré, certes de manière démonstrative, comme l'acte de naissance de l'art sacré moderne³⁰⁷.

En 1919 Maurice Denis fonde avec Georges Desvallières les « Ateliers d'Art sacré », actifs jusqu'en 1947, très influents et prolifiques sur l'ensemble des chantiers d'églises. Il semble donc important de connaître les opinions de l'artisan de ce mouvement en matière d'architecture ecclésiastique.

Denis est généralement l'un des partisans de la sincérité en architecture et dans la décoration, appelant la nécessité de symboles et d'allégories pour parler à l'esprit. Pour lui, l'imitation des styles anciens est à proscrire, tout comme les matériaux factices. Ce qu'il faut rechercher c'est une synthèse des arts et de l'architecture afin d'obtenir une homogénéité parfaite au service du sentiment religieux.

Selon lui, le néo-gothique trouve une explication dans le fanatisme archéologique des sculpteurs et architectes emportés par leurs projets de restauration de monuments anciens. Pourtant, il fait l'éloge de la restauration qui remet l'œuvre dans un état idéal permettant sa compréhension, en impliquant évidemment la créativité contemporaine³⁰⁸. De ce point de vue, il apprécie Viollet-le-Duc, mais pas ceux qui produisent une architecture néo-médiévale sans la comprendre.

Denis n'est pas impressionné par l'église Saint-Jean de Montmartre d'Anatole de Baudot, qu'il considère comme une analogie de la charpente métallique avec des profils de carrosserie³⁰⁹. En revanche, il apprécie l'église de Julien Barbier à Bécon-lès-Bruyères et surtout la cathédrale d'Oran par Ballu et l'église Saint-Louis de Vincennes par Droz et Marrast. Cette dernière est pour lui le meilleur exemple d'emploi judicieux du ciment armé, sans doute aussi parce qu'il a travaillé lui-même à son décor intérieur.

³⁰⁵ Nos chantiers d'églises et autres - dans Paris. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 1, décembre 1931, p. 10.

³⁰⁶ Ibidem.

³⁰⁷ PICHARD Joseph. *L'art sacré moderne*. Paris : Arthaud, 1953.

³⁰⁸ DENIS Maurice. Les élèves d'Ingres. In : *L'Occident*, 1902, pp. 78-79 et In : *Théories 1890-1910, du symbolisme et de Gauguin vers un nouvel ordre classique*. Paris : L. Rouart et J. Watelin, 1920, pp. 102-103.

³⁰⁹ DENIS Maurice. *Nouvelles théories sur l'art moderne, sur l'art sacré 1914-1921*. Paris : L. Rouart et J. Watelin, 1922, p. 269 (Dernier état de l'art chrétien et l'école d'art sacré).

D'après le peintre, l'architecture civile et celle religieuse doivent être au même niveau, comme au Moyen Âge, quand les formes associées à l'idéal catholique sont utilisées aussi bien par les villes et les corporations, que par les seigneurs et les rois. Il n'y a pas de style religieux particulier, mais uniquement un style de son époque³¹⁰. Néanmoins, il accepte que les églises et chapelles contemporaines, qu'il trouve parfois intéressantes soient supérieures en beauté aux édifices civils³¹¹. Il faut remettre les jugements dans leur contexte historique, car pour lui le Sacré-Cœur est un monument plus beau et original que le Grand Palais.

Des nuances contradictoires dans ses appréciations sont perceptibles dans des passages comme le suivant, où il semble complètement opposé à l'imitation du vocabulaire architectural ancien sans justification objective :

« Voici une église : elle est « de style » ; très bien imitée d'un modèle ancien. Mais je sais qu'elle est en ciment armé ; vos nervures sont du plâtre, et ne soulignent aucune nécessité de construction. Votre monument est un monolithe qui tient tout seul : à quoi bon des croisées d'ogive ? Vous voulez me faire croire à des poussées latérales, et que vos contreforts servent à quelque chose ? Mensonge que tout cela. (...) Et moi je vous dis : tout ce qui est faux, tout ce qui veut tromper n'est pas à sa place à l'église. »³¹²

Pendant la Première Guerre mondiale, il défend la suprématie française dans l'art et l'architecture. Il insiste sur le besoin de réveil religieux, le retour au bon sens, le sentiment des réalités. Selon lui, après l'invention de la photographie, le culte du modèle et celui du réalisme académique sont voués à l'échec. Dans ce contexte d'exacerbation nationaliste il critique les formes du classicisme et considère le cubisme et le ciment armé comme des inventions d'inégale valeur³¹³ mais françaises et non allemandes. Il rejette toutes les accusations de germanisme et considère que l'art allemand a été trop promu en France avant la guerre.

Après le conflit, Maurice Denis souligne que refaire en architecture et dans les arts ce que les prédécesseurs ont fait serait une preuve de défaillance indigne d'une nation victorieuse. L'issue de la guerre est, selon lui, une occasion à ne pas manquer pour rebâtir les églises avec les moyens présents et la sensibilité contemporaine. Au lieu de mettre à l'œuvre l'érudition démonstrative, il convient d'user de la piété et du cœur pour créer un « style de la Victoire »³¹⁴.

³¹⁰ DENIS Maurice. Le sentiment religieux dans l'Art du Moyen Âge. In : *Nouvelles théories sur l'art moderne, sur l'art sacré 1914-1921*. Op. Cit., p. 146. Texte de la conférence du 16 décembre 1913 à la société des Amis des Cathédrales.

³¹¹ DENIS Maurice. Les nouvelles directions de l'art chrétien. Art. Cit., p. 199.

³¹² Idem, p. 215.

³¹³ DENIS Maurice. Le présent et l'avenir de la peinture française. In : *Le Correspondant*, 25 novembre 1916. Republié In : *Nouvelles théories sur l'art moderne, sur l'art sacré 1914-1921*. Op. Cit., p. 26.

³¹⁴ DENIS Maurice. Les nouvelles directions de l'art chrétien. Art. Cit., p. 243.

2.3 Le contexte européen

L'architecture religieuse française de la période 1890-1940 prend place dans un cadre international avec lequel elle entretient inévitablement des relations d'influence. En termes d'innovation architecturale, l'inspiration créée par l'œuvre d'Auguste Perret est immédiate, sauf peut-être en Italie où le mouvement rationaliste est fort. Hennebique, Cottancin et Dom Bellot, entre autres, construisent au-delà des frontières nationales, alors que les publications spécialisées françaises bénéficient d'une large distribution et d'un prestige à ne pas minimiser. En revanche, il existe des particularités nationales, soit sociopolitiques et religieuses, soit techniques. Par contraste, elles mettent en évidence les qualités ou les défauts de l'architecture religieuse catholique contemporaine en France.

Le protestantisme aussi peut exercer une influence sur l'architecture des églises catholiques dans certains pays, chose aussitôt remarquée par le clergé français³¹⁵. En effet, tout en étant « mystique rhénan », Rudolf Schwartz s'approche de l'esprit protestant par l'austérité qu'il donne à ses églises de culte catholique. D'un point de vue social et politique, les années 1920 et 1930 sont vécues très différemment en France par rapport à l'Allemagne, l'Italie ou l'Espagne. Enfin, le béton armé a des caractéristiques propres en France, dues à la domination du système Hennebique, alors que l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie développent un béton armé sur la base du système Monier. Afin de mieux comprendre la position de la famille d'églises françaises étudiée dans l'histoire de l'architecture, nous proposons de traiter brièvement quelques idées et exemples étrangers. Nous restons sur le continent européen, qui offre des ressources suffisantes pour répondre pertinemment à cet objectif.

2.3.1 Points de vue européens sur le béton armé dans l'architecture

Face à l'expansion du béton armé dans la construction de bâtiments civils, les professionnels européens se questionnent au début du XX^e siècle sur l'aspect extérieur à donner à cette nouvelle architecture libre des contraintes typiques aux matériaux traditionnels. Il est utile de mettre en parallèle la vision des architectes et théoriciens français avec celle de leurs confrères étrangers dont les idées sont publiées en France.

Nous choisissons un Autrichien et un Belge, représentatifs des théories architecturales de leur pays respectif, mais aussi des formes du béton armé qui s'y développent. Ainsi, en Autriche-Hongrie comme en Allemagne, ce sont les dérivations du système Monier (Monierbau) qui sont utilisées à cette époque, alors que la France est en train d'instaurer un système règlementaire issue en grande partie du système Hennebique, qui est présent également en Belgique.

³¹⁵ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., p. 108.

Alexander Wielemans – un plaidoyer pour la poursuite des styles classiques

Dans une conférence de 1909 au congrès international des architectes à Vienne, l'architecte autrichien Alexander Wielemans von Monteforte (1843-1911) présente son expérience avec le béton armé et sa vision sur l'emploi du matériau. La transcription est publiée en France en 1912³¹⁶, un an après la mort de cet architecte en chef du gouvernement impérial, l'un des adeptes des styles historiques les plus connus dans son pays, mais aussi un pionnier du béton armé dans l'architecture de prestige. Il gagne en 1874 le concours pour le Palais de Justice de Vienne, puis continue avec les tribunaux de Salzbourg et de Brünn (Brno). Il réalise aussi plusieurs chapelles funéraires et églises. Il adopte dans sa création des éléments du vocabulaire éclectique et admet qu'il n'a jamais cherché de nouvelles formes pour essayer d'exprimer un style nouveau propre au béton. Malgré le caractère décoratif emprunté qu'il accorde au béton armé, l'intérêt des préconisations de Wielemans réside dans la volonté d'introduire ce matériau dans l'architecture monumentale sans faire de compromis esthétique, selon les opinions dominantes à l'époque. Pour cette raison, il est dans l'assentiment d'une grande partie des confrères contemporains et la publication en France de son opinion montre l'actualité du débat.

Wielemans parle de son expérience des deux façons d'utiliser le béton, coulé sur place et préfabriqué, le choix d'une technique ou de l'autre étant déterminé par des critères purement technologiques comme le poids des éléments, la distance de transport et les risques de dégradation avant la mise en œuvre. À travers plusieurs détails commentés, l'architecte expose diverses manières d'exécuter les plafonds, voûtes, piliers et corniches, par une combinaison de préfabrication et d'exécution sur place. On peut remarquer le raffinement de la conception technique des assemblages, des voussoirs modulaires, des raccordements entre murs et plafonds et des colonnes, mais qui ne se détachent pas d'une ornementation historiciste. Pourtant, cette décoration est intégrée dans l'élément dès le moulage, ce qui respecte la logique du matériau et l'unité entre structure et ornement admirées par Anatole de Baudot dans l'histoire. Cependant, sur le terrain de l'honnêteté, l'approche de Wielemans n'est pas approuvée par cet architecte français qui méprise l'imitation et la tromperie.

Démocrate et considérant que les régimes monarchiques favorisent le piétinement du peuple dans le faste des copies, Baudot est, par essence, l'opposé de Wielemans. Les deux contemporains, d'un âge proche, mais vivant et exerçant sous des régimes politiques différents, représentent en effet les deux faces antagoniques d'un corps professionnel qui ne peut plus ignorer le béton armé dans l'architecture monumentale et se trouve sous la pression de l'utiliser d'une manière qu'il s'efforce de définir. Connaissant la suite de l'histoire, nous pouvons affirmer que les deux ont raison ou tort jusqu'à un certain point. Le système de ciment armé de Baudot n'a qu'une filiation limitée³¹⁷, en revanche le béton armé moulé sur place ou préfabriqué dont Wielemans fait usage acquiert la position dominante. D'autre part, l'ornementation éclectique du béton tombe en désuétude rapidement, de même que la peinture très chargée prévue par Anatole de Baudot. Les deux approches se rejoignent et sont

³¹⁶ WIELEMANS DE MONTEFORTE Alexander. Le béton armé dans l'architecture monumentale. In : *L'Architecte*, N° 8, 1912 pp. 60-63 et N° 9, 1912, pp. 65-67.

³¹⁷ Dans l'œuvre de François Lecœur, Pierre Paquet, Emmanuel Chaine, Pierre Cuvillier.

validées à l'usage dans le domaine plus théorique des principes constructifs, qui proviennent d'une lucidité sur le fonctionnement du matériau et d'une intégration des acquis de l'histoire de la construction. L'expérimentation de Charles-Henri-Besnard sur Saint-Christophe-de-Javel représente une synthèse des deux positions, en réunissant décoration incluse dans la structure, assemblages de pièces préfabriquées et positionnement dans la continuité des traditions constructives, sans pour autant répéter les éléments de vocabulaire du passé.

Louis Cloquet – un renouveau modéré

Louis Cloquet (1849-1920), architecte de tendance néo-gothique³¹⁸ et professeur à l'université belge de Gand, veut convaincre ses confrères des avantages du béton armé, en faisant d'abord la liste des défauts du système traditionnel de construction³¹⁹. Les blocs de maçonnerie ne sont solidaires qu'à travers d'improbables chaînages. Le contact de la charpente avec les murs est au maximum une articulation, sinon un appui simple. Ces imperfections continuent avec l'introduction des fermes métalliques et ensuite de la charpente métallique globale. L'unité de matière donnée par le béton armé est la seule à résoudre l'imperfection du système constructif afin d'obtenir un monolithe murs-toiture. Considérant la paroi en béton armé « parfaitement étanche », l'auteur prévoit une utilisation en couverture, de même que la possibilité de supprimer les fermes et de conserver l'enveloppe raidie par des nervures, utiles pour réaliser dans leur épaisseur des doubles parois. Il envisage aussi des toits-terrasse avec des jardins plantés sur une étanchéité bitumineuse. Sur les planchers, le béton permet plus d'hygiène et d'économie par la suppression des hourdis et la facilité de réaliser la finition de sol.

En ce qui concerne les façades, Cloquet admet que la surface du béton apparent n'est pas satisfaisante et suggère un système d'ossature peinte remplie de maçonnerie colorée. Au niveau des formes urbaines, le béton permet une architecture où les murs et les toitures se confondent dans un volume créé par une mince enveloppe. Ainsi, les habitations seront des parallélépipèdes à toit terrasse, tandis que les édifices publics auront des toits voûtés en béton apparent. La décoration sculptée et les reliefs disparaîtront au profit d'une ornementation de surface et malgré les imprévus que réserve l'avenir, il faut envisager « une continuité des formes au lieu de la complexité des raccords ».

À l'heure où Cloquet écrit ces idées, il admet que la nouvelle esthétique a été pratiquée seulement dans les travaux publics puisque l'architecture civile est encore assujettie au compromis, au mélange entre ossature en béton armé et modénature traditionnelle en façade. Avec la même lucidité qu'Anatole de Baudot, Cloquet parle du manque d'honnêteté des fabricants de béton armé, complètement désintéressés à donner une forme propre au matériau. Sans aucun scrupule, ils sont prêts à recréer les styles du passé avec la nouvelle technique.

La vision de Cloquet sur les formes est organisée selon ses propres critères, en distinguant entre convenance, expression et structure. Exprimer la fonction de l'édifice, les formes de convenance

³¹⁸ Ses œuvres sont concentrées à Gand : l'hôtel des postes, l'institut pharmacodynamique, la maison Saint-Michel etc.

³¹⁹ CLOQUET Louis. L'emploi du béton armé en architecture. In : *Le Béton armé*, N° 17, 1908, pp. 17-24

seraient mieux réalisées en béton armé, alors que les formes d'expression, liées à la décoration pure ne garderaient que très peu de place dans ce nouveau type de construction, au détriment du talent des sculpteurs, verriers ou mosaïstes. Les formes de structure, celles qui révèlent le mode de construction, l'appareil et les techniques employées, sont destinées à de grands changements. Il faut dépasser la barrière psychologique vis-à-vis de l'austérité du béton, qui ne laisse pas entrevoir l'empreinte du travail humain comme c'est le cas pour les techniques traditionnelles, mais avec un certain regret pour ce type de beauté perdue et sans occulter la crainte des aléas que présente la décoration des surfaces en béton. La rédaction du *Béton armé* ne perd pas l'occasion d'exprimer, dans une note de bas de page, son désaccord sur ce point. D'ailleurs, l'article est court-circuité, car illustré principalement par des images de bâtiments qui affichent le contraire de la thèse de Cloquet, avec leurs façades imitant les styles classiques.

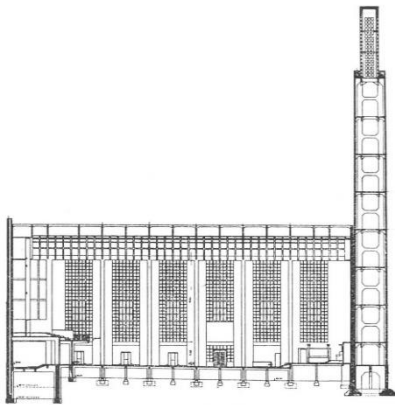
Une méthode de construction en béton armé inspirée de la structure traditionnelle à pan de bois est représentée par l'immeuble que l'architecte réalise à Gand, Smidsestraat 13 (anciennement chaussée de Courtrai). L'ossature à « montants » et « traverses » armés de tiges métalliques est d'une grande rigidité en raison de la multitude de jonctions. Elle est peinte et remplie de briques creuses émaillées. On réserve dans l'encadrement des baies des butées pour encaster la menuiserie des fenêtres. Fidèle à sa théorie personnelle du béton armé, l'architecte aménage un jardin sur le toit terrasse. Le bâtiment construit en 1905 existe toujours, mais son image d'origine a été fortement altérée par les interventions ultérieures. Un étage supplémentaire a été ajouté dès 1913, supprimant le toit terrasse³²⁰, alors que les façades ont été peintes et remaniées.

Par l'évolution similaire de leur pratique professionnelle et de leurs idées, qui vont du lexique néo-médiéval à un nouveau vocabulaire inventé pour le béton armé, Cloquet et Baudot sont proches. Cette affinité se distingue aussi dans leur vision partagée sur le décor à prévoir pour le nouveau matériau. Admirateur de la technique persane de brique émaillée qu'il met en pratique, l'architecte belge est dans l'assentiment de son confrère français, qui retient l'actualité de cette méthode dans *L'architecture - le passé - le présent*. De même, la peinture du béton apparent en raison de sa monotonie grise et l'ornementation colorée de surface est un principe partagé par les deux. Avec son *Traité d'architecture*³²¹ qu'il écrit sur l'influence de Viollet-le-Duc, ses nombreux livres et son activité pédagogique, Louis Cloquet s'approche encore plus d'Anatole de Baudot.

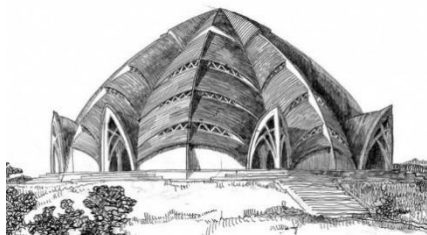
³²⁰ INVENTAIRE du patrimoine de Flandre. URL : <https://inventaris.onroerenderfgoed.be/erfgoedobjecten/18404> (Consulté le 10 août 2023).

³²¹ CLOQUET Louis. *Traité d'architecture*. 5 tomes. Paris et Liège : Baudry/Béranger, 1898-1901.

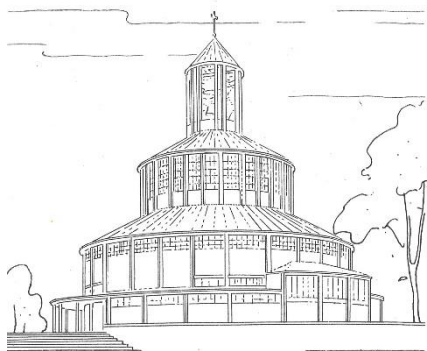
2.3.2 Exemples étrangers d'églises en béton armé



33 Saint-Antoine, Bâle.
Coupe longitudinale.
Schmidt. *Die Antoniuskirche in Basel*.



34 Sternkirche (projet non réalisé).
Perspective.
Otto-Bartning-Archiv TU Darmstadt.



35 Auferstehungskirche, Essen. Perspective.
Pfammatter. *Betonkirchen*.

Pour replacer l'architecture des églises catholiques françaises en béton armé dans son contexte, nous pouvons accompagner ces visions théoriques par une brève présentation de quelques projets à l'étranger. C'est à partir des années 1920 que sont dessinés ou construits les exemples les plus pertinents.

En Suisse, après avoir réalisé plusieurs constructions religieuses de styles variés, Karl Moser se laisse influencer par Perret et le mouvement moderniste en utilisant exclusivement le béton armé pour l'église catholique Saint-Antoine de Bâle³²² (1925-1927). L'insertion urbaine est remarquable, car le terrain est situé dans un îlot traditionnel et le volume de la nef est implanté parallèlement à la rue plutôt que dans la profondeur du terrain. Avec un léger retrait, elle est flanquée d'une part par le grand portail-narthex créant un passage vers le cœur d'îlot et de l'autre par le clocher rectangulaire opaque. La longue façade sur la rue est percée de six grandes baies à réseaux rectangulaires qui lui valent les critiques contemporaines pour son aspect industriel³²³. Son plan de type halle et son béton brut de décoffrage indiquent un lien avec Notre-Dame du Raincy. Toutefois, la voûte couvrant la nef centrale soutenue par des piliers élancés carrés est un berceau, alors que les collatéraux sont couverts de dalles horizontales, l'ensemble portant des cassettes en béton armé.

En Allemagne, Otto Bartning dessine en 1922 la « Sternkirche », un projet d'église à plan circulaire couvert par un système d'arcs paraboliques brisés supportant une superposition de coques en béton armé décalées verticalement pour laisser passer la lumière. C'est un des projets les plus audacieux de l'époque, situé dans la continuité des dessins d'Anatole de Baudot pour de grands halls et anticipant les « coquilles » de l'opéra de Sidney. En 1929, Bartning construit à Essen la « Auferstehungskirche », une église à plan circulaire en béton armé et brique, mais conçue beaucoup plus simplement comme une composition de cylindres supportés par des piles verticales³²⁴. Par ailleurs, l'architecte

³²² SCHMIDT Georg. *Die Antoniuskirche in Basel* : Architekten Karl Moser (Zürich) und G. Doppler & Sohn (Basel). In : *Das Werk : Architektur und Kunst*, N° 14, 1927, pp. 131-162.

³²³ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., p. 119.

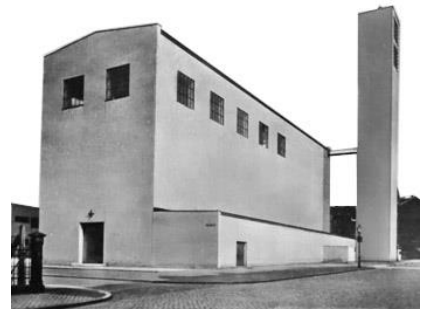
³²⁴ PFAMMATTER Ferdinand. Op. Cit., p. 63.

envisage des églises modulaires en acier, dont une - la « Pressa Kirche », un vaisseau rempli de lumière sur le modèle de la Sainte Chapelle - est construite à Cologne en 1928, puis déplacée à Essen et détruite pendant la guerre.

Si Bartning interprète les traditions gothiques, Rudolf Schwarz³²⁵ s'oriente vers un dépouillement total de l'architecture religieuse dans ses projets. L'église catholique du Saint-Sacrement (Fronleichnamskirche), qu'il construit en 1930 à Aix-la-Chapelle, est sans doute l'un des édifices de culte les plus épurés d'avant la Deuxième Guerre mondiale. Sa volumétrie se compose d'une nef couverte par une toiture à faible pente, d'un seul collatéral bas et d'un campanile, le tout enduit en blanc et percé de quelques baies très simples, sans aucun décor. Dom Roulin est insensible devant cette église qui « ressemble à un entrepôt de marchandises »³²⁶.

En Belgique, l'église Sainte-Suzanne de Schaerbeek est construite entre 1926 et 1928 par Jean Combaz, qui s'inspire des œuvres de Perret pour les claustras vitrés et le type halle, mais moins pour la couverture à planchers et la volumétrie en brique et béton armé. Joseph Diongre, lui, bâtit entre 1930 et 1932 l'église Saint-Jean-Baptiste de Molenbeek, avec un plan basilical à transept, deux collatéraux et une couverture sur toits plats. La structure est formée d'arcs paraboliques en béton armé, comme dans les créations de Dom Bellot. Sur ces éléments porteurs reposent les planchers droits et les verrières couvrant l'espace. À l'extérieur, les volumes en béton sont revêtus en pierre et portent des bandeaux et modénatures dans l'esprit art-déco. Au lieu de rosace, une baie monumentale en forme de croix marque la façade principale, alors que l'ensemble est dominé par un haut clocher opaque à plan octogonal situé à gauche.

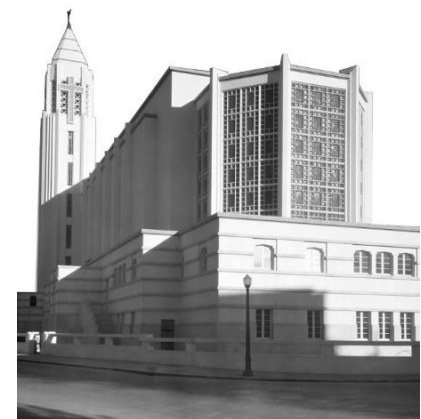
Au Portugal, Notre-Dame-de-Fátima (Nossa Senhora de Fátima) est achevée en 1938 par l'architecte Porfirio Pardal Monteiro. C'est la première église importante construite après la proclamation de la République. Elle dispose d'un vaisseau central presque carré et de deux collatéraux très bas. La structure porteuse en béton armé



36 L'église du Saint-Sacrement, Aix-la-Chapelle.
Carte postale, années 1930.



37 Sainte-Suzanne de Schaerbeek.
Région de Bruxelles-Capitale, Inventaire du patrimoine architectural.



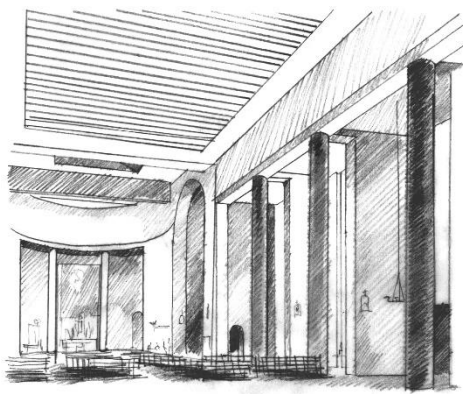
38 Notre-Dame-de-Fátima, Lisbonne.
Photo : José Leite.

³²⁵ Né à Strasbourg en 1897, Rudolf Schwarz fait des études d'architecture interrompues par la guerre, puis des études de théologie catholique à Bonn. Cette formation particulière, qui lui vaut une renommée d'architecte mystique, est doublée de sa proximité avec le Bauhaus et l'amitié de Mies van der Rohe.

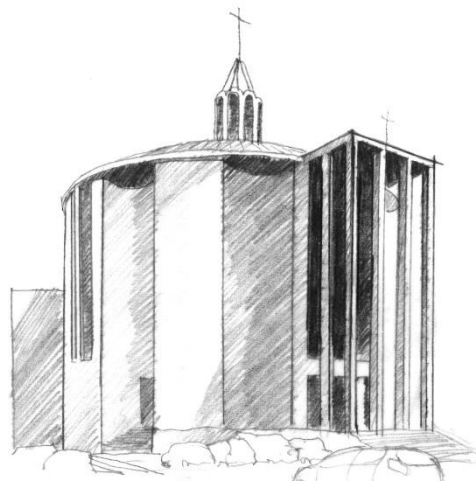
³²⁶ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., p. 106.

prend la forme d'arcs ogivaux sur lesquels s'appuient les supports verticaux des planchers couvrant la nef. L'espace entre ces supports est comblé par des claustras. Si la nef est relativement sombre, le chœur polygonal est inondé de lumière par les grandes verrières à claustras qui le délimitent. Les claustras en V du clocher à plan carré, dont le caractère massif est réduit par des angles à ressauts soulignant la verticalité, font penser aux créations d'Auguste Perret.

En Italie, les églises catholiques construites en béton armé avant 1940 témoignent d'une modernité tempérée, sans traces d'inspiration française comme c'est le cas dans les exemples présentés plus haut. À Rome, les architectes Paniconi et Pediconi dessinent une nef à chapelles latérales couvertes de planchers pour l'église San Felice da Centalice, datant de 1935. À Gênes, Luigi Daneri construit la même année l'église San Marcellino, sur un plan circulaire à chapelles rayonnantes. Nervi réalise les plans de la coupole en béton armé. L'entrée de cet édifice est mise en valeur par un très haut portique formé de piliers carrés supportant une dalle, élément de vocabulaire architectural typique de la période fasciste.



39 San Felice da Centalice, Rome.
Vue intérieure.
Dessin : l'auteur.



40 San Marcellino, Gênes.
Vue générale.
Dessin : l'auteur.

3. Techniques des premiers bétons armés et architectures religieuses novatrices

Ce chapitre propose d'analyser le mode d'évolution technique et réglementaire des premiers bétons/ciments armés en France. Sans pouvoir être exhaustifs, nous effectuons une sélection de moments clés et d'innovations à caractère technique pertinent, sinon représentatif de l'architecture des églises construites avec ces matériaux. La démarche permet de faire ressortir les valeurs techniques de ce patrimoine, issues d'une expérimentation foisonnante. Quelques cas d'étude sont présentés pour illustrer les différentes conceptions à caractère d'innovation.

3.1 Procédés courants des premiers bétons armés

La connaissance de l'état des théories, règles et pratiques constructives propres au béton armé avant 1940 est une première étape qui ouvre la voie à l'analyse plus poussée des applications emblématiques. À la fin du XIX^e siècle apparaissent de nombreuses méthodes de construction brevetées en béton/ciment armé, que leurs auteurs nomment « systèmes » et qui imposent quelques précisions sur la terminologie, leurs points d'intérêt, leur propagation par l'enseignement et l'encadrement réglementaire qui leur met fin.

3.1.1 Généralités : terminologie, systèmes, réglementation

La désignation la plus fidèle du matériau traité ici serait « béton de ciment armé », car il existe des bétons formés avec d'autres liants que le ciment, comme le béton de terre ou le béton de chanvre, qui peuvent aussi être armés. Toutefois, les premiers acteurs de ce procédé ne sont pas toujours attentifs au sens de ces mots³²⁷. Certains mènent des polémiques sur la signification du terme « béton », pour fixer une limite entre les divers mortiers, le béton non armé Coignet, le béton armé, le fer-béton Mátrai³²⁸.

Ciment armé ou béton armé

Les termes « ciment armé » et « béton armé » sont utilisés tout au long de l'époque précédant la Deuxième Guerre mondiale. À la base, la différence porte sur le contenu du matériau, car le béton armé contient des gravillons, ce qui ne devrait pas être le cas du ciment armé. C'est également une distinction d'ordre purement commercial, puisque des inventeurs comme Hennebique et Cottancin veulent associer leur nom à un matériau en pleine expansion. En revanche, les confusions sont fréquentes même parmi les spécialistes³²⁹ et dans les années 1910 les deux dénominations sont de plus en plus employées sans véritable nuance. Par exemple, la commission officielle en charge de la rédaction de la première réglementation du béton armé est nommée « commission du ciment armé »³³⁰. Un cas symptomatique est aussi la description d'un édifice majeur, le théâtre des Champs-Élysées de Perret, qui pour *La Construction moderne* est réalisé en ciment armé³³¹, alors que dans les pages de *L'Architecture* il est la fois en béton armé et en ciment armé³³². Anatole de Baudot fait une distinction nette entre le béton armé et le ciment armé, au-delà des différences physiques. Pour lui, le terme de « béton armé » est d'une part l'expression de la rivalité mercantile des constructeurs, et de l'autre de la commodité des architectes ne voulant pas changer leurs habitudes de composition éclectique³³³.

À partir des années 1920 le terme « ciment armé » est moins utilisé et devient insensiblement un synonyme du béton armé. Il subsiste encore dans la dénomination d'organismes comme la Chambre syndicale des constructeurs en ciment armé, fondée en 1903 et encore active dans les années 1960. Nous utilisons dans ce travail la dénomination actuellement courante de « béton armé » pour l'ensemble des techniques utilisant des gravillons, alors que nous réservons le terme de « ciment armé » au système Cottancin et à ses dérivés.

³²⁷ Une exception est LEFORT L. *Calcul des poutres droites et planchers en béton de ciment armé*. Paris : Nouvelles annales de la construction, 1898 et Charles Béranger, 1899.

³²⁸ GARY Max. Qu'est-ce que le béton ? In : *Le Ciment*, N° 1, 1901, pp. 5-6.

³²⁹ C'est le cas de l'ingénieur des ponts et chaussées Paul Christophe, qui écrit un long article synthétique sur les systèmes dans la revue de Hennebique : CHRISTOPHE Paul. Le béton armé et ses applications. In : *Le Béton armé*, N° 14-23, juillet 1899-avril 1900

³³⁰ LÉVY Maurice. *Rapport de la Commission nommée par le Conseil général des ponts et chaussées dans sa séance du 15 mars 1906*.

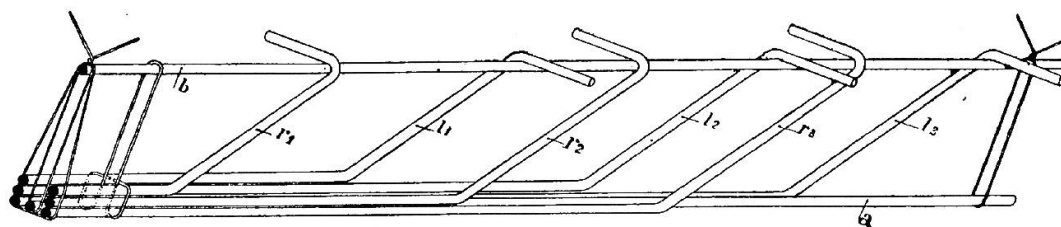
³³¹ COUTURAUD P. Le théâtre des Champs-Élysées. In : *La Construction moderne*, N° 46, 1913, p. 75-80.

³³² BRINCOURT. M. Le nouveau théâtre des Champs-Élysées. In : *L'Architecture*, N° 20, 17 mai 1913, pp. 157-164.

³³³ DE BAUDOT Anatole. *L'Architecture - le passé - le présent*. Op. Cit., p. 164.

Les systèmes

Dans les méthodes primitives du béton armé, y compris celle de François Coignet, des poutres métalliques en profilés normalisés I doivent être simplement noyées dans le béton. Le système de couverture Klett améliore ce procédé en suspendant aux profilés I principaux des armatures transversales en fer plat qui supportent à leur tour des cornières longitudinales³³⁴. Le système Monier part des brevets de Joseph Monier sur les treillis de fil de fer enrobés de béton, mais se développe en Allemagne et en Autriche-Hongrie après l'achat de ces droits par *l'Aktiengesellschaft für Beton und Monierbau* de Berlin et la fondation par Wayss d'une société similaire à Vienne. Le « Monierbau » utilise un système d'armature en treillis de fer ronds de faible diamètre, solidarisés par des ligatures en fil de fer, qui en fait l'ancêtre des treillis soudés largement employés aujourd'hui. C'est une méthode appropriée pour la construction de voûtes, car l'armature et la section de béton épousent parfaitement les courbures selon les génératrices, alors que dans le procédé Hennebique la voûte est une adaptation des dalles-types où l'extrados reste droit et l'intrados prend une forme courbe, les armatures se pliant sur celle-ci. Dans le système Hyatt, les armatures principales des dalles sont en profils carrés percés de trous par lesquels passent des fils de fer formant l'armature secondaire transversale. Ransome introduit les fers de section carrée torsadés afin d'améliorer leur adhérence au béton³³⁵. Pavin de Lafarge propose dans son système des poutres avec un rapport hauteur/largeur très important, ce qui leur donne un aspect très svelte. L'armature de ces éléments est réalisée avec une barre basse et une barre haute reliées en zigzag par un fil de fer répondant à l'effort tranchant. C'est également le principe proposé dans le système d'Edmond Coignet. Les systèmes principaux, Cottancin et Hennebique, sont présentés dans une section à part.



41 Système Coignet à barres relevées. Armature d'une poutre.
Le Ciment, N° 6, 1907.

Edmond Coignet a une activité de bureau d'études techniques qui diffère beaucoup de celle de Hennebique. Ingénieur et entrepreneur, il donne plus d'importance à l'innovation et à l'expérimentation qu'à la création de réseaux et à la promotion d'une seule méthode. Il conçoit plusieurs systèmes d'armatures sur la base de théories statiques expérimentées sur pièces construites dans son usine. Sa méthode de base brevetée en 1892 et mise en œuvre au casino de Biarritz consiste à utiliser une barre continue basse de fort diamètre soumise à la tension, reliée par des fils de fer à une barre supérieure de section plus faible. Dans son système amélioré d'armatures d'égale résistance conçu dans les premières années du XX^e siècle, la barre tendue continue est remplacée par plusieurs

³³⁴ CHRISTOPHE Paul. Le béton armé et ses applications. In : *Le Béton armé*, N° 15, août 1899, p. 2.

³³⁵ Idem, p. 5.

barres de diamètre plus réduit et relevées à 45° ou 90° dans la section de la poutre afin de reprendre l'effort tranchant. La section totale de ces barres est égale à celle de l'armature remplacée³³⁶. L'intérêt de ce nouveau procédé est de répondre par une section adaptée à l'effort de moment fléchissant qui varie le long de l'élément porteur. Ce procédé est utilisé à Paris pour la construction de la salle de concerts Gaveau, classée en 1993 au titre des monuments historiques³³⁷. Les pièces les plus spectaculaires sont ici les balcons en porte-à faux de 3 m et les poutres Vierendeel de 17,5 m de portée suspendant le plafond.



42 Système Mátrai. Principe d'armature.
Publicité hongroise, autour de 1900.

L'ingénieur hongrois Sándor Mátrai (ou Mátray) acquiert son expérience en tant que représentant de la société d'exploitation des brevets Monier en Autriche-Hongrie³³⁸. Marqué par l'expérience d'un grave accident lié à la mauvaise composition du mortier, il fait breveter en 1893 une méthode qu'il considère comme plus sûre, où seule l'armature reprend les charges. Il fonde une entreprise de construction à Budapest³³⁹ et se positionne en France parmi les inventeurs les plus originaux de la période avec son système appelé « fer-béton ». Malgré l'effondrement de la passerelle du Globe Céleste en 1900, construite selon son procédé, il obtient des marchés importants, notamment pour la construction du métro parisien. Ses réalisations ou théories sont publiées dans la presse et, comme Hennebique, il publie une revue, le *Fer-béton*, qui est toutefois éphémère³⁴⁰. Le système s'applique aux planchers et consiste à faire reposer l'ensemble des efforts sur une armature dense en fils d'acier (et non en fer) de 5 mm de diamètre, qui donne au béton un simple rôle de remplissage, car Mátrai a des craintes liées aux conséquences de la mauvaise composition du béton. Ces armatures sont conçues comme un réseau de câbles suspendus qui suivent en élévation la courbe parabolique du diagramme de moment fléchissant, afin d'obtenir un effort égal sur toute leur longueur. En plan, les fils d'acier (appelés chaînettes) passent en diagonale par des boucles ancrées dans la maçonnerie sur le pourtour

³³⁶ Nouveau système de construction en ciment armé d'égale résistance à la flexion, système Edmond Coignet. In : *Le Ciment*, N° 6, 1907, pp. 82-87.

³³⁷ Notice Mérimée PA00088887.

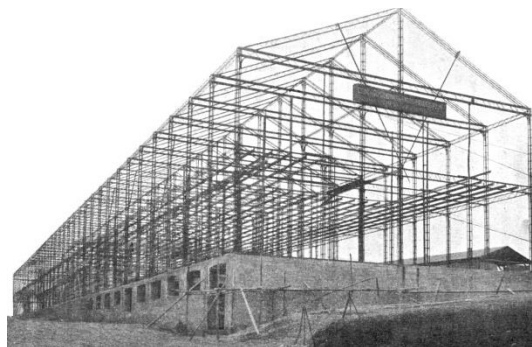
³³⁸ BERGER C., GUILLERME V. *La construction en ciment armé. Applications générales, théories et systèmes divers*. Paris : Dunod, 1902, p. 453.

³³⁹ Entreprise de construction en béton armé Mátrai, Gfrerer et Grossmann.

³⁴⁰ FÉRET René. *Étude expérimentale du ciment armé*. Paris : Gauthier-Villars, 1906, p. 338.

et dans les angles de la surface à couvrir, formant un dessin général en « toile d'araignée »³⁴¹. Les armatures sont également attachées à des profilés métalliques I posés sur la direction transversale tous les 2 - 2,5 m. Les sondages en Hongrie sur des structures en système Mátrai mettent en évidence des faisceaux d'armatures reliées par de simples ligatures à des boucles triangulaires en fer rond de fort diamètre attachées aux têtes de poutres métalliques³⁴². Parmi les avantages du procédé, on compte la diminution de la flèche par la concentration des efforts dans les angles et donc une épaisseur de dalle réduite, ainsi que la possibilité d'adapter la suspension des armatures à la courbe funiculaire d'une charge isolée³⁴³. En revanche, Rabut observe qu'en pratique il est difficile de couler un béton de qualité entre les nombreuses armatures³⁴⁴. Pour les éléments porteurs verticaux, le système Mátrai doit nécessairement faire travailler le béton à la compression et utilise des sections polygonales de poteau, avec des armatures courbes en élévation et disposées en étoile, donnant l'image d'un faisceau³⁴⁵. Les aciers se réunissent aux extrémités et n'ont aucun moyen de s'opposer à la rupture du béton par écrasement. Pour Rabut, ce système défectueux est à l'origine de l'accident du Globe Céleste³⁴⁶.

Aimé Bonna (1855-1930), ingénieur et entrepreneur parisien, se spécialise dans les tuyaux de canalisation en ciment armé, où il utilise des armatures en treillis³⁴⁷. Dans le domaine des constructions civiles, il met en œuvre de véritables charpentes métalliques en profilés cruciformes noyées dans le béton³⁴⁸, comme en 1899 à l'atelier Sautter-Harlé, aujourd'hui disparu³⁴⁹. Ce procédé hybride à « armatures autoportantes » met en évidence les hésitations des pionniers du béton armé. Il présente l'avantage de limiter les étais, mais aussi l'inconvénient de surcharger la carcasse métallique³⁵⁰.



43 Système Bonna. Atelier Sautter-Harlé, Paris.
Ossature métallique avant son enrobage en béton.
Berger, Guillaume. *La construction en ciment armé*.

Dans le système Boussiron³⁵¹, le ferrailage est réalisé en fonction des schémas statiques des éléments porteurs, ce qui représente un aspect moderne du procédé. Ainsi, une poutre libre sur appuis doit être traitée différemment d'une poutre encadrée, car les armatures répondent aux moments fléchissants négatifs dus aux encastresments. Les armatures longitudinales en acier rond lisse, appelées membrures, reprennent tous les efforts incompatibles avec la nature du béton. Pour une poutre encadrée, elles

³⁴¹ DE TEDESCO Napoléon. Planchers en fer et béton (système Matray). In : *Le Ciment*, N° 3, 1899, pp. 33-37.

³⁴² LICHTER Tamás. Art. Cit., p. 14.

³⁴³ MATRAI Sándor. Résumé succinct de la théorie du système Matrai. In : *Le Ciment*, N° 8, 1899, pp. 117-120 ; DE TEDESCO Napoléon. Le fer-béton. In : *Le Ciment*, N° 9, pp. 129-131.

³⁴⁴ RABUT Charles. Op. Cit., p. 30.

³⁴⁵ CHRISTOPHE Paul. *Le béton armé et ses applications*. Paris-Liège : Charles Béranger, 1902, p. 48.

³⁴⁶ RABUT Charles. Op. Cit., p. 30.

³⁴⁷ CHRISTOPHE Paul. Le béton armé et ses applications. In : *Le Béton armé*, N° 14, juillet 1899, p. 163.

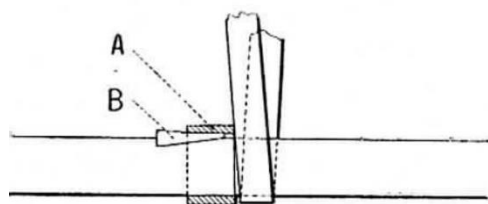
³⁴⁸ BERGER C., GUILLERME V. Op. Cit., p. 557.

³⁴⁹ DE TEDESCO Napoléon. Nouveaux ateliers Sautter-Harlé et Cie. In : *Le Ciment*, N° 4, 1900, pp. 49-57.

³⁵⁰ RABUT Charles. Op. Cit., p. 28.

³⁵¹ L'entreprise de Simon Boussiron (1873-1958) réalise de nombreux ouvrages d'art avant la retraite du patron en 1936, quand l'entreprise est cédée à Jacques Fougerolle, pour passer ensuite sous le contrôle de CFE en 1964 et puis de Bouygues en 1974.

sont positionnées en partie basse sur toute la longueur de la pièce, mais aussi en partie haute au niveau des encastresments. Les membrures soumises à la tension en partie basse sont reliées à celles situées en haut par des « montants » en fer plat³⁵². Ces derniers sont semblables aux étriers du système Hennebique, mais s'en distinguent par leur courbure autour des deux membrures et leur fixation sur celles-ci par des bagues serrées par des coins en fer et ligatures en fil de fer. Ce mode de fixation assez complexe est issu de la théorie de l'absence d'adhérence béton-acier et a pour rôle d'empêcher le « glissement » des montants pendant la flexion.



44 Système Boussiron.
Fixation des montants sur les membrures horizontales par bagues et coins en fer.
Boussiron. *Note sur les constructions en ciment armé*.

Il faut noter que les montants sont distribués selon le diagramme de moment fléchissant, avec un rythme plus dense à proximité des points d'appui. Pour la construction de dalles, appelées « hourdis », Boussiron propose en partie inférieure de la section des doubles-membrures reliées entre elles par des ligatures en fil de fer et rythmées par des montants qui reprennent l'effort de cisaillement (ou effort tranchant). Malgré l'usage de deux outils seulement, ce système présente une complexité élevée du ferrailage et un grand nombre de manipulations de chantier à effectuer.

La théorisation et l'enseignement

La théorisation du béton armé et sa diffusion académique s'effectuent sur plusieurs voies convergentes. Les avancées dans la fabrication des ciments conditionnent tout développement spéculatif et ouvrent la voie à l'expérimentation. Celle-ci, déclinée selon de nombreux systèmes et programmes, permet d'extraire des données interprétées sur le champ de la statique, de la résistance des matériaux, mais aussi de l'histoire des techniques constructives, de l'architecture et de l'esthétique. On constate que les cours et les traités d'ingénierie sur le béton armé sont, à la charnière des XIX^e et XX^e siècles, des exposés hétérogènes qui marient de façon étonnante et singulière l'ensemble de ces domaines.

Après Louis Vicat, Édouard Candlot est l'une des personnalités majeures dans le domaine du ciment. Ingénieur chimiste à la cimenterie de Boulogne-sur-Mer à partir de 1881, il remarque l'effet retardateur du gypse sur la prise du béton de ciment. Le phénomène s'explique par la formation d'ettringite suivant la réaction du sulfate de calcium du gypse avec les aluminates de calcium du ciment³⁵³. Ces découvertes riches de conséquences pour la construction sont publiées notamment dans un ouvrage³⁵⁴ paru en 1891. Elles contribuent à diffuser largement la technique du mélange

³⁵² BOUSSIRON Simon. *Note sur les constructions en ciment armé (système Boussiron). Description, avantages, théorie du système*. Paris : Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1899, 31 p.

³⁵³ L'ettringite s'appelle également « sel de Candlot ».

³⁵⁴ CANDLOT Édouard. *Ciments et chaux hydrauliques. Fabrication, propriétés, emploi*. Paris : Librairie polytechnique Baudry et Cie, 1891, 346 p.

clinker-gypse avant broyage. Candlot participe à l'ouverture de cimenteries en région parisienne (Follainville-Dennemont), en Algérie, Russie ou Indochine, quand il ne les fonde pas lui-même.

L'enseignement théorique du béton armé est fondé à l'École nationale des ponts et chaussées en 1897 par Charles Rabut, qui reconnaît que « l'exposé dogmatique des règles de la construction en béton armé présente d'énormes difficultés, à cause de la diversité prodigieuse des formes qu'elle affecte »³⁵⁵. Il dépasse cet obstacle dans sa méthodologie, en traitant séparément les systèmes brevetés : Monier, Hennebique, Edmond Coignet, Bonna³⁵⁶, Golding (métal déployé), Mátrai (armatures filiformes), Cottancin. Le cours de Rabut se divise en six parties : conception générale-avantages et inconvénients, historique, exécution des travaux, applications, décoration des ouvrages en béton armé, étude des projets-calculs de résistance. Pour Rabut, les armatures doivent être posées au plus près des faces extérieures en vue de la résistance, en observant une tolérance de 2 à 3 mm permettant le pilonnage du béton. En revanche, la carbonatation est ignorée et le seul problème pris en compte par Rabut est l'humidité qui pourrait atteindre les armatures, même si pour lui les fissures par lesquelles l'eau peut pénétrer le matériau se ferment complètement au niveau des aciers.

Dans ce cours d'ingénierie, l'absence de caractère esthétique du béton armé est traitée comme une des principales raisons qui limitent son emploi : « Les constructions en béton armé sont effectivement laides en général et doivent l'être, car ce mode de construction, étant nouveau dans son principe, a peu d'attache au passé et manque donc de moyens d'expression que les autres possèdent et qui les rendent immédiatement agréables et compréhensibles à la foule »³⁵⁷. Afin que le public accepte le béton armé, Rabut croit qu'il faut trouver des éléments de langage connus, sans pour autant copier sans discernement le passé. Deux pistes sont pour lui valides : concentrer une décoration traditionnelle sur les éléments maçonnés dans les constructions mixtes ou, dans les constructions entièrement en béton armé, exprimer la position et la direction des armatures principales ou prévoir des ornements superficiels afin d'affirmer la nature plastique du matériau.

L'ingénieur belge Paul Christophe, employé de Hennebique³⁵⁸, propose au début du XX^e siècle une approche globale du béton armé³⁵⁹, en comparant les systèmes brevetés et leurs applications aux ouvrages soumis à un type d'effort dominant. Ainsi, il utilise différentes catégories : pièces droites ou courbes sollicitées à la flexion, pièces droites ou courbes sollicitées à la compression, pièces courbes sollicitées à l'extension. Elles sont déclinées en éléments constructifs spécifiques : fondations, dalles, voûtes, poutres etc. Le traité similaire et contemporain de Berger et Guillerme³⁶⁰ présente les différents systèmes un par un, selon une méthodologie plus descriptive que comparative. Son intérêt

³⁵⁵ RABUT Charles. Op. Cit., préface.

³⁵⁶ Le système Bonna diffère du système Coignet par l'usage de fers plats ou T assemblés par éclissage. L'une des réalisations majeures en système Bonna est l'immeuble 33 avenue de la République à Paris, construit pour la papeterie Gompel sur les plans de l'ingénieur Pilon. La maison en ciment armé de l'avenue de la République. In : *L'Éclair*, N° 7, 1898, pp. 97-99. Une autre (disparue) est un grand atelier, 35 rue de la Fédération à Paris, sur les plans d'Augustin Rey. DE TEDESCO Napoléon. Nouveaux ateliers Sautter-Harlé et C^{ie}. In : *L'Éclair*, N° 4, 1900, pp. 49-57.

³⁵⁷ RABUT Charles. Op. Cit., chapitre VI, p. 78.

³⁵⁸ COLLINS Peter. *Splendeur du béton*. Op. Cit., p. 125.

³⁵⁹ CHRISTOPHE Paul. *Le béton armé et ses applications*. Op. Cit.

³⁶⁰ BERGER C., GUILLERME V. Op. Cit.

vient de la présentation quasi-exhaustive des applications des différentes techniques. Ces deux ouvrages richement illustrés représentent des références incontournables pour la compréhension de l'abondance de techniques de l'époque.

Edmond Coignet collabore avec Napoléon de Tedesco pour créer des modes de calcul rationnel fondés sur l'expérimentation³⁶¹. Comme les autres spécialistes contemporains, ils ignorent en totalité le phénomène de carbonatation du béton et croient qu'il n'y a aucun doute sur la non-oxydation du fer entouré de ciment. Coignet contribue beaucoup à la vulgarisation du béton armé par ses ouvrages écrits, ses brevets, mais aussi par son activité dans la Société des ingénieurs civils de France. Si ses réalisations relèvent principalement de l'infrastructure technique (l'étude technique du tunnel traversant la Seine et la station Cité de la ligne 4 de métro³⁶², mais aussi des réservoirs et aqueducs³⁶³), il bénéficie également de la légitimité que lui confère la continuation de l'œuvre de son père François³⁶⁴.

Le cours de l'officier de Génie Georges Espitallier à l'École spéciale de travaux publics³⁶⁵ présente les différentes applications du béton armé par éléments constructifs et ne retient que les dispositions les plus intéressantes des systèmes existants. Tout comme les autres cours contemporains sur le même sujet, celui d'Espitallier commence par l'histoire du béton armé et cite ses différents créateurs, mais accorde plus d'importance au calcul adapté à chaque élément porteur. Il met également en avant la méthode de calcul de Hennebique et deux normes du service de Génie qui précèdent la circulaire de 1906 : la note sur les conditions techniques à spécifier dans les marchés de planchers en béton armé d'avril 1903 et la note provisoire sur le calcul des ouvrages en béton armé de 1903. À l'école spéciale des travaux publics, Espitallier donne un cours de construction et composition architecturale³⁶⁶, publié en éditions successives pendant vingt ans après la mort de l'auteur en 1923. Comme chez d'autres ingénieurs, le mariage entre considérations esthétiques et techniques est incontournable.

Entre la publicité ostentatoire dans les revues spécialisées et le caractère parfois très savant de l'enseignement scientifique, certains ingénieurs abordent la voie médiane, celle d'un béton armé « à la portée de tous ». C'est le titre de l'ouvrage de Léopold Malphettes³⁶⁷, directeur de la cimenterie de

³⁶¹ COIGNET Edmond, DE TEDESCO Napoléon. Du calcul des ouvrages en ciment armé avec ossature métallique. In : *Compte rendu des travaux de la Société des ingénieurs civils de France, 1894*. 1^{er} volume. Paris : 1894, pp. 284-362.

³⁶² COIGNET Edmond. La traversée souterraine de la Seine de la ligne du chemin de fer métropolitain de Paris. In : *Le Ciment*, N° 2, 1905, pp. 20-23 et N° 3, 1905, pp. 34-42.

³⁶³ Une exception est l'application du système Coignet sur les planchers et charpente de l'immeuble d'apparence éclectique 134 rue Réaumur à Paris (angle place de la Bourse) : Immeuble en ciment armé système Ed. Coignet (Banque spéciale des valeurs industrielles). In : *Le Ciment*, N° 2, 1900, pp. 21-23. Avec l'architecte Jacques Hermant, Coignet réalise à Paris les planchers de la salle Gaveau (45-47 rue de la Boétie) et du Magasin des classes laborieuses (85-87 rue du Faubourg Saint-Martin). En outre, Coignet construit le dôme de la gare d'Anvers et le casino de Biarritz.

³⁶⁴ À part ses constructions connues à Saint-Denis, François Coignet écrit sur l'intérêt du béton aggloméré : COIGNET François. *Des bétons agglomérés appliqués à l'art de construire. Mémoire adressé à la commission des arts insalubres de l'Académie des sciences pour concourir au prix Montyon*. Paris : Imprimerie administrative G. Jousset Clet et C^e, 1861, 68 p. Plus tard, Edmond présente son père comme un partisan du béton armé : Résumé des procès-verbaux des séances du mois de mars 1889. In : *Mémoires et compte-rendus de travaux de la Société des ingénieurs civils de France*. 1^{er} volume. Paris : 1889, p. 321.

³⁶⁵ ESPITALIER Georges. *Le béton armé*. Op. Cit.

³⁶⁶ ESPITALIER Georges. *Cours raisonné et détaillé du bâtiment*. 1^e partie. *Fondations*. Paris : École spéciale des travaux publics, 11^e édition, 1943.

³⁶⁷ MALPHETTES Léopold. *Le béton armé à la portée de tous*. Paris : Dunod et Pinat, 1917, 330 p.

Ranteil-Segala (Tarn)³⁶⁸, paru avec l'approbation du même Édouard Candlot qui rédige la préface du traité de Berger et Guillaume. Candlot considère que ce sont les calculs complexes qui font obstacle à la diffusion du béton armé et se dit satisfait que Malphettes propose enfin une méthode facile à comprendre par le public.

Édouard Arnaud enseigne la construction à l'École centrale des Arts et manufactures à partir de 1907, et plus tard à l'École des Beaux-Arts³⁶⁹. De manière surprenante, la première partie de son cours à caractère général³⁷⁰ est dédiée au béton armé et représente une synthèse exceptionnelle par son contenu. Arnaud effectue une comparaison méthodique des systèmes (la plupart disparus à cette époque) et propose une partie graphique inégalée par sa richesse dans les autres publications de l'époque. Certains de ces dessins donnent plus d'importance à la représentation des armatures qu'à celle des formes extérieures. Arnaud transmet un savoir qui se veut exhaustif concernant les applications du béton armé, sans plaider pour une expression architecturale particulière et sans présenter de méthode de calcul.

Simon Boussiron (1873-1958) critique en 1899 les méthodes de calcul empiriques tout en reconnaissant leur caractère pratique. Il considère qu'elles doivent servir à confirmer les théories plutôt qu'à les établir³⁷¹, puisque les expériences masquent des défauts issus du comportement solide et aléatoire du béton et des armatures. En dissociant les éléments et sans tenir compte de leur adhérence, il propose de déterminer leur comportement selon des principes purs de statique : tension, compression et cisaillement pour les armatures, compression pour le béton. Rabut affirme déjà dans son cours que le calcul de résistance n'est pas une expression exacte des lois de la statique, mais une interpolation entre ce qui existe et ce qui doit exister, fondée davantage sur des hypothèses que sur des principes³⁷².

Ingénieur et chef du laboratoire des ponts-et-chaussées de Boulogne-sur-Mer pendant plus de cinquante ans, René Féret (1860-1947) est une figure singulière du béton armé. Il pose les fondements de l'analyse granulométrique dans une publication de 1892³⁷³ et publie quelques années plus tard un traité d'étude expérimentale du béton armé³⁷⁴. Par rapport aux ouvrages contemporains similaires, ce dernier est unique en raison de son caractère hautement abstrait et scientifique³⁷⁵. On n'y retrouve pas les descriptions des systèmes classiques, mais les résultats pratiques et théoriques des expériences menées par Féret pendant plus d'une décennie. Il faut noter aussi l'effort unique à cette époque (1906) pour établir une bibliographie internationale du béton armé par thématiques très détaillées, étalée sur

³⁶⁸ Les familles Malphettes et Thernes créent cette cimenterie et four à chaux ; l'usine est fermée en 1985, après une acquisition par Lafarge en 1967.

³⁶⁹ CROSNIER LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique d'Édouard Arnaud. URL : <https://agorha.inha.fr/ark:/54721/b858937c-6c0c-4e93-bf38-04cf31190c69> (Consulté le 10 août 2023).

³⁷⁰ ARNAUD Édouard. *Cours d'architecture et de construction civiles*. Op. Cit., 554 p.

³⁷¹ BOUSSIRON Simon. Op. Cit.

³⁷² RABUT Charles. Op. Cit., chapitre VII, p. 83.

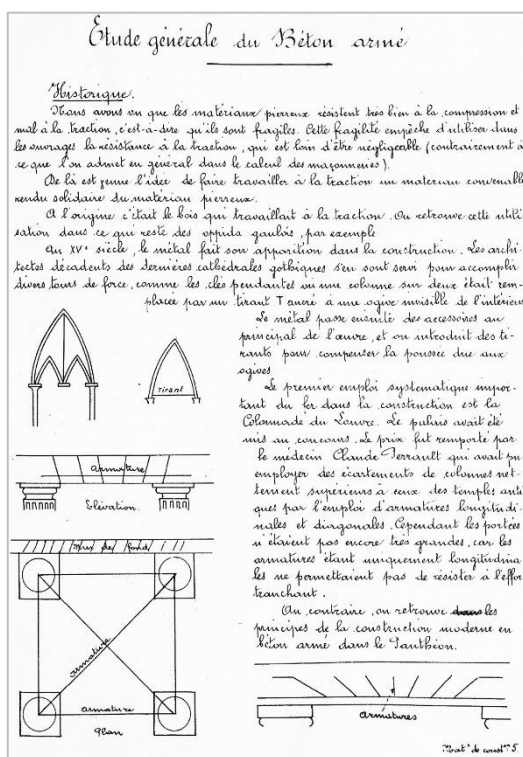
³⁷³ FÉRET René. Sur la compacité des mortiers hydrauliques. In : *Annales des Ponts et Chaussées*. Paris : Dunod, 1892, tome 2, pp. 1-164.

³⁷⁴ FÉRET René. *Étude expérimentale du ciment armé*. Paris : Gauthier-Villars, 1906, 777 p.

³⁷⁵ CAMPUS F. *René Féret*. Extrait du bulletin du Centre d'études, de recherches et d'essais scientifiques des constructions du génie civil et hydraulique fluviale. Bruxelles : 1948, tome 3, pp. 3-7.

plus de cent pages. Férét est l'auteur d'une formule qui porte son nom, celle qui détermine la résistance à la compression du béton, à un âge donné et pour une qualité de ciment déterminée³⁷⁶.

Publié au début des années 1920, le cours de béton armé³⁷⁷ d'Augustin Mesnager (1862-1933) témoigne du glissement décisif de l'intérêt de l'enseignement vers les ouvrages d'infrastructure. L'auteur laisse une part très réduite à l'histoire du matériau déjà devenue classique, en mentionnant toutefois l'exemple de Cottancin et l'église Saint-Jean de Montmartre. À la différence d'autres traités du début du siècle, très peu d'exemples d'architecture civile sont utilisés pour illustrer son propos³⁷⁸. Ancien membre de la commission du ciment armé, Mesnager se concentre sur les calculs détaillés des éléments constructifs et présente une bibliographie internationale, ainsi que les règlements du béton armé en France, Allemagne, Italie, Suisse et Angleterre.



45 Extrait des notes du cours d'Albert Caquot citant la pierre armée comme préceuseure du béton armé. Caquot. *Cours de matériaux de construction et constructions en béton armé*.

Dans les années 1930, le cours d'Albert Caquot (1881-1976) présente une vision sur l'histoire du béton armé qui s'approche de celle qu'aura Peter Collins quelques décennies plus tard. L'ingénieur évoque une recherche ancienne pour faire résister la pierre à la traction, en citant l'emploi du métal pour la colonnade du Louvre, et en remarquant qu'au Panthéon on utilise déjà des armatures qui reprennent l'effort tranchant³⁷⁹. Caquot critique l'usage d'enduits sur le béton et plaide pour un matériau apparent dont la noblesse peut provenir d'un ponçage mettant en valeur les grains, comme dans le cas du terrazzo. Sur le fond, le cours oublie définitivement tous les systèmes passés, pour se concentrer sur une théorie universelle du béton armé faisant usage de l'optimisation raisonnée en termes de statique, dimensionnement, positionnement et assemblage des armatures. Ingénieur prolifique et longévif, Caquot apporte des innovations théoriques, comme la courbe intrinsèque, et exerce une influence considérable dans l'enseignement du béton armé. À l'École nationale des ponts et chaussées, Marcel Chalos continue au début des années 1940 d'enseigner dans la lignée de Caquot³⁸⁰.

³⁷⁶ MAKCHEEFF Th. *Manuel du béton vibré*. Paris : Librairie de l'enseignement technique Léon Eyrolles, 1939, p. 20.

³⁷⁷ MESNAGER Augustin. *Cours de béton armé*. Paris : Dunod, 1921, 534 p.

³⁷⁸ Fait intéressant, Mesnager publie une image de l'église en béton armé Saint-Antoine de Padoue d'Istanbul (1906-1912) : MESNAGER. Op. Cit., p. 17.

³⁷⁹ CAQUOT Albert. *Cours de matériaux de construction et constructions en béton armé*. École nationale des ponts et chaussées. Notes prises par les élèves. 1933-1934. ENPC02-COU-4-29492-1933, p. 33.

³⁸⁰ CHALOS Marcel. *Cours de béton armé*. Manuscrit. École nationale des ponts et chaussées. 1940-1941. ENPC-COU-4-29662-1940, 218 p.

La réglementation

Un accident grave est à la base de la première réglementation du béton armé. En effet, l'effondrement de la passerelle en système « fer-béton » Mâtrai³⁸¹, projetée par l'ingénieur Napoléon de Tedesco pour accéder au géorama du Globe Céleste au-dessus de l'avenue de Suffren, fait neuf morts le 29 avril 1900 pendant l'exposition universelle. Ses treize travées continues sur une longueur de 95 m, avec une portée maximale de 18 m, chutent brutalement³⁸². Même si la cause de l'accident sera imputée plus tard à des fouilles effectuées trop près de l'ouvrage par la mairie, l'opinion publique commence par accuser le matériau béton armé. La controverse n'empêche pas l'administration de décider quelques jours après l'accident que l'exécution des travaux du métro sera faite en « fer-béton »³⁸³. En revanche, une commission de quatorze personnes est créée dans la foulée afin de mettre fin aux méthodes trop diverses et variées de calcul en imposant une démarche scientifique. Théodore Lorieux est nommé président, Charles Rabut secrétaire, Armand Considère rapporteur, François Hennebique et Edmond Coignet membres parmi d'autres³⁸⁴. Après cinq ans d'expérimentations visant à définir les paramètres exacts de l'association entre béton et acier, notamment l'adhérence entre les deux, la commission n'arrive pas à une solution unanime. Pendant ce temps, l'Allemagne adopte ses premières directives dans le domaine³⁸⁵. Maurice Lévy est alors chargé de présider une deuxième commission qui aboutit à la circulaire du 20 octobre 1906 du ministère des travaux publics³⁸⁶.

Ces règles concernent uniquement la maîtrise d'ouvrage publique, mais elles sont respectées par la plupart des constructeurs³⁸⁷ et se présentent en plusieurs chapitres : données à admettre dans la préparation des projets, surcharges, exécution des travaux, épreuve des ouvrages. Quatre principes sont institués à la base du calcul : la conservation des sections planes lors de la déformation (principe de Navier), le rapport proportionnel des efforts et déformations, l'usage d'un coefficient d'équivalence entre les modules de déformation de l'acier et du béton, la résistance nulle du béton à la tension. La théorie est fondée sur la notion de contraintes admissibles (fatigue) fixées pour la compression du béton et la traction des armatures et elle perdure jusque dans les années 1960, quand la notion d'états-limites est introduite dans la réglementation. Pour le béton, la contrainte de fatigue est fixée à 0,28 de sa résistance à la compression après quatre-vingt-dix jours de prise, avec l'acceptation d'une valeur de 0,60 pour le béton fretté ou « lorsque les armatures transversales ou obliques qu'il porte sont disposées de manière à s'opposer plus ou moins efficacement à son gonflement »³⁸⁸. En termes de cisaillement (glissement du béton sur lui-même), la valeur admissible

³⁸¹ DE TEDESCO Napoléon. Le grand Globe Céleste de l'exposition. In : *Le Ciment*, N° 2, 1900, pp. 17-21.

³⁸² Au sujet de la catastrophe de la passerelle de l'avenue de Suffren. In : *Le Ciment*, N° 5, 1900, pp. 77-79.

³⁸³ DE TEDESCO Napoléon. Les constructions métalliques et le ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 7, 1900, p. 99.

³⁸⁴ Liste complète des membres : Commission du ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 2, 1901, p. 32.

³⁸⁵ Directives préliminaires pour la préparation, l'exécution et les essais d'éléments en béton armé. Association des ingénieurs et architectes allemands et de l'association allemande du béton, 26 mars 1904, suivies des Dispositions pour l'exécution des structures en béton armé, 24 mai 1907. Cf. traduction : Circulaire prussienne relative aux constructions en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 9, 1907, pp. 137-139 ; N° 10, pp. 146-155 ; N° 11, pp. 166-169 ; N° 12, pp. 187-190.

³⁸⁶ MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. Circulaire du 20 octobre 1906, concernant les instructions relatives à l'emploi du béton armé.

³⁸⁷ DEBÈS Georges. *Le nouveau règlement du béton armé- 19 juillet 1934. Comparaison avec l'ancien règlement du 20 octobre 1906.*

Paris : Eyrolles, 1935, p. 3.

³⁸⁸ Article 5 de la Circulaire du 20 octobre 1906.

est de 0,10 de la résistance à la compression. Pour l'armature, la valeur admissible à la traction et à la compression est établie à 0,5 de sa limite d'élasticité, avec une limitation à 0,4 pour les charges lourdes. Nous constatons que ces valeurs basses représentent une assez grande précaution, qui a comme effet dans l'architecture l'usage de sections plus solides et l'abandon progressif de la finesse initiale des éléments en ciment armé. Si la qualité de l'exécution est mise en avant avec des prescriptions précises, le phénomène de carbonatation est ignoré, car l'enrobage des armatures est prévu entre 15 et 20 mm afin de les « mettre à l'abri des intempéries »³⁸⁹.

Mis à part un avis du Conseil des ponts³⁹⁰ de 1912 et deux instructions concernant les charges et l'usage d'armatures à haute résistance sur les ponts³⁹¹, aucune autre réglementation n'est adoptée avant 1934, quand une nouvelle circulaire est émise par le ministère des travaux publics³⁹². Celle-ci insiste sur la qualité des matériaux et de l'exécution et révisé les règles de 1906 sur la base de l'expérience acquise depuis cette date. Entre temps, les ingénieurs n'avaient pas hésité à considérer la circulaire de 1906 comme un simple guide imparfait³⁹³. Les propositions de la Chambre syndicale des constructeurs en ciment armé, où œuvrent notamment Freyssinet, Caquot et Mesnager, y sont notamment prises en compte³⁹⁴. Le règlement se divise en trois parties : nature et qualité des matériaux, préparation des projets, modes d'exécution et épreuves, chacune avec des commentaires. Sans modifier le fond des règles de 1906, les limites de fatigue sont revues. Les expériences faites depuis démontrent que la résistance au cisaillement du béton est supérieure à sa résistance à la traction, puisque le matériau ne cède pas par glissement longitudinal sur lui-même, mais par rupture. Aussi, les nouvelles règles ajoutent cette résistance à la traction, alors que la valeur admissible au cisaillement monte à 0,2. L'enrobage des armatures est fixé à un minimum de 20 mm (35 mm en milieu marin) avec une distance minimale entre le coffrage et l'armature égale au diamètre du plus gros élément augmenté de 5 mm. Dans les dalles et hourdis, il est imposé d'utiliser deux séries d'armatures orthogonales perpendiculaires les unes par rapport aux autres, avec un principe de calcul des armatures secondaires selon une proportion entre les sections d'acier et de béton³⁹⁵. Le dosage qui se traduit dans les règles de 1906 et 1934 est de 800 kg gravillons, 400 kg de sable et 300, 350 ou 400 kg de ciment par mètre cube. Cette proportion, devenue courante, est issue des expériences de la commission du ciment armé avec le sable et les gravillons de la Seine. Ces matériaux sont critiqués pour leur composition granulométrique inconstante qui oblige dans la pratique, selon le contexte régional, à augmenter le volume de sable et donc le coût de l'ouvrage³⁹⁶.

³⁸⁹ Article 16 Circulaire du 20 octobre 1906.

³⁹⁰ MINGUIN W. *Étude de la circulaire du 19 juillet 1934 sur l'emploi du béton armé*. Paris : Dunod, 1935, p. 33.

³⁹¹ MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. Circulaire A-3 du 10 mai 1927 - Ponts métalliques et ponts en béton armé ; Circulaire A-1 du 7 février 1933 - Travaux dépendant de l'administration des ponts et chaussées ; calcul et épreuves des ponts métalliques. Emploi des aciers à haute résistance.

³⁹² MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. Circulaire N° 8 du 19 juillet 1934 relative au calcul des ouvrages en béton armé.

³⁹³ MARCOTTE Edmond. *Constructions en béton armé (règles de calcul, d'exécution et d'essais)*. Paris : Librairie Garnier frères, 1929, préface.

³⁹⁴ *Projet de règlement sur les constructions en béton armé établi par la commission d'études techniques de la chambre syndicale*. Paris : Gauthier-Villars et C^{ie}, 1928, 43 p.

³⁹⁵ Article 15 de la Circulaire N° 8 du 19 juillet 1934.

³⁹⁶ DEBÈS Georges. Op. Cit., pp. 15-16.

3.1.2 Une analyse possible par éléments constructifs

Afin d'affiner l'examen des valeurs de technicité de la famille des églises en béton armé, nous pouvons dépasser le champ théorique pour explorer le terrain des pratiques constructives découlant de ces idées. Nous proposons donc une brève analyse par éléments de construction qui met en évidence les usages courants et ceux exceptionnels. Il ne s'agit pas de refaire un tableau analytique architectural, mais de traiter des organes du bâti séparément. Dans le vaste paysage de la construction en béton armé, nous concentrons le regard sur les exemples d'églises, les autres exemples étant présentés uniquement s'ils sont révélateurs d'une pratique pertinente pour l'architecture religieuse.

Armatures

Les armatures de cette période sont généralement des fers et plus rarement des aciers, laminés ronds lisses (Monier, Hennebique, Cottancin) ou carrés (Hyatt, Ransome). On emploie également le métal déployé³⁹⁷ (Golding) alors que des méthodes primitives consistant à noyer des profils I subsistent depuis leur utilisation à la maison Coignet de Saint-Denis (Klett-Wilson-Mátrai, Moller). Cette technique est d'ailleurs utilisée aux États-Unis avant le développement du béton armé, afin de protéger contre l'incendie les structures métalliques par des enveloppes en mortier de ciment. L'origine des armatures à empreintes est également américaine, mais elles sont peu utilisées en France³⁹⁸. Ici, certains soupçonnent une escroquerie mercantile visant à faire vendre des licences d'utilisation pour un produit dont on ne voit pas la supériorité par rapport aux barres lisses³⁹⁹. Des armatures ridées à adhérence accrue comme les profilés Lindau et les barres crénelées sont toutefois remarquées dans les cours de génie civil⁴⁰⁰. Les aciers à haute adhérence sont employés à large échelle seulement après la Deuxième Guerre mondiale, quand ils gagnent définitivement la partie.

Dans la déclinaison des armatures en fonction des sections utilisées, les fers homogènes se retrouvent chez Cottancin et Monier qui ne différencient pas la traction de la compression, alors que les autres systèmes utilisent des sections diverses répondant à la logique des forces dans l'élément constructif, tels Edmond Coignet, Hennebique, Pavin de Lafarge ou Hyatt. Les armatures ne sont mises en tension avant de soumettre l'élément à la charge que dans le système de précontrainte inventé par Freyssinet⁴⁰¹ en 1928.

Le façonnage des armatures diffère selon le système. Chez Cottancin les fils de fer sont entrelacés et solidarités par des ligatures faites à la main, chez Boussiron par des bagues serrées à l'aide de coins battus. La plupart des barres rondes sont pliées à froid avec divers outils, pour prendre une forme en pied-de-biche ou des retours en crochets. Afin d'assurer la continuité des armatures, on emploie des manchons ou superpositions de barres à crochets, alors que la soudure est réservée aux armatures

³⁹⁷ Le métal déployé. In : *Le Ciment*, N° 11, 1898, pp. 173-175.

³⁹⁸ RABUT Charles. Op. Cit., chapitre III, p. 33.

³⁹⁹ Par exemple la « Diamond bar », inventée par William Mueser. Une nouvelle barre américaine. In : *Le Ciment*, N° 2, 1907, p. 80.

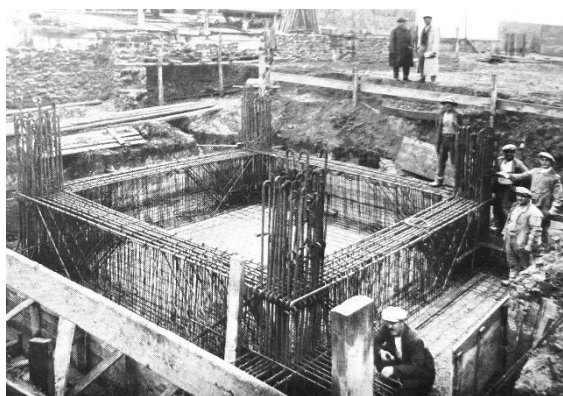
⁴⁰⁰ MESNAGER Augustin. Op. Cit., p. 53 ; CAQUOT Albert. Op. Cit., p. 115.

⁴⁰¹ FREYSSINET Eugène. *Procédé de fabrication de pièces en béton armé*. Brevet N° 680.547, déposé le 2 octobre 1928.

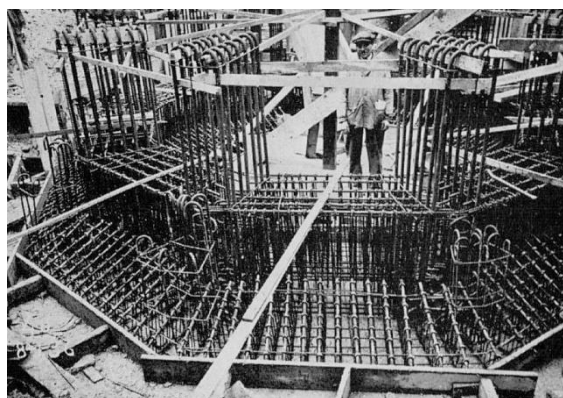
dont la continuité doit être parfaite, comme les réservoirs. Dans ce domaine, Edmond Coignet invente un procédé de soudure électrique à haute tension⁴⁰². Concernant les articulations réalisées avec des armatures, il faut noter les inventions qui portent les noms de Mesnager et Considère. Par ailleurs, ce dernier invente la technique du frettage vers 1900, afin d'augmenter la résistance à la compression du béton armé.

Fondations

Les fondations en béton, simple ou armé, sont dérivées des techniques déjà utilisées. Les semelles non armées sont réalisées sur le principe de la transmission des charges selon une résultante conventionnelle orientée à 45° dans le sol, ce qui crée des éléments massifs pyramidaux, alors que le ferrailage permet une réduction considérable de l'épaisseur de ces dispositifs grâce à une mise en tension qui élimine la convention des 45°.



46 Saint-Yves de la Courneuve.
Armatures des fondations du clocher.
Le Christ dans la banlieue, N° 2, 1933.



47 Sainte-Odile, Paris.
Armatures des fondations du clocher.
Travaux, juillet 1937.

Les semelles filantes armées sont la règle pour la plupart des chantiers d'églises de l'époque. On ne manque pas de mettre en avant les applications les plus spectaculaires, comme par exemple dans la revue des Chantiers du Cardinal, qui publie une photographie des grandes carcasses d'armatures des fondations de l'église Saint-Yves de la Courneuve avec le commentaire « ce qu'il a fallu de fer pour construire la base du clocher »⁴⁰³.

L'armature de la semelle du clocher de Sainte-Odile de Paris est, elle aussi, illustrée en raison de son aspect impressionnant, cette fois dans la revue plus technique *Travaux*⁴⁰⁴. Du procédé traditionnel utilisant des pieux battus en bois dérive la technique des pieux en béton armé dont les applications se retrouvent à Saint-Jean de Montmartre, mais aussi en Allemagne⁴⁰⁵ notamment aux églises Nikodemuskirche à Berlin-Neukölln et Hoffnungskirche à Berlin-Pankow, construites en 1913 selon le système Mast⁴⁰⁶.

⁴⁰² BERGER C., GUILLERME V. Op. Cit., p. 281.

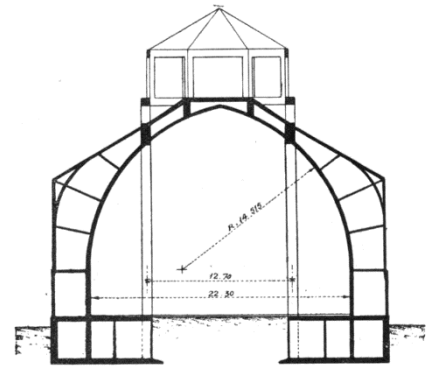
⁴⁰³ *Le Christ dans la banlieue*, N° 2, 1933, p. 19.

⁴⁰⁴ L'église Sainte-Odile à la Porte Champerret. In : *Travaux*, juillet 1937, p. 291.

⁴⁰⁵ LESKE Otto. *Der Betonpfahl in Theorie und Praxis*. Berlin : Verlag von Julius Springer, 1916, 92 p.

⁴⁰⁶ STRUIF Hermann. *Betonpfahl « System Mast »*. Ein Gründungsverfahren mit « Betonpfählen in verlorener Form ». Berlin-Heidelberg : Springer-Verlag, 1913, p. 38.

Des conceptions originales sont également présentes. L'une est celle des fondations de l'église Saint-Louis de Vincennes, où l'ensemble de la structure en béton armé Hennebique est traité comme un unique élément. Les fondations sont placées dans la continuité de la superstructure en quatre arcs croisés, qui, en coupe, donnent l'impression de s'ancrer dans le sol⁴⁰⁷. À Sainte-Thérèse de Montmagny, Perret utilise des voûtes renversées en béton armé reliées par des poutres afin de répondre au problème du terrain argileux inondé⁴⁰⁸.



48 Saint-Louis, Vincennes.
Coupe par un grand arc porteur en béton armé.
Le Béton armé, N° 259, 1929.

Éléments porteurs verticaux

Les murs ou voiles en béton armé sont rares dans la construction d'églises entre 1890-1940. Un exemple précurseur est celui de l'église Sainte-Marguerite du Vésinet, construite entre 1862-1864 en béton banché, mais non armé. En 1912, une maison en système Thomas Edison⁴⁰⁹ est réalisée à Saint-Denis, avec des murs solides en béton armé coulé sur place⁴¹⁰. En même temps, un prototype similaire est réalisé en Hollande selon la méthode de l'américain H. J. Harms⁴¹¹. Mis à part dans certaines églises en béton apparent, où la structure est toutefois mixte, les applications de ces méthodes dans l'architecture religieuse sont limitées à des éléments ponctuels, parce que c'est l'ossature à remplissage en maçonnerie qui domine dans les pratiques constructives.

Auguste Perret est le représentant iconique de l'ossature poteaux-poutres, qu'il compare au squelette animal. Sa vision d'une structure visible, composée, équilibrée et symétrique du bâtiment est combattue par Michel Roux-Spitz avec l'arme de l'adversaire : l'anatomie. Pour lui, comme dans le corps animal ou humain, l'ossature d'un édifice doit être surtout invisible et faire partie d'un ensemble harmonieux où chaque composante a sa place et son utilité : squelette, muscles, épiderme⁴¹². Émile Dubuisson met en œuvre des poteaux inspirés de ce principe à l'hôtel de ville de Lille (1928)⁴¹³. Les colonnes de la grande galerie du public se prolongent avec le plafond par l'intermédiaire d'évasements décorés avec des motifs en relief. Ces éléments monolithes sont coulés sur place à la pompe dans des moules en aluminium d'une grande finesse. Charles-Henri Besnard fait preuve du même niveau de délicatesse décorative à l'église Saint-Christophe-de-Javel, mais avec des éléments coulés à pied

⁴⁰⁷ Église Saint-Louis de Vincennes. In : *Le Béton armé*, N° 252, février 1929, pp. 3-5.

⁴⁰⁸ GOISSAUD Antony. Une église à Montmagny (Seine-et-Oise). In : *La Construction moderne*, 17 avril 1927, p. 337.

⁴⁰⁹ EDISON Thomas. Process of constructing concrete buildings. US Patent N° 1.219.272 (États-Unis). Demande déposée le 13 août 1908, brevetée le 13 mars 1917.

⁴¹⁰ Habitations à bon marché. In : *La Construction moderne*, 28 juillet 1912, pp. 524-525. Aussitôt oubliée, cette modeste maison est démolie après 1998 : DELHUMEAU Gwenaël. *Étude d'histoire des techniques Seine-Saint-Denis. Patrimoine béton*. Rapport de recherche, Conseil général Seine-Saint-Denis. Société Ipsofakto, décembre 2005. p. 22.

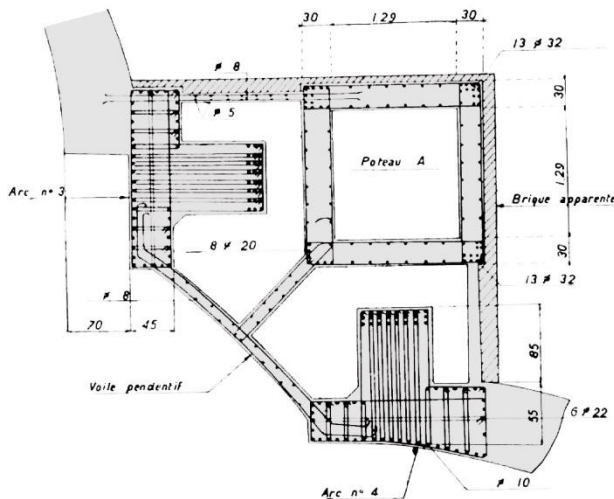
⁴¹¹ Maison coulées. In : *Le Ciment*, N° 4, 1912, pp. 64-66.

⁴¹² ROUX-SPITZ Michel. Ossaturisme et beauté organique. In : *L'Architecture française*, N° 38, décembre 1943, p. 2.

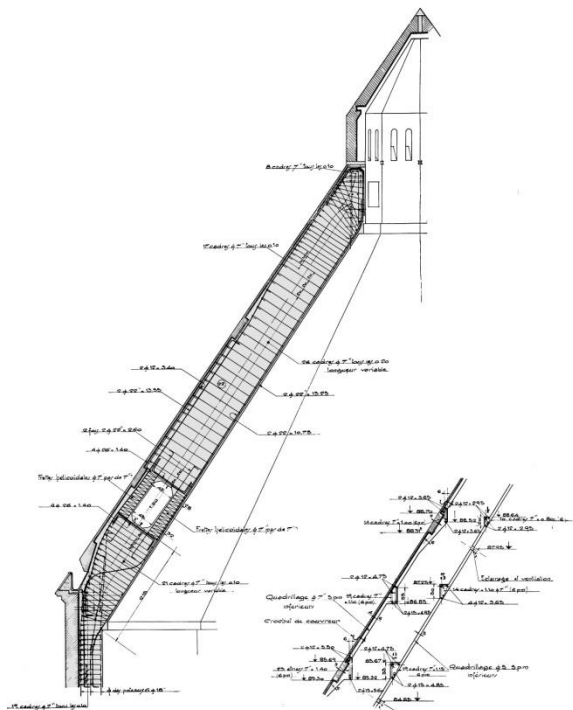
⁴¹³ GOISSAUD Antony. L'hôtel de ville de Lille. In : *La Construction moderne*, 4 mars 1928, pp. 271-276 et planches 89-92.

d'œuvre dans des moules en plâtre. La démarche de Besnard n'est pas tant anatomique que rationaliste et il ne recherche pas une continuité d'épiderme.

Dans la conception des piliers, le dessin de l'architecte oblige l'ingénieur à adapter sa réponse technique. Les plans d'armatures des colonnes de l'église de Besnard sont des exemples de parfaite synergie entre la section minimale et son ossature interne. Ici, les armatures se plient et suivent étroitement les formes complexes définies par le maître d'œuvre.



49 Saint-Esprit, Paris. Coupe horizontale par un pilier au niveau d'un pendentif. Ferrailage, avec l'indication du plein (gris) et du vide (blanc). *Le Béton armé*, N° 38, 1933.



50 Saint-Pierre-de Chaillot. Paris. Coupe verticale par un arêtier de la coupole, incluant un passage technique d'entretien. *Travaux*, N° 74, 1939.

D'autres architectes ne recherchent pas la même finesse et dessinent des piliers massifs par souci de cohérence avec l'ambiance générale de l'église. C'est le cas de Paul Tournon à l'église parisienne du Saint-Esprit, où la coupole d'inspiration byzantine en béton armé n'exerce aucune poussée qui justifierait des piliers de grande section⁴¹⁴. Par conséquent, les piliers sont évidés, comportent des gaines et circulations verticales et leurs parois ne dépassent pas 30 cm d'épaisseur. Un exemple similaire est celui de l'église Saint-Pierre-de-Chaillot.

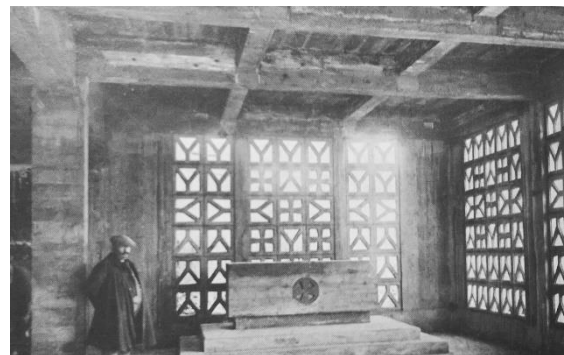
En outre, un type à part entière est celui de la maçonnerie en blocs de béton préfabriqués qui se retrouvent dans les murs et colonnes des églises de Bérard et Nasousky, présentés plus loin. Cette technologie constructive fait l'objet de nombreux brevets et procédés au début du XX^e siècle, mais ses applications restent limitées à des bâtiments courants et répétitifs. En revanche, les deux constructeurs inventent de véritables répertoires de pièces porteuses et de modénatures préfabriquées pour bâtir des églises.

⁴¹⁴ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-12-1928-08506. 76 IFA 2040. Église du Saint-Esprit. Plans béton armé.

Éléments porteurs horizontaux

Les dalles et poutres en béton armé sont généralement réduites à un rôle purement fonctionnel ou secondaire dans les églises françaises, où la voûte et l'arc restent les éléments symboliques du vocabulaire des formes. C'est seulement dans les années 1930, sous l'influence de l'avant-garde, que des dalles sont utilisées pour couvrir les nefs de Notre-Dame de l'Assomption de Wintzenheim, Sainte-Agnès de Maisons-Alfort, Saint-Augustin des Coquetiers ou Saint-Géry de Brie. À Saint-Jean Bosco ou Notre-Dame des Missions, les nefs sont couvertes de combinaisons de dalles horizontales et inclinées qui créent l'image de voûtes simplifiées. C'est aussi la solution adoptée par Dom Bellot à l'église de l'Immaculée Conception d'Audincourt. Dans les églises parisiennes, les dalles servent à séparer le sous-sol de la nef, comme à Saint-Jean de Montmartre, Saint-Christophe-de-Javel, Saint-Pierre-de-Chaillot ou Saint-Jean Bosco. Dans certains cas, elles sont exploitées sur le plan décoratif.

Les poutres sont rarement mises en valeur dans les églises, à l'exception notable de Notre-Dame l'Auxiliatrice de Nice et Sainte-Agnès de Maisons-Alfort, où elles reçoivent un décor peint, et de Notre-Dame de Rungis, où elles rythment le plancher de la nef en reposant sur des consoles. Dans la reconstruction partielle de Saint-Pierre de Roye, Duval et Gonse utilisent des dalles sur poutres qui tranchent avec les arcs et voûtes d'ogives du chœur médiéval. À Saint-Julien de Domfront, le dôme central repose sur un système de poutraisons en béton armé qui assurent le passage du carré à l'octogone. Pour supporter aussi un dôme, des poutres-trellis en béton armé sont utilisées à Saint-Pierre-de-Chaillot, mais il s'agit d'une solution invisible et simplement technique. Ces éléments sont cachés derrière des voiles minces en béton armé et permettent d'assurer une circulation pour l'entretien du bâtiment.



51 Sainte-Jeanne d'Arc, Gennevilliers. Plancher de la crypte. *Le Christ dans la banlieue*, N° 2, 1932.

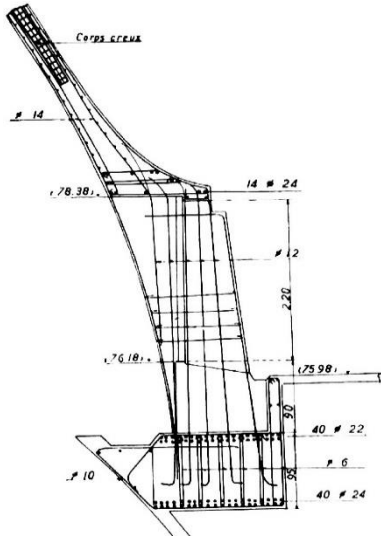


52 Saint-Jean Bosco, Paris. L'église basse avec ses poutres. Carte postale, s.d., photo : V. Gaudard, CRMH IDF.

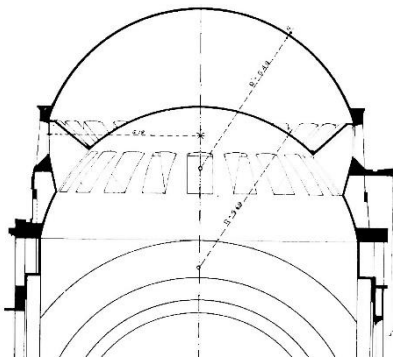
Voûtes, voiles minces

Anatole de Baudot est le premier à construire une surface courbe en ciment armé de très faible épaisseur pour une église, en utilisant le système Cottancin à Saint-Jean de Montmartre dans les dernières années du XIX^e siècle. Cet exemple reste sans succession pendant longtemps, car il faut attendre trois ingénieurs qui posent les bases des voiles minces : Lafaille, Freyssinet et Aimond. Bernard Lafaille développe les formes conoïdes dès 1927 avec les couvertures d'une fabrique de

textiles à Verdun et un hangar d'aviation à Avord en voiles de béton armé de 5 cm⁴¹⁵. Freyssinet s'affirme aux halles du Boulingrin à Reims (1931) avec des voûtes paraboliques minces en béton armé. Des hangars d'aviation comme ceux de Limoges-Feytiat ou Lanvéoc-Poulmic⁴¹⁶ (1936) réalisés par Fernand Aimond⁴¹⁷ reçoivent des couvertures en paraboloides hyperboliques surbaissées⁴¹⁸.



53 Saint-Esprit, Paris. Coupe verticale par le tambour de la grande coupole.
Le Béton armé, N° 308, 1933.



54 Sainte-Odile, Paris. Coupe par une coupole à deux coques en béton armé.
Travaux, N° 55, 1937.

Avec l'augmentation des applications, la théorie des voiles minces commence à être élaborée par les ingénieurs dans la deuxième moitié des années 1930, démontrant les avantages de la résistance par la forme⁴¹⁹. Dans un parallèle inattendu avec Le Corbusier, pour qui le plan est générateur et « porte en lui l'essence de la sensation »⁴²⁰, l'ingénieur Issenmann Pilarski estime que la vue en plan cesse désormais d'être l'expression du bâtiment en raison de la réduction des points d'appui en nombre et dimensions⁴²¹. Le plan devient une expression graphique partielle, qui n'assure plus la compréhension globale de l'espace sans une clé de lecture tridimensionnelle appuyée par les élévations et les coupes.

C'est dans ce contexte que Jacques Droz crée les dômes ovoïdes en coquilles d'œuf pour Sainte-Jeanne d'Arc de Nice⁴²². Leur épaisseur varie de 8 à 45 cm entre le sommet et la base⁴²³. Paul Tournon et le bureau Hennebique créent à l'église du Saint-Esprit une coupole à deux coques en béton armé, celle extérieure de 6 cm, celle intérieure variant de 8 à 16 cm d'épaisseur, séparées par une couche isolante en briques de terre cuite perforées⁴²⁴. À l'église Sainte-Odile de Paris, les coupoles sont également à double coque de 6 cm d'épaisseur, mais la distance qui les sépare est d'environ 4 m. Les trois coupoles qui couvrent la nef sont coulées sur le même coffrage qui est déplacé

⁴¹⁵ KURRER Karl-Eugen. *The History of the Theory of Structures : Searching for Equilibrium*. Wiley : Wilhelm Ernst & Sohn, 2018, p. 745.

⁴¹⁶ Le hangar en béton armé de Lanvéoc-Poulmic. In : *Travaux*, novembre 1936, p. 520.

⁴¹⁷ KURRER Karl-Eugen. Op. Cit., p. 746.

⁴¹⁸ AIMOND Fernand. L'évolution de la construction des hangars d'aviation. In : *L'Aviation française*, N° 3, 1936, pp. 255-264 ; ISSENMANN PILARSKI L. Le paraboloides hyperbolique. In : *Travaux*, avril 1936, p. 177-181 ; HAHN L. Aéroport de Limoges-Feytiat. Hangar en béton armé. In : *Travaux*, octobre 1936, pp. 458-469.

⁴¹⁹ AIMOND Fernand. Les voiles minces en forme de paraboloides hyperbolique. In : *Le Génie civil*, N° 102 (8), 25 février 1933 ; ISSENMANN PILARSKI L. Les voûtes cylindriques. In : *Travaux*, juillet 1936, pp. 338-342 ; HERMANT André. Les coques en béton armé. In : *Chantiers (organe technique de l'Architecture d'aujourd'hui)*, N° 9 et 10, 1934, pp. 21-25.

⁴²⁰ LE CORBUSIER. *Vers une architecture*. Paris : Crès, 1925, p. VIII.

⁴²¹ ISSENMANN PILARSKI L. Le voile mince, matériau moderne. In : *Travaux*, mars 1936, p. 135.

⁴²² LOUVET Albert. Les églises modernes - l'œuvre de M. Droz architecte diplômé par le gouvernement. In : *L'Architecture*, vol. XLIII, N° 3, 1930, pp. 89-97.

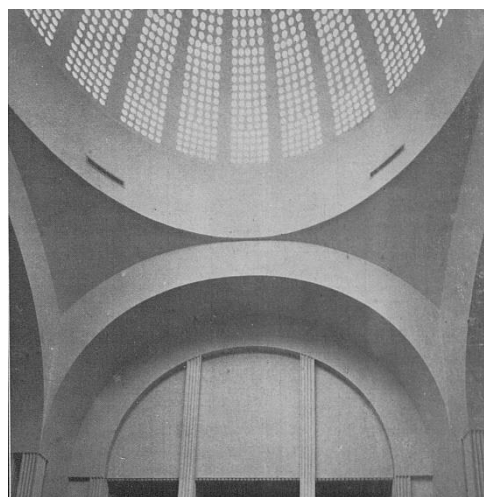
⁴²³ MARGERAND J.-L. Église Sainte-Jeanne d'Arc à Nice. In : *La Construction moderne*, N° 32, 10 mai 1936, p. 648.

⁴²⁴ IMBERT Charles. L'église du Saint-Esprit à Paris. In : *Le Béton armé*, N° 308, octobre 1933, pp. 921-933.

verticalement et horizontalement par un système de vérins et coulisses⁴²⁵. C'est une méthode d'exécution similaire à celle de Freyssinet pour les halles du Boulingrin ou les hangars d'aviation d'Orly, qui démontre que les chantiers d'églises sont parfaitement connectés aux technologies de pointe de leur temps.

Les voûtes en berceau parabolique connaissent un grand succès pour la couverture des nefs, principalement dans le nord de la France : Saint-Remi de Roupy, Saint-Martin de Monthenault, Saint-Martin de Martigny-Courpierre. Les voûtes surbaissées forment un chapitre à part, par leurs formes difficiles à réaliser en pierre, mais qui ne posent aucun problème de stabilité en béton armé. Paul Tournon les utilise pour couvrir la crypte (église basse) de Saint-Esprit, alors que Duval et Gonse à Saint-Pierre de Roye et Paul Rouvière à Notre-Dame-de-la-Trinité de Blois couvrent la nef centrale d'une voûte en berceau surbaissé.

Enfin, le « béton translucide » marque l'ambiance des espaces conçus avant 1940. Les pavés de verre incorporés dans les voûtes ou planchers présentent les bénéfices d'une verrière tout en gardant la résistance d'un plancher. Il est significatif que deux continuateurs du système Cottancin l'utilisent dans les années 1930 : François Lecœur à l'hôtel des postes de Reims⁴²⁶ et Pierre Paquet au réfectoire du Lycée Jules Ferry à Paris, construit par l'entreprise Degaine qui prolonge les méthodes de Cottancin. Dans l'architecture religieuse, Michel Roux-Spitz réalise une coupole en pavés de verre à Saint-François d'Assise de Lyon⁴²⁷, alors que Robert Danis en crée une à Saint-Jean-Eudes de Rouen.



55 Saint-François-d'Assise, Lyon.
Coupole en pavés de verre (« béton translucide »).
La Construction moderne, 15 mars 1925.

Parement et sculpture

Le domaine du béton apparent dans l'architecture religieuse de 1890 à 1940 comporte à la fois le traitement architectural et sculptural. Dans le premier cas, le béton d'abord utilitaire est exploité sur un plan esthétique, alors que dans le second, il se substitue à la pierre traditionnelle pour créer des œuvres d'art.

Auguste Perret est parmi les rares architectes qui mettent en valeur la peau du béton en acceptant ses imperfections, comme aux églises du Raincy et de Montmagny. Émile Bois souhaite laisser apparaître les joints horizontaux des coffrages à Saint-Pierre-de-Chaillot, mais les surfaces sont brettelées avec

⁴²⁵ L'église Sainte-Odile à la Porte Champerret. In : *Travaux*, juillet 1937, pp. 287-293.

⁴²⁶ GOISSAUD Antony. L'hôtel des Postes, Télégraphe et Téléphones de Reims. In : *La Construction moderne*, 21 février 1932, pp. 340- 348.

⁴²⁷ Une coupole éclairante. In : *La Construction moderne*, 15 mars 1925, p. 279.

des outils pneumatiques et les arêtes ciselées. En dehors de la région parisienne, le béton apparent est généralement limité aux flèches des clochers, gargouilles ou claustras, à l'exception notable de Notre-Dame de Bethléem de Clamecy.

Dans le domaine de la sculpture, Carlo Sarrabezolles (1888-1961) travaille directement dans le béton, peu après sa prise et à l'échelle monumentale. Il est l'auteur du beffroi de l'hôtel de ville de Lille (1927), de la statue du saint patron de l'église Saint-Louis de Vincennes et du sommet du clocher de l'église Saint-Louis de Villemomble (1927)⁴²⁸, projet de Paul Tournon. Avec ce dernier, le sculpteur réalise la façade de l'église Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus à Élisabethville, un édifice entièrement en béton apparent. Certaines églises reconstruites dans le département de l'Aisne comportent aussi des sculptures monumentales en béton au niveau des clochers, comme les anges réalisés par Raoul Josset à Saint-Rémi de Roupy ou ceux de Saint-Martin de Martigny-Courpierre, qui pourraient être attribués, sans certitude, à Gabriel Dufrasne (1875-1949).

Jacques Martin (1885-1976) réalise également des œuvres sculpturales de grande dimension en béton. Sur la façade principale de l'église Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus de Hirson (Aisne) il crée un tympan monumental en béton moulé de facture art déco représentant la sainte patronne. Sur l'une des façades de l'église Saint-Luc-des-Grands-Champs de Romainville (Seine-Saint-Denis), projet inachevé d'Édouard Monestès, il représente la Vierge en haut-relief sur un fond de béton brut de décoffrage⁴²⁹.



56 Saint-Louis de Villemomble.
Clocher sculpté en béton par C. Sarrabezolles.
La Construction moderne, 12 juin 1927.



57 Saint-Martin, Martigny-Courpierre.
Clocher à anges sculptés en béton.
Photo : l'auteur, 2023.

⁴²⁸ GOISSAUD Antony. Le clocher de l'église de Villemomble. In : *La Construction moderne*, 12 juin 1927, pp. 425-430.

⁴²⁹ DE SAINTE MARIE Arielle. DE PALMAERT Albéric. *Les Chantiers du Cardinal. Histoires d'églises en Île-de-France*. Rennes : Ouest-France, 2011, p. 69.

3.2 Ciment armé : Cottancin et Anatole de Baudot

L'une des premières applications innovantes avec le ciment armé dans l'architecture religieuse est celle réalisée par Anatole de Baudot à l'église Saint-Jean de Montmartre à Paris. Le procédé constructif est conçu par l'ingénieur Rémy-Jean-Paul Cottancin, une personnalité très peu connue malgré son rôle important pendant les premières années du nouveau matériau. Développant d'une certaine manière l'œuvre de Joseph Monier⁴³⁰, notamment du point de vue des armatures en treillis, il brevète sa méthode en 1899, avant Hennebique, son concurrent, détracteur et adversaire au tribunal.

Né à Reims le 12 janvier 1865 dans la famille d'un directeur industriel, Cottancin fait ses études au collège Chaptal de Paris⁴³¹ avant d'être accepté à l'École centrale des Arts et Manufactures en 1883, classé 41^{ème} sur 223 candidats par ordre de mérite au concours d'admission⁴³². Trois ans plus tard, il obtient son diplôme d'ingénieur et travaille pour une courte période dans l'industrie, avant de s'intéresser au ciment armé.

3.2.1 La conception d'un système original

À seulement 24 ans, Cottancin présente une communication à la Société des ingénieurs civils, le 15 février 1889⁴³³. Il expose le principe de construction qui fera l'objet du brevet déposé le 18 mars de la même année, proposant une couche mince de ciment dans laquelle est noyé un treillis métallique de sections diverses, à mailles de 5 à 10 centimètres de côté. À chaque point de croisement, les barres sont attachées par une ligature. L'ingénieur insiste sur le fait que la solidité de la section est supérieure à celle des ouvrages similaires en maçonnerie grâce à la décomposition en parallélépipèdes fictifs délimités par les barres de fer, qui fractionnent en autant de parties les charges à supporter. De cette manière et grâce aux coefficients de dilatation très proches des deux matières réunies, les fissures n'apparaissent pas. Ignorant le phénomène de carbonatation et ses effets, Cottancin soutient que le ciment « protège le fer et le conserve indéfiniment dans un état parfait ». Il se base principalement sur l'observation des ouvrages démolis, où le fer a une « teinte bleutée due au décapage par la chaux avant la prise complète du mortier »⁴³⁴. Dans un premier temps, l'ingénieur parle de deux principales applications du système, les réservoirs et les canalisations. Réalisés en ciment armé, les premiers peuvent avoir une paroi de seulement 10 cm d'épaisseur pour un volume de 1500 m³. Les tuyaux de canalisation peuvent atteindre une longueur de 2 m, ce qui est impossible avec le grès ou le béton comprimé non armé. Ainsi, des tubes de 1 m diamètre et 4 cm d'épaisseur peuvent résister à des

⁴³⁰ Le fils de Joseph Monier développe également les armatures en treillis et les sections minces dans diverses constructions : RIVOALEN E. Ateliers-lavoirs en ciment et fer, système Monier, à Boulogne (Seine). In : *Le Ciment*, N° 3, 1896, pp. 83-86.

⁴³¹ CURINIER C.-E. *Dictionnaire national des contemporains*. Paris : B. Brunel, 1900, tome II, p. 146.

⁴³² MINISTÈRE DU COMMERCE. École centrale des Arts et Manufactures. Concours d'admission 1883. Liste d'admission, par ordre de mérite, des candidats nommés élèves à la suite du concours de 1883 », *Journal officiel de la République française. Lois et décrets*, N° 291, 24 octobre 1883, p. 5526.

⁴³³ Constructions civiles- constructions en ciment avec ossature métallique. In : *Annales industrielles*, 21^{ème} année, 10 mars 1889, pp. 295-298.

⁴³⁴ Idem, p. 295.

pressions considérables, sans le risque de dépôt ferrugineux typique des tuyaux métalliques. Cottancin parle aussi des avantages du cuvelage réalisé selon sa méthode, qui peut être réparé très facilement « avec un peu de mortier, de ciment même, par des personnes peu expérimentées » et coûte moins cher que son équivalent métallique.

Dans le cadre de l'exposition universelle de 1889, Paul Cottancin présente le 14 août ses travaux en ciment armé au président de la République Sadi Carnot⁴³⁵. Parmi les stands visités par ce dernier dans l'exposition des machines se trouve celui de la société Pavin de Lafarge, qui présente un plan relief d'une partie de ses usines de fabrication de chaux et ciment. Cottancin est le seul à exposer des produits et modèles en ciment armé, dont une partie peut être vue dans ses bureaux, au 22 rue Chaligny. Il s'agit surtout d'applications pour conduits et tuyaux, réservoirs, fontaines, chalets et constructions diverses pour parcs et jardins. L'intérêt pour l'architecture domestique est assez faible chez Cottancin en ce moment.

Le 5 septembre 1889, Cottancin fait une intervention sur l'hygiène et les matériaux de construction, dans le cadre d'une série de conférences scientifiques organisées à l'exposition par le ministère du commerce sur des thèmes très variés⁴³⁶.

En 1891, il devient membre auxiliaire de l'Union syndicale des architectes français (USAF) dirigée par Anatole de Baudot⁴³⁷. C'est dans ce contexte que les deux apprennent à se connaître et fondent leur future collaboration. Un premier chantier de construction neuve qu'ils mènent ensemble est l'hôtel particulier de l'architecte, situé à l'angle de la rue de Longchamp avec la rue Pomereu à Paris. Les planchers, ainsi que la toiture autoportante sont en dalles de ciment armé de seulement 4 cm d'épaisseur soutenues par des épines qui à leur tour transmettent les charges aux murs à double paroi en brique armée⁴³⁸ avec une face extérieure en pierre de taille. Se fiant à l'étanchéité de la toiture, qui est testée à cet effet, aucune couverture n'est prévue au-delà de l'extrados de la dalle bombée traité en écailles. Comme sur la plupart des exemples similaires, une couverture traditionnelle en ardoises est mise en place plusieurs années plus tard.

En 1893, dans la recension⁴³⁹ d'un ouvrage d'Édouard Candlot⁴⁴⁰, Cottancin et Monier sont présentés comme les deux inventeurs des méthodes de construction devant prendre un grand développement. D'ailleurs, Candlot dépose le 3 février 1894 un brevet avec Cottancin, portant sur la construction des traverses en ciment⁴⁴¹. Utilisés sur le réseau de la compagnie de chemin de fer de l'Ouest, elles fonctionnent comme les traverses en bois mais avec une stabilité et une durabilité augmentées grâce

⁴³⁵ GRISON Georges. Courrier de l'exposition. In : *Le Figaro*, 15 août 1889, p. 2.

⁴³⁶ BAUDOIN Marcel. *Guide médical à l'Exposition universelle internationale de 1889, à Paris*. Paris : éditions E. Lecrosnier et Babé, 1889, p. 570.

⁴³⁷ Chronique des sociétés. Union syndicale des architectes français. In : *L'Architecte-constructeur*, N° 30, 15 mars 1891, p. 230.

⁴³⁸ GRAF Franz Graf, CÊTRE Jean-Pierre. Paul Cottancin. In : COHEN Jean-Louis, ABRAM Joseph, LAMBERT Guy (dir.) *Op. Cit.*, p. 74.

⁴³⁹ Ciment et chaux hydrauliques. In : *Annales des chemins vicinaux*, juin 1893, p. 206.

⁴⁴⁰ CANDLOT Édouard. *Op. Cit.*

⁴⁴¹ Liste de nouveaux brevets. In : *La céramique et la verrerie, journal de la chambre syndicale*, 15 juillet 1894, p. 82 ; COTTANCIN Paul, CANDLOT Édouard. Brevet N° 236.023. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 1727, juillet 1896, pp. 718-719.

au poids et au matériau. La fixation des rails se fait selon la méthode ordinaire, sur des cubes de bois encastrés dans la traverse au niveau des coussinets⁴⁴².

Dans les pages d'une revue spécialisée publiée à Nancy⁴⁴³, Paul Cottancin expose en 1896 les principes de son système. Retraçant l'histoire de l'incorporation du métal dans le ciment, l'ingénieur estime que les premiers métallurgistes français employaient déjà des barres de fer reliées par des attaches de treillageur, recouvertes d'enduit pour créer des cloisons minces, mais ont abandonné la méthode pour promouvoir leurs produits dans la construction métallique pure. Il critique ensuite les essais américains qui ignorent la nécessité de l'entretoisement entre les pièces de fer noyées dans le ciment.

Pour Cottancin, ces applications ne sont que des charpentes métalliques assemblées selon les complications habituelles, simplement protégées contre le feu par un remplissage de ciment. Pour la période précédant son brevet de 1889, il accorde aux Allemands et aux Autrichiens le mérite d'avoir utilisé des systèmes d'armature à treillis avec attaches sur des ponts, sans citer d'exemples concrets. En fait, il ne peut s'agir que du système Monier, breveté en Allemagne en 1881 et acheté vers 1885 par Gustav Adolf Wayss, qui l'utilise avec Conrad Freytag dans le cadre de la société qu'ils fondent. Pour l'Autriche, Wayss rachète les droits du brevet Monier, que ce dernier avait vendu à Rudolf Schuster.

Tel que présenté par son auteur, le système « travaux en ciment avec ossature métallique » est fondé sur l'utilisation d'un treillis sans attaches, en réseau continu formant des boucles aux extrémités et noyé dans du mortier de ciment. Il s'oppose à la méthode des « maîtres de forges français », utilisant deux couches de fers indépendants posés dans deux directions différentes, de manière à obtenir un treillis solidarisé à chaque croisement par des ligatures. L'avantage du procédé Cottancin est l'utilisation d'un fil de fer unique pour l'obtention d'un treillis, ainsi que la suppression complète des attaches. La différence entre les deux procédés est résumée ainsi : dans tous les autres systèmes, le métal est emprisonné dans le ciment, tandis que dans le système Cottancin, c'est le ciment qui est captif dans un réseau métallique⁴⁴⁴.

Selon la résistance souhaitée, la densité de l'armature en système Cottancin peut être réglée par un rapprochement des treillis ou l'introduction de barres de section rectangulaire. En revanche, dans le système des « maîtres de forges » il faut introduire des fers de section différente, notamment des T. L'ingénieur expose les principes des dalles planes et courbes renforcées par des « épines-contreforts ». Ces dernières peuvent être posées aussi bien en dessus qu'en dessous de la dalle. Face à la concurrence de Hennebique, qui prône la vérité scientifique de sa propre méthode, Cottancin entend se défendre :

⁴⁴² DE TEDESCO Napoléon. Traverses en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 10, octobre 1903, p. 149.

⁴⁴³ COTTANCIN Paul. Travaux en ciment avec ossature métallique. In : *L'Immeuble et la construction dans l'Est. Revue de la propriété et des travaux publics et particuliers*, Nancy, N° 37, 2 février 1896, p. 290.

⁴⁴⁴ COTTANCIN Paul. Étude générale et pratique sur les travaux en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 1, 25 janvier 1897, p. 11-17.

« Ces travaux où deux matériaux différents entrent en jeu demandent dans chaque cas un raisonnement mathématique basé sur le bon sens et non sur un jonglage d'équations. À cette condition, cette construction devient aussi peu compliquée que la construction métallique. Son exécution donne de grands avantages pratiques par le fait que l'ossature peut se fabriquer indépendamment du cimentage, c'est-à-dire en chantier ou sur place et avec une surveillance qui seule peut offrir de la sécurité à ce genre de construction. »⁴⁴⁵

Un autre avantage du procédé Cottancin est la possibilité de comprimer le mortier grâce à l'indéformabilité du ferrailage, afin d'obtenir une meilleure résistance, tandis que dans le système des « maîtres de forges » les ligatures se desserrent lors d'une compression et le treillis se disloque. La compression dont Cottancin parle précède de quelques années l'introduction de la vibration du béton. De plus, le problème de la dislocation des fers attachés est résolu plus tard, avec l'introduction du treillis soudé fabriqué en usine.

D'autres qualités, réelles ou imaginées, sont attribuées au ciment armé lors de l'exposition universelle de 1889. Pour prouver son incombustibilité, on fait l'expérience de chauffer à blanc un échantillon de ciment armé et de l'arroser ensuite brusquement avec de l'eau froide, ce qui ne crée aucune dislocation. Le matériau est considéré comme imperméable et résistant aux chocs les plus violents, qui ne peuvent que produire des dégâts locaux facilement réparables. La vibration, la conductivité thermique et acoustique ou la sensibilité aux acides qui caractérisent la construction métallique sont jugées définitivement écartées dans la construction en ciment armé Cottancin⁴⁴⁶.

En 1898, la publicité du système Cottancin lui attribue beaucoup plus de vertus et d'applications⁴⁴⁷. Sur la liste de bâtiments réalisables selon ce procédé figurent des hospices, théâtres, mairies, écoles, usines. Les églises ne sont pas mentionnées, malgré le chantier de Saint-Jean de Montmartre en cours à cette époque. La méthode est présentée comme la plus ancienne, avec une résistance aux surcharges double par rapport à tous les autres systèmes connus. Elle serait confirmée par des expériences officielles⁴⁴⁸ et serait la seule à permettre une souplesse des formes architecturales, avec l'usage de matériaux pleins ou creux ou avec de la brique armée.

Nous retrouvons Paul Cottancin en 1900 en tant qu'inspecteur des Arts et Manufactures à Paris, membre de l'Association française pour l'avancement des sciences (AFAS), où il donne une communication « sur le béton armé »⁴⁴⁹.

Travaillant ensemble sur le chantier de Saint-Jean de Montmartre d'Anatole de Baudot et sur l'immeuble 29 avenue Rapp de Jules Lavirotte, Cottancin et Alexandre Bigot déposent en 1901 un

⁴⁴⁵ COTTANCIN Paul. Travaux en ciment avec ossature métallique. Art. Cit.

⁴⁴⁶ STEVENS. Travaux en ciment avec ossature métallique. In : *Le Panthéon de l'industrie*, N° 761, décembre 1889, pp. 341-342.

⁴⁴⁷ Annonces. In : *Bulletin municipal officiel de la ville de Paris*, N° 191, 18 juillet 1898, p. 2174.

⁴⁴⁸ L'expérience n'a pas été retenue comme « officielle » lors du procès avec Hennebique. Cf. passages suivants traitant la rivalité entre les deux.

⁴⁴⁹ *Bulletin de l'AFAS*, N° 93, juillet 1900, p. 5.

brevet sur la conception d'un four continu en ciment armé pour la fabrication des grès et céramiques⁴⁵⁰.

En 1902, lorsque plusieurs édifices sont déjà réalisés ou en cours de réalisation selon les principes constructifs de Cottancin, certains décrivent son procédé de manière naturaliste :

« (...) les systèmes P. Cottancin sont basés sur le principe de la colonne vertébrale qui est formée de vertèbres avec des apophyses sur lesquelles sont attachés les muscles d'apophyse à apophyse, en empêchant les déplacements relatifs d'être importants, par le rappel d'élément à élément, de sorte que la colonne vertébrale reste en équilibre dans toutes ses positions. »⁴⁵¹

En 1904, le premier brevet tombe dans le domaine public. Le 29 octobre, l'ingénieur constructeur demeurant 47 boulevard Diderot à Paris est officiellement déclaré en faillite⁴⁵². Le 30 novembre, un certain Musy, qui lui avait livré des briques en valeur de 3343 francs, dépose une demande reconventionnelle pour qu'il soit payé. Cottancin obtient un concordat (moratoire)⁴⁵³ le 10 mai 1905 et dans le procès qui suit, la Cour juge que le créancier doit se contenter des dividendes fixés dans ce document, sans pouvoir réclamer sa dette en intégralité si les fonds ne le permettent pas⁴⁵⁴.

Après cette date, nous ne disposons que de peu d'informations sur la vie de Paul Cottancin, mais son système subsiste dans la pratique d'autres architectes et entreprises. En même temps, dans les ouvrages scientifiques, le procédé Cottancin conserve une place égale aux autres. Lors du congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences à Reims en 1907, Charles Rabut présente un rapport sur « le béton armé actuel, ses principes et ses ressources »⁴⁵⁵, où les principaux systèmes étudiés sont : Hennebique, Coignet, Bonna, Cottancin, Considère.

En 1912, le système Cottancin est classé premier parmi les différentes méthodes de mise en œuvre du ciment armé, dans un article expliquant la construction d'une maison contemporaine, publié dans un magazine de variétés⁴⁵⁶. La perception change plus tard, quand en 1934 le « système Cottancin - de Baudot » est présenté comme un précurseur lointain et maladroit du béton armé, de même que le système Monier⁴⁵⁷.

⁴⁵⁰ COTTANCIN Paul, BIGOT Alexandre. Brevet N° 311.095. *Bulletin des lois de la République française*, N° 2243, janvier 1903, p. 1219.

⁴⁵¹ FRÉVILLE G. Le ciment armé système Cottancin. In : *Le Génie colonial*, N° 17, Février 1902, pp. 111-112.

⁴⁵² Déclarations de faillites. In : *Le Petit journal*, Paris, 31 octobre 1904, p. 4 ; Déclarations de faillites. In : *Le Rappel*. Paris, 12 novembre 1904, p. 29 ; Modifications commerciales. In : *Revue pratique de l'électricité*, deuxième série. Paris, 20 novembre 1905, p. 31 ; Déclarations de faillites. In : *Le Ciment*, N° 12, 1904, p. 426.

⁴⁵³ Selon l'article 519 du CODE du Commerce de 1807.

⁴⁵⁴ DEFERT Henry. *Journal des faillites et des liquidations judiciaires*. Paris : Arthur Rousseau, 1912, p. 149.

⁴⁵⁵ RABUT Charles. Le béton armé actuel, ses principes et ses ressources. In : *Revue des matériaux de construction et de travaux publics*, N° 38, juin 1908, pp. 139-141.

⁴⁵⁶ BOYER Jacques. Comment on construit une maison au XX^e siècle. In : *Touche-à-tout*, Paris, N° 7, 15 juillet 1912, pp. 37-44.

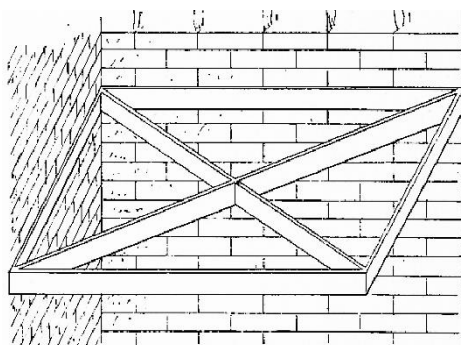
⁴⁵⁷ BRUNON GUARDIA G. Les Arts - Généalogie du béton armé. In : *L'Intransigeant*, 12 août 1934, p. 6.

Caractéristiques du système

La question de l'adhérence entre fer et ciment est fondamentale dans la théorie du système Cottancin. Pour des raisons de sécurité et de simplification, l'ingénieur choisit d'ignorer totalement les forces d'adhérence pour ne laisser en jeu que la compression et la traction⁴⁵⁸. Il considère que la prise en compte de l'adhérence est dangereuse à cause de sa variabilité, ce qu'il essaie d'illustrer par deux expériences. Dans le premier cas de figure, un fer plat posé sur du mortier peut être facilement détaché après la prise, alors que dans le deuxième cas, un fer de surface équivalente captif dans un cube nécessite beaucoup plus d'effort pour être arraché, la preuve pour Cottancin qu'une autre action, beaucoup plus forte, s'ajoute à l'adhésion.

Le vocabulaire des formes en béton armé est étroitement lié à la charpente en bois, qui forme la base technologique du nouveau matériau. Chez la plupart des pionniers, les pièces porteuses verticales sont nommées « poteaux », les pièces horizontales « poutres », « poutrelles » et « solives », des termes toujours utilisés. Même les proportions de ces éléments sont inspirées des structures en bois. Quand le béton armé est utilisé pour la construction des toitures, les mots liés à la charpente en bois sont naturellement repris : « arbalétrier », « entrain », « entretoise », « panne », « contrefiche », « sablière » etc. Sur les fondations ou parements en béton, il existe un parallèle similaire avec les formes et vocabulaire des ouvrages de maçonnerie.

Toutefois, Cottancin se délimite de la plupart des constructeurs en choisissant une terminologie propre. À cette époque, les armatures sont des barres lisses et dans une poutre par exemple s'utilisent une ou deux barres rondes de diamètre important sans autre pièce métallique, à l'exception de l'étrier introduit par Hennebique à partir des années 1890. Cottancin considère que ces techniques sont défectueuses car il ne croit pas en l'adhérence béton-ferrailage. Il propose, en revanche, soit le treillage à partir d'un fil de fer unique, soit un tissage de fils de fer qui ensevelit les barres principales qui sont des platebandes en fer mises en bas et en haut de la section.



58 Épines cadre (rectangle) et épines contrefort (diagonales) en système Cottancin.
Berger, Guillaume. *La construction en ciment armé*.

Dans son vocabulaire, les poutres s'appellent « épines » en raison de la fine section rectangulaire issue de cette technique. Les « épines-cadre » sont une carcasse formée de petites poutres très hautes par rapport à leur largeur, préfabriquées et montées sur le contour de la surface à couvrir. Les « épines-contreforts » fonctionnent comme des solives, formant une triangulation qui crée des nœuds dans lesquels au moins trois éléments se rencontrent pour assurer l'encastrement et le bon soutien de la dalle. La conception statique des poutres-épines est similaire à celle des poutres-treillis puisqu'elles comportent des jonctions fixes entre le

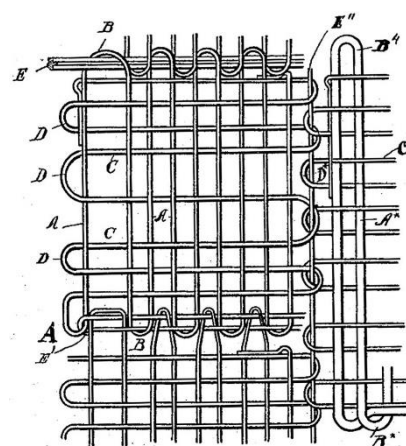
⁴⁵⁸ BERGER C., GUILLERME V. Op. Cit., p. 803.

ferraillage tissé et les deux barres longitudinales. De plus, le béton n'est soumis qu'à la compression et l'armature qu'il enveloppe ne supporte que des efforts de tension.

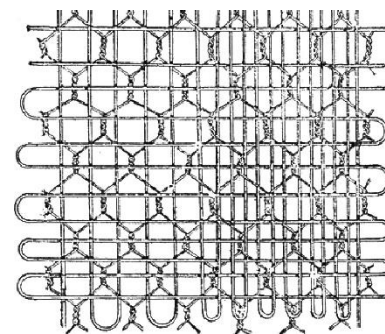
La résistance d'une épine Cottancin est déclarée six fois supérieure à celle d'un profilé métallique double T à poids et portée égales⁴⁵⁹. En 1896, une expérience du ministère de la guerre vise à comparer les systèmes Cottancin, Hennebique et Monier. Trois poutres de 8 m de portée sont réalisées en matériaux identiques selon les principes des systèmes respectifs et soumises à une surcharge progressive. Si la poutre Hennebique répond à environ 10 tonnes par une rupture brusque, la poutre Monier cède lentement par arrachement sous 12 tonnes au bout de quinze minutes, alors que la poutre (épine) Cottancin se disloque après quarante-cinq minutes sous une charge de 20 tonnes⁴⁶⁰.

Dans la fabrication des armatures, le procédé Cottancin utilise un outil similaire au métier à tisser, formé de fers plats percés et posés sur des tréteaux. Des chevilles sont posées dans les percements afin de permettre à l'ouvrier de réaliser la trame avec des fils tendus. Pour fermer l'armature, il crée une chaîne en faisant passer le fil à la fois en-dessous et par-dessus la trame⁴⁶¹. Le diamètre des fils arrivés sur chantier en rouleaux est de 4 mm⁴⁶², et la distance qui les sépare sur une épine est de 10 cm maximum sur la longueur et de 0,5 cm à 2 cm sur la largeur⁴⁶³. Pour les dalles, les deux directions de la maille présentent un rythme égal des fils. Il existe également des armatures à tissage composé, formées de grillages à double torsion (type « cage à poules ») doublés d'un ou deux réseaux de fils perpendiculaires passant entre les brins⁴⁶⁴.

La composition du mortier de ciment ne peut pas inclure des impuretés ou des conglomérats, motif pour lequel le chantier doit être suivi de très près. Cottancin ne réfléchit pas à une industrialisation de sa technique qui disparaît relativement vite pour faire place aux méthodes plus robustes, mais simples, proposées par Hennebique et ses adeptes.



59 Principe d'armature, système Cottancin. Brevet US459944-1



60 Armatures, variante, système Cottancin. Berger, Guillaume. *La construction en ciment armé*.

⁴⁵⁹ Idem, p. 813.

⁴⁶⁰ Tableau des résultats de l'expérience comparative Hennebique-Monier-Cottancin par Féret. Idem, p. 818.

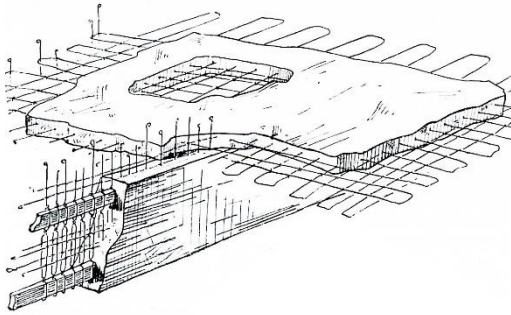
⁴⁶¹ CHRISTOPHE Paul. *Le béton armé et ses applications*. Op. Cit., pp. 404-405.

⁴⁶² RINGELMANN Max. Des ouvrages en ciment armé. In : *Journal d'agriculture pratique, de jardinage et d'économie domestique*, 1899, p. 325.

⁴⁶³ COLLIGNON E. Extrait du registre des essais des plaques en ciment avec ossature métallique remises par M. Cottancin. École nationale des Ponts et Chaussées, avril-mai 1890.

⁴⁶⁴ BERGER C., GUILLERME V. Op. Cit., p. 809.

En raison de ce mode opératoire et de la durée de réalisation des armatures, qui pour Charles Rabut posent des problèmes de pilonnage du béton⁴⁶⁵, les épines sont exécutées à l'avance à pied d'œuvre ou en atelier, trois ou quatre semaines avant leur mise en place définitive⁴⁶⁶. Une fois le ferrailage mis dans le coffrage, le ciment est moulé de manière à laisser des attentes, qui, elles, sont encastrées à leur place définitive quand les dalles sont coulées. Les coffrages de ces dernières sont réalisés en plaques en plâtre à ossature légère posées entre les épines. Elles reposent sur des cadres en liteaux, supportés par des taquets en bois attachés aux épines.⁴⁶⁷



61 Dalle et épine, système Cottancin.
La Construction moderne, 15 avril 1905.

Sur les planchers de l'église Saint-Jean de Montmartre nous constatons un mode de réalisation différent, car des traces de planches en bois sont visibles sur l'intrados des dalles, ce qui n'est pas cohérent avec l'usage d'un coffrage perdu en plâtre. Ici, le plâtre a été appliqué en tant qu'enduit de finition. Pour les planchers de surface peu importante, il est possible de remplacer la dalle en ciment armé avec des lambourdes sur lesquelles on scelle le parquet. Quand la largeur de la dalle ne dépasse pas 1,3 m l'épine n'est pas employée⁴⁶⁸.

Il existe une variante d'épine terminée en partie inférieure par un demi-boudin dépassant des deux côtés les limites de la pièce porteuse⁴⁶⁹. Cet élément a pour rôle de supporter un faux-plafond en plâtre qui peut également servir de coffrage pour la réalisation de la dalle avant d'être descendu à sa position finale⁴⁷⁰.

Une autre application particulière est celle d'épines-peigne, version utilisée pour la toiture du lycée Victor Hugo de Paris. Ici, les épines-contrefort formant entrain entre les murs gouttereaux se prolongent verticalement par trois triangles de même section qui forment le support des pannes longitudinales en ciment armé⁴⁷¹.

Cottancin prétend avoir inventé une version de la poutre-treillis américaine Linville⁴⁷² « avec dispositions françaises », c'est-à-dire en ciment armé⁴⁷³. Elle utilise des épines-contrefort préfabriquées qui travaillent à la fois à la compression et à la traction. Cette théorie provoque la

⁴⁶⁵ RABUT Charles. *Cours de construction en béton armé* (manuscrit). ENPC02-COV-4-23805-1910, Chapitre III, p. 30.

⁴⁶⁶ COTTANCIN Paul. Correspondance. Courrier du 26 décembre 1897. In : *Le Ciment*, N° 2, 1898, p. 18.

⁴⁶⁷ MIGNARD R. *Guide des constructeurs. Traité complet des connaissances théoriques et pratiques relatives aux constructions*. 6^e édition refondue par À.L. Cordeau. Paris : E. Lévy, 1898, p. 487.

⁴⁶⁸ BATAILLE Athanase. *Nouveau manuel complet de construction moderne- Manuels Roret*. Édition refondue par N. Chrysochoïdès. Paris : L. Mulo, 1903, p. 630.

⁴⁶⁹ LAVERGNE Gérard. Les travaux en ciment avec ossature métallique du système P. Cottancin. In : *Le Génie civil*, T. XXXVI, N° 648, 10 novembre 1894, pp. 23-26.

⁴⁷⁰ CHRISTOPHE Paul. Op. Cit., p. 122 et 449.

⁴⁷¹ CHRISTOPHE Paul. Op. Cit., p. 207.

⁴⁷² Poutre-treillis métallique à double intersection. LINVILLE Jacob Hayes. US Patent : Brevet N° 34.183 (États-Unis). Improvement in Iron Truss-bridges. Altoona, Pennsylvanie, 14 janvier 1862.

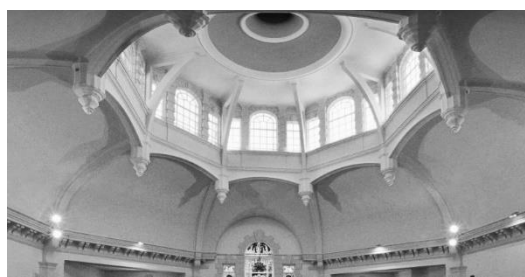
⁴⁷³ COTTANCIN Paul. Correspondance. Art. Cit., p. 18.

stupéfaction des ingénieurs qui n'accordent au ciment aucune capacité de résistance à la traction. Pour Cottancin, le ciment résiste parce qu'il est emprisonné dans le réseau métallique⁴⁷⁴.

Au château d'Ofrasière à Nouzilly en Indre-et-Loire⁴⁷⁵, reconstruit sur les plans de Pierre Cuvillier⁴⁷⁶ entre 1905-1907, Cottancin met en œuvre sur les écuries des communs une couverture voûtée de 16 m de portée, réalisée en épines-contrefort de 5 cm sur 35 cm. Ce dôme à double paroi sur plan carré repose sur douze piliers en brique armée de section 44 cm, tout-à-fait similaires à ceux de l'église Saint-Jean de Montmartre. La couverture du dôme est réalisée en ciment imprimé au motif d'écailles qui évoquent des ardoises, identiques à celles du clocher de Saint-Jean. Elle est encore apparente aujourd'hui. Deux pavillons encadrant l'écurie disposent de planchers en ciment armé⁴⁷⁷. D'autres éléments réalisés ici sont en ciment armé, notamment une pergola (treille), les chéneaux, des claustras, un lanteron. Il s'agit de l'un des rares édifices construits selon le système Cottancin qui subsiste en totalité et sans dénaturation. Le château, situé à 250 m au sud des communs, dispose aussi de combles réalisés en dalles et rampants en ciment armé. Lors de sa séance du 24 mars 1975, la commission supérieure des monuments historiques se déclare défavorable à toute protection de ces bâtiments, y compris les communs, dont le dossier de présentation retient juste le « curieux hall »⁴⁷⁸, sans aucune mention du ciment armé. Ceci témoigne de l'oubli du procédé constructif Cottancin à cette époque.



62 Château d'Ofrasière. Communs avec hall en système Cottancin.
Carte postale, s.d.



63 Église à Exeter, Angleterre. Voûte en système Cottancin.
The Methodist Church Sidwell Street Exeter (paroisse).

Les cloisons en système Cottancin sont constituées de divers matériaux armés, notamment la brique creuse⁴⁷⁹. Les fils de fer verticaux passent dans les vides, tandis que l'armature horizontale est placée dans les joints. Pour éviter le contact du métal avec l'air, les trous et les joints sont remplis de mortier de ciment. Il est possible de créer des cloisons en double paroi pour faire passer les conduits de chauffage ou de ventilation.

⁴⁷⁴ STELLET Louis. Du calcul des planchers et poutres en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 10 bis, 1897, p. 324.

⁴⁷⁵ Il s'agit d'un château néo-renaissance ayant appartenu à Élisabeth de la Panouse, la deuxième femme de Robert Debré, qui le légua à la Ville de Paris en 1972. Le bien est ensuite transféré au département des Hauts-de-Seine, qui le met en vente en 2014. Inoccupé depuis 2013, il se trouve sans un état sanitaire inquiétant en 2023.

⁴⁷⁶ Pierre Victor Cuvillier (1844-1907). Architecte autodidacte originaire de Saint-Denis, auteur de plusieurs châteaux, dont le château Dino de Montmorency et l'hôtel particulier du marquis du bailloul avenue Wagram : MERCIER Marianne. Notice biographique, DRAC Île-de-France.

⁴⁷⁷ BERGER C., GUILLERME V. Op. Cit., pp. 841-843.

⁴⁷⁸ Dossier de protection du château de l'Ofrasière, Nouzilly, Indre-et-Loire. Ministère des affaires culturelles, 1975. Conservé à la DRAC Centre-Val-de-Loire, Conservation régionale des monuments historiques.

⁴⁷⁹ COTTANCIN Paul. Les travaux en ciment avec ossature métallique. In : *Bulletin de l'Union syndicale des architectes français*, N° 8-9, août-septembre 1895.

Dans le domaine de l'architecture religieuse, le procédé est utilisé à trois reprises : à l'église Saint-Jean de Montmartre, à la cathédrale Sacré-Cœur d'Oran (Algérie) et à l'église méthodiste de Sidwell Street à Exeter en Angleterre, remarquée par Nikolaus Pevsner pour son originalité⁴⁸⁰.

Construite de 1902 à 1905 sur plan centré, cette église dispose des murs en briques de 215 mm longueur, 73 mm largeur et 75 mm hauteur, chacune percée de quatre trous. L'armature est en fils de fer verticaux et horizontaux de 4 mm de diamètre. Entre les deux parois en brique, un espace creux de 530 mm est ménagé, ce qui est beaucoup plus spacieux qu'à l'église de Montmartre. Pour assurer la solidité du mur, des raidisseurs locaux en brique armée relient les deux parois. À l'intersection, des fers plats sont introduits comme armature verticale. L'édifice est couvert d'un dôme à double paroi, utilisant la brique armée à l'intrados et le ciment armé de 50 mm d'épaisseur à l'extrados⁴⁸¹. Dans sa géométrie, ce dôme est similaire à celui d'Ofrasière. Sans aucune référence en Angleterre, Cottancin est retenu pour ce chantier en raison de son devis, moins élevé de 10000 livres sterling que la concurrence, le montant final des travaux étant de 9600 livres sterling⁴⁸². Les travaux s'achèvent avec difficulté après la faillite de l'ingénieur en 1904.

Liste des brevets de Paul Cottancin déposés en France (protection de 15 ans)	
Date	Intitulé du brevet
18/03/1889	Procédé de fabrication d'ossatures métalliques sans attaches et à réseau continu ⁴⁸³
18/03/1889	Joint flexible dilatable avec bague intérieure
02/06/1892	Fabrication des ossatures continues à trame spirale ⁴⁸⁴
18/01/1893	Cintrage des travaux en matières plastiques avec ossatures composées ⁴⁸⁵
03/02/1894	Traverses en ciment avec ossatures combinées pour fixer les coussinets ou les tirefonds des rails ⁴⁸⁶
12/09/1894	Parfait épurateur ⁴⁸⁷
27/09/1894	Parquets armés ⁴⁸⁸
20/10/1894	Constructions démontables en matières plastiques avec ossature ⁴⁸⁹
12/03/1895	Menuiseries armées ⁴⁹⁰
23/05/1901	Four continu, système P. Cottancin et A. Bigot ⁴⁹¹
14/09/1903	Cornues à gaz ⁴⁹²

⁴⁸⁰ PEVSNER Nikolaus. *Buildings in England : South Devon*. Londres : Penguin books, 1952, p. 153.

⁴⁸¹ WATT Peter. The Development of Reinforced Masonry. Publication Eurocodes (normes européennes de génie civil). URL : https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2009/3_pm_Watt_d.pdf (Consulté le 21 février 2017, introuvable le 10 août 2023).

⁴⁸² THE METHODIST CHURCH Sidwall Street. The History of our Church. URL : <https://www.sidwellstreetmethodist.org.uk/about-us/history> (Consulté le 10 août 2023).

⁴⁸³ COTTANCIN Paul. Brevet N° 196.773 et 196.774. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 1290, juillet 1889, p. 1034.

⁴⁸⁴ COTTANCIN Paul. Brevet N° 222.074. In : *Bulletin des lois de la République française*, N°1569, juillet 1893, p. 185.

⁴⁸⁵ COTTANCIN Paul. Brevet N° 227.216. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 1653, juillet 1894, p. 478.

⁴⁸⁶ COTTANCIN Paul. Brevet N° 236.023. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 1727, juillet 1896, pp. 718-719.

⁴⁸⁷ COTTANCIN Paul. Brevet N° 241.343. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 1791, juillet 1896, p. 35.

⁴⁸⁸ COTTANCIN Paul. Brevet N° 241.679. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 1791, juillet 1896, p.53.

⁴⁸⁹ COTTANCIN Paul. Brevet N° 242.238. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 1791, juillet 1896, p. 82.

⁴⁹⁰ COTTANCIN Paul. Brevet N° 245.727. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 1808, juillet 1896, p. 813.

⁴⁹¹ COTTANCIN Paul, BIGOT Alexandre. Brevet N° 311.095 In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 2243, janvier 1903, p. 1219.

Déclin du système Cottancin

Napoléon de Tedesco critique assez tôt et très sévèrement la pensée de Cottancin, notamment le dimensionnement qui est arbitrairement arrêté à 6 cm d'épaisseur même pour des grandes portées, la non prise en compte de l'adhérence, l'absence de méthode de calcul et le caractère invérifiable des expériences. Pour lui, cette théorie est inventée de toutes pièces et fondée sur une pure intuition n'est pas acceptable dans un cadre social sûr : « les constructeurs de ciment armé doivent se persuader que l'ère des prophètes est close »⁴⁹³. Il touche, sans le savoir, la corde sensible pour l'architecture des décennies suivantes, celle de l'ingénieur génial, en attribuant à Cottancin la phrase apocryphe : « les formules ne valent que par leur juste application et en définitive, le sentiment de l'ingénieur est encore la meilleure garantie de la sécurité de ses projets »⁴⁹⁴. Après les réactions virulentes de l'intéressé, de Tedesco revient avec une appréciation de ses « qualités intuitives de premier ordre »⁴⁹⁵.

Un autre ingénieur, Louis Stellet⁴⁹⁶, accuse le système Cottancin de se fonder sur des « actions moléculaires mystérieuses » en utilisant des « treillis noyés très complexes et bizarres en vue de supprimer les tirants qu'il accuse de faire fissurer le ciment »⁴⁹⁷. Stellet est d'ailleurs aussi impitoyable avec d'autres systèmes, considérant que la résistance des structures Hennebique est due simplement à l'excès d'armatures. Les réponses que donne Cottancin à ses détracteurs dans la presse technique comportent des phrases interminables, avec un raisonnement difficile à suivre, à tel point que les rédactions ajoutent des notes pour demander à l'avenir des interventions plus réduites⁴⁹⁸.

Les relations de Cottancin avec la presse sont effectivement complexes. Il paie la publication de ses articles, mais ne peut pas empêcher les critiques qui le court-circuitent dans les pages du même journal et n'a pas les moyens de faire publier de longues répliques. Cela mène à des situations paradoxales, où dans les pages d'un même numéro on retrouve à la fois la publicité de son système, un article technique signé par Cottancin, mais aussi un courrier de cet auteur traitant la revue d'incorrecte⁴⁹⁹.

Les trois moments-clés qui fixent le sort du système Cottancin sont : les travaux sur le chantier de Saint-Jean de Montmartre, l'apparition de la réglementation officielle du béton armé de 1906 et le passage dans le domaine public en 1908 du brevet déposé en 1893. Cottancin choisit un mode de gestion inadapté au contexte concurrentiel dans lequel il agit. Il garde l'exclusivité de sa méthode au sein d'une entreprise d'études techniques et de construction, alors que Hennebique ne conserve qu'une activité de bureau d'études et vend le droit d'usage de son système partout dans le monde. On retrouve de rares exceptions dans la publicité de l'époque, où certains entrepreneurs proposent le

⁴⁹² COTTANCIN Paul. Brevet N° 335.625. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 2554, juillet 1904, p. 890.

⁴⁹³ DE TEDESCO Napoléon. Du calcul des ouvrages en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 1, 1898, p.11.

⁴⁹⁴ Idem, p.178.

⁴⁹⁵ Idem, p.179.

⁴⁹⁶ Stellet (1859-1898) meurt avant de pouvoir développer ses intéressantes critiques des différents systèmes. FELLETTIN Marie, ILLAIRE Martine. *Inventaire-index des ingénieurs des ponts-et-chaussées (1748-1932)*. Archives Nationales, 1883 et 2008.

⁴⁹⁷ STELLET Louis. Du calcul des planchers et poutres en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 10 bis, 1897, p. 324.

⁴⁹⁸ COTTANCIN Paul. Correspondance. Courrier du 26 décembre 1897. Art. Cit., p. 19.

⁴⁹⁹ COTTANCIN Paul. Correspondance. Courrier du 23 février 1897. In : *Le Ciment*, N° 2, 1897, p. 42.

système Cottancin⁵⁰⁰. En même temps, la gestion financière de l'entreprise Cottancin est calamiteuse, car il est obligé de faire du dumping pour obtenir des commandes. On lui accorde le chantier de Saint-Jean de Montmartre pour un prix trois fois moins élevé que l'offre de Hennebique⁵⁰¹. Il remporte des marchés de travaux avec des prix largement inférieurs à ceux des concurrents au lycée Victor Hugo⁵⁰² et à l'église méthodiste de Sidwell Street à Exeter en Angleterre⁵⁰³. Si les applications du système Cottancin se limitent à quelques dizaines en tout, celles du système Hennebique s'élèvent plus de 7000 en 1902⁵⁰⁴.

Avant l'achèvement de l'église de Montmartre en 1904, apparaît un conflit entre Paul Cottancin et son associé Gustave Degaine, dont on ignore les causes exactes, qui vraisemblablement devraient être de nature financière. Le premier quitte le chantier et l'autre reprend les travaux pour terminer la façade principale avec son clocher. Cottancin dépose alors plainte pour utilisation en contrefaçon de son brevet et la justice condamne à la fois l'entrepreneur, l'architecte et le maître de l'ouvrage. Gustave Degaine (1866-1928) devient en 1902 membre auxiliaire à l'Union syndicale des architectes français fondée par Anatole de Baudot et continue une collaboration avec des architectes convaincus par le système Cottancin, après la disparition énigmatique de son inventeur⁵⁰⁵.

L'État fixe pour la première fois en 1906 des normes pour l'emploi du béton armé sur les bâtiments publics⁵⁰⁶. Ce moment marque le début de la fin de l'empirisme dans cette technique de construction. Désormais, elle n'est plus le privilège des inventeurs qui détiennent l'exclusivité de leurs méthodes, brevetées et protégées. Encadrée par des principes de calcul et des instructions de mise en œuvre, la technique du béton armé devient libre de droits. Pourtant, les procédés inventés par Hennebique, Cottancin et d'autres survivent après cette date sur les chantiers, mais deviennent de plus en plus superflus dans un contexte d'uniformisation des usages. La « sélection naturelle » dans le domaine du bâtiment fait que les méthodes les plus simples et pratiques se répandent, alors que l'apparition de l'ingénieur indépendant contribue à mettre en place des usages standardisés du béton armé.

Lorsque le brevet principal de Paul Cottancin tombe dans le domaine public après quinze ans d'exclusivité protégée par la loi, l'entreprise fondée par Gustave Degaine peut utiliser sans soucis juridiques le système que l'ingénieur avait fondé et qui est déjà préféré par des architectes comme Anatole de Baudot, François Lecœur, Emmanuel Chainé ou Jules Lavirotte⁵⁰⁷. L'entreprise tire profit

⁵⁰⁰ Publicité de l'entreprise générale parisienne Toisoul, Fradet et C^{ie}. In : *Le Ciment*, N° 7, 1896, p. 219.

⁵⁰¹ EDGELL G.J. The remarkable structures of Paul Cottancin. In : *Studies in the History of civil Engineering, vol. 11, Early Reinforced Concrete*, édité par Frank Newby. Aldershot : Ashgate, 2001, p. 178.

⁵⁰² MARREY Bernard, HAMMOUTÈNE Franck. Op. Cit., p.32.

⁵⁰³ COLLINS Peter. *Splendeur du béton*. Op. Cit., p. 140.

⁵⁰⁴ FOUGEROLLE Jacques. L'évolution du béton armé. In : *Cent ans de béton armé : 1849-1949. Travaux*, N° 194 bis (supplément), 1950, p. 64.

⁵⁰⁵ CARREAU-VACHET Isabelle. François Lecœur (1872-1934), un pionnier du ciment armé en France. In : *Colonnes*, N° 10, novembre 1997, pp. 13-20.

⁵⁰⁶ MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. Circulaire du 20 octobre 1906, concernant les instructions relatives à l'emploi du béton armé.

⁵⁰⁷ L'immeuble 29 avenue Rapp à Paris est construit en 1900 par Lavirotte utilisant le grès céramique de Bigot en matériau de construction, par le tissage des armatures comme dans la brique armée système Cottancin : FRÉVILLE G. Le ciment armé système Cottancin. In : *Le Génie colonial*, N° 17, février 1902, pp. 111-112. L'édifice est inscrit MH le 16 octobre 1964, référence Mérimée PA00088782.

du savoir-faire expérimenté sur le chantier de Saint-Jean de Montmartre. Cas rare dans le secteur du bâtiment, l'entreprise continue à exister dans le cadre du groupe Vinci, mais n'est plus spécialisée dans le béton armé. Ses archives ne sont pas publiques et son activité est connue grâce aux archives personnelles des architectes conservées à la Cité de l'architecture et du patrimoine.

Dans les cours de béton armé d'avant 1940, Cottancin est souvent cité parmi les pionniers du matériau, à côté de Coignet, Monier et Hennebique⁵⁰⁸. En revanche, la présentation de son système s'arrête avec la disparition de l'entreprise et la circulaire de 1906. Quant à Anatole de Baudot, il ne cite même pas son nom dans le cours donné à Chaillot, au moins dans la version publiée en 1916. C'est un oubli, lié peut-être au désagrément créé par la plainte pour contrefaçon citée plus haut.

3.2.2 Application du système Cottancin : l'église Saint-Jean-de-Montmartre, Paris, 1897-1904

Jusqu'à l'annexion des communes limitrophes en 1860, le terrain sur lequel l'église sera construite se trouve dans un environnement bâti plutôt pavillonnaire et de faible densité du village de Montmartre. La place porte jusqu'en 1867 le nom de « place de l'Abbaye », en référence aux bénédictines venues s'installer autour du Sanctum Martyrium. La mairie du 18^{ème} arrondissement s'installe ici jusqu'à la construction du nouvel édifice prévu à cet effet porte de Clignancourt. Démolie par la suite, elle correspond aujourd'hui à un petit square public. Autour de la place, devenue place « des Abbesses », des carrières de gypse à ciel ouvert précèdent le développement du tissu construit, mais ils dégradent encore plus le terrain déjà instable.

La parcelle de l'église a une forme irrégulière, un polygone à neuf côtés d'une surface de 1234 m², en forte déclivité et difficilement constructible. Néanmoins, le terrain dispose de certaines qualités. Il est situé à l'angle des deux voies, avec un accès supplémentaire sur une troisième, en fond d'impasse (rue André Antoine). Le front est d'environ 26 m sur la place, alors que l'ouverture secondaire sur l'étroit passage de l'Elysée des Beaux-Arts est encore plus importante et permet un accès privé.



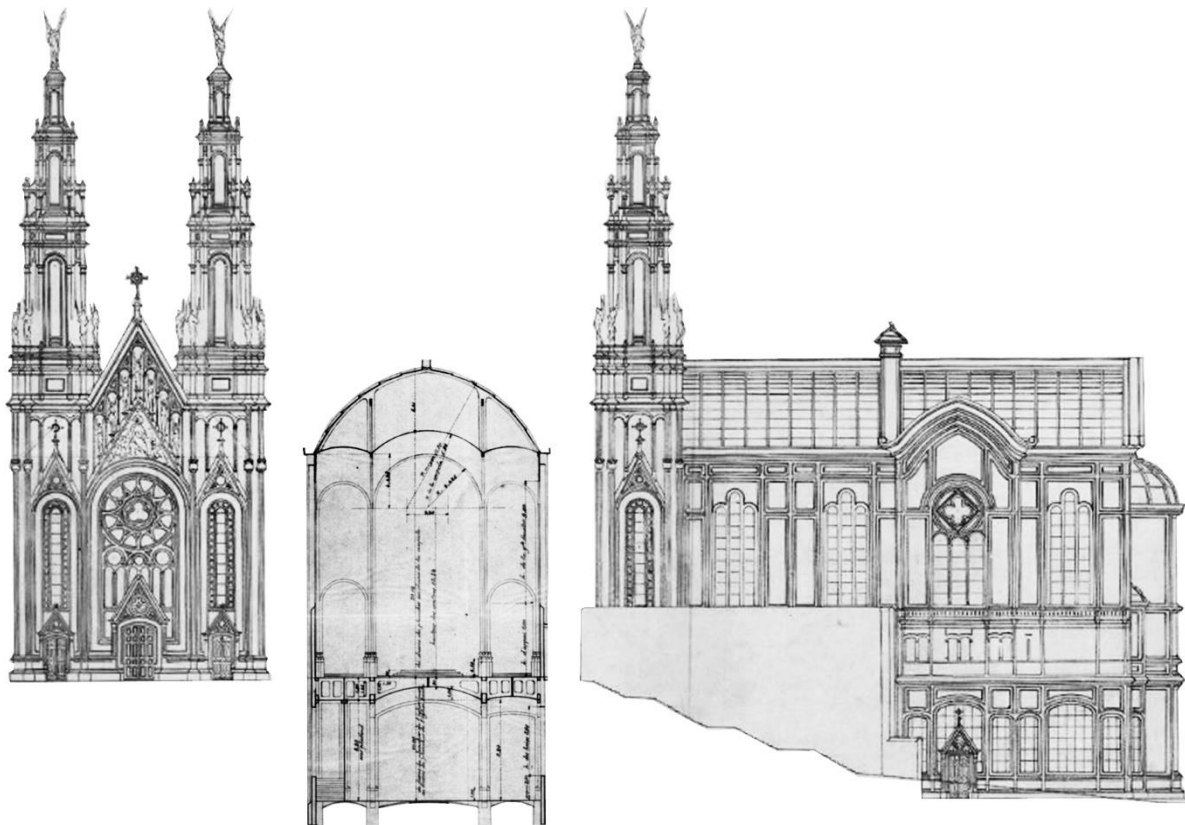
64 Évolution urbaine de la place des Abbesses. De gauche à droite : 1820, 1871, 2023. En rouge, l'église Saint-Jean. Dessin : l'auteur.

⁵⁰⁸ C'est le cas dans les cours de Rabut, Espitallier, Mesnager. L'une des dernières mentions est celle de : CHALOS Marcel. Op. Cit., p. 5.

Genèse du projet

Après avoir pris en charge la paroisse Saint-Pierre-de-Montmartre avec la mission de construire une nouvelle église, vers 1892-1894 l'abbé Alexandre Sobaux achète le terrain place des Abbesses avec ses deniers personnels et le cède à la Fabrique Saint-Pierre de Montmartre. Il lance aussitôt un concours de projets remporté par Édouard Bérard, architecte diocésain. Le projet d'église halle à quatre travées, avec une nef centrale large de 9 m et deux bas-côtés larges de 4,5 m, prévoit l'emploi général du béton armé en système Hennebique. À cause de la déclivité du terrain, une crypte de 8 m de hauteur est prévue sous l'église principale, qui, elle, est accessible depuis la place des Abbesses.

La séparation entre les deux espaces est réalisée par un plancher à double peau en béton armé qui prend en sous-face la forme d'une succession de voûtes surbaissées en béton armé. Dans la première des deux versions du projet⁵⁰⁹ portant la date de mars 1896, ces voûtes sont suspendues aux poutres évidées façon Vierendeel. La nef de l'église haute est couverte par des voûtes minces en béton armé, alors que la toiture a un profil courbe légèrement brisé, la charpente étant en béton armé. La deuxième variante du projet propose la suppression des baies vitrées sur les façades latérales, qui sont remplacées par des coupoles vitrées au-dessus de la nef, alors que la toiture est à deux versants. Du point de vue stylistique, le projet fait une synthèse d'éléments gothiques et classiques, affinés et adaptés à l'exécution en béton armé. Nous pouvons comparer les plans à des réalisations similaires où



65 Saint-Jean de Montmartre. Projet d'Édouard Bérard en système Hennebique, mars 1896.
CAAC. 76 IFA 278. SV-03-03-17-01/02.

⁵⁰⁹ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-12-1896-65188. 76 IFA 3534/4. Église Saint-Jean-de-Montmartre, Paris 18^e. 1896.

le procédé de moulage impose et permet à la fois la finesse, la répétition et la simplicité des éléments de décoration. L'église Sainte-Pauline du Vésinet, construite plus tard selon le système Bérard, nous donne un indice de l'aspect recherché. Aussi, les façades du projet non-réalisé pour Saint-Jean comportent des modénatures verticales et horizontales similaires à celles de Notre-Dame de Rungis.

Bérard et Hennebique perdent la commande car le cardinal Richard préfère Anatole de Baudot, alors inspecteur général des édifices diocésains bénéficiant d'une excellente réputation. La raison principale de son choix devrait toutefois être d'ordre économique. En effet, Bérard propose une décoration coûteuse, avec notamment deux clochers à corniches, pinacles et de nombreux anges sculptés.

Analyse architecturale sur l'évolution du projet

Anatole de Baudot dessine les plans de l'église Saint-Jean de Montmartre en parallèle avec ses projets manifestes présentés lors des salons d'exposition, qui illustrent sa recherche pour une mise en œuvre technique et esthétique adaptée au ciment armé. À travers les versions successives du projet pour l'église de Montmartre⁵¹⁰, la conception architecturale évolue vers la simplification des formes et la pureté du décor.

L'architecte découvre le potentiel du ciment armé au fur et à mesure que les travaux avancent. Sur ce chantier-laboratoire, il demande aux ouvriers de diminuer l'épaisseur des sections et d'améliorer certains détails du système Cottancin. En raison de la longue durée des travaux (sept ans), Anatole de Baudot dispose du recul nécessaire pour juger du comportement dans le temps du ciment armé et se questionner sur certains de ses choix. Ainsi, il change radicalement le projet dans un des aspects essentiels : le clocher-porche sur la place des Abbesses.

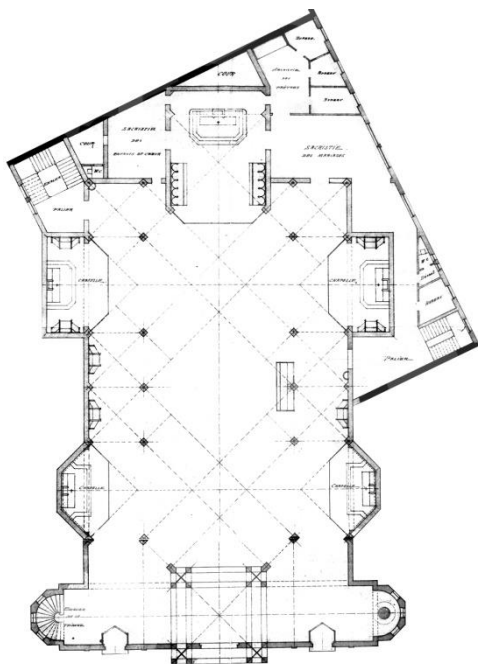
La première variante de projet dont nous disposons porte la date manuscrite de 1^{er} mai 1895⁵¹¹. Les directions générales de la composition architecturale contenues dans ce plan vont rester les mêmes jusqu'à l'achèvement des travaux. Quelques difficultés sont à surmonter, notamment l'intégration d'un édifice public à plan symétrique dans un périmètre irrégulier et abrupt.

En raison des différences d'altitude entre les extrémités du terrain et du caractère urbain existant, il est évident pour l'architecte que l'accès doit s'effectuer au niveau de la place, tandis qu'un étage inférieur peut être aménagé en bénéficiant d'un éclairage naturel. Le bâtiment est disposé sur la longueur de la parcelle, avec sa façade principale au nord et le chevet au sud, une disposition identique à celle proposée par Bérard.

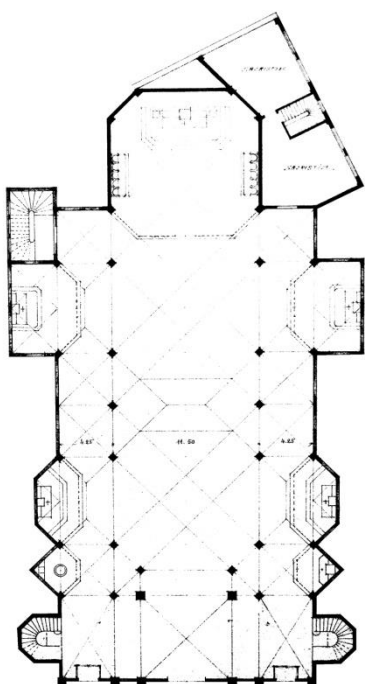
Afin de profiter d'une règle d'urbanisme qui permet une dispense d'autorisation de construire si le bâtiment est implanté à l'intérieur du terrain, l'église est en léger retrait par rapport à la voie publique.

⁵¹⁰ Les différents plans et courriers liés à la construction de cette église sont conservés aux AVP : cote VM 31-37, supplément 17 et cote Fi - Église Saint-Jean de Montmartre, à la MPP : série N° 0080/110 et aux archives de la paroisse Saint-Jean de Montmartre (sans cote).

⁵¹¹ MPP. N° 0080/110. Plans et relevés d'Anatole de Baudot (1834-1915).



66 Saint-Jean de Montmartre. Plan 1895.
MPP. N° 0080/110.



67 Saint-Jean de Montmartre. Plan 1900.
AVP. VM 31-37.

L'architecte et le maître d'œuvre souhaitent ainsi se mettre à l'abri d'un contrôle qui pourrait empêcher ou retarder les travaux de construction. Ils sont conscients que le projet peut paraître suspect devant l'administration, vu le caractère inédit de la structure en ciment armé, beaucoup plus svelte que celle d'une église traditionnelle.

Le plan est conçu de manière composite à partir du type basilical. Au centre, la grande nef d'environ 11 m de longueur sur 20 m de hauteur est bordée de deux bas-côtés de 4,5 m de largeur sur 6,5 m de hauteur. Sur la place des Abbesses, la tour-clocher centrale sur plan carré est positionnée en léger ressaut par rapport au plan de la façade, pour signaler un porche prolongé à l'intérieur. Le clocher repose sur quatre grands points d'appui, composés chacun de quatre colonnes carrées de la même section que celles de la nef et reliées en plan par des diagonales. En absence d'une élévation, il est difficile de savoir ce que l'architecte imagine à cet endroit, mais nous pouvons supposer qu'il s'agit du même système d'épines diagonales qui attachent les extrémités des planchers et voûtes au niveau supérieur des colonnes. Deux absidioles polygonales sont placées à gauche et à droite de la tour, en saillie sur les façades latérales. La première abrite l'escalier hélicoïdal balancé de la tribune à l'est, alors que la deuxième protège un baptistère de forme ronde, à l'ouest.

La nef centrale se développe sur cinq travées inégales, dont deux doubles à cause de la géométrie stricte du plan fondé sur le carré et sa diagonale. Quand ses coins sont coupés, le carré devient octogone irrégulier et nous identifions deux de ces figures qui se matérialisent sur le plan en deux grandes voûtes au-dessus du vaisseau central, au niveau des travées doubles (la première et la quatrième). Les intersections de diagonales issues de ces octogones fixent la position des colonnes carrées qui séparent les vaisseaux, ainsi que des « colonnes engagées » dans les murs extérieurs. Tous les points d'appui sont tournés à 45° par rapport à l'axe de l'édifice.

Plus étroit que la nef, le chœur dispose d'une profondeur accentuée par l'avancement dans l'église des murs latéraux qui le délimitent. Son chevet est plat pour laisser une courette triangulaire à l'arrière. Le maître autel est posé en légère avancée, de façon à laisser un passage de service entre la sacristie des enfants de chœur et la sacristie des mariages, en plus des deux ouvertures plus importantes devant l'autel.

Quatre chapelles avec des autels secondaires sont accessibles depuis les bas-côtés, dont deux vers l'entrée sur plan polygonal qui sont moins profondes, et deux près du chœur dans un faux-transept rectangulaire qui monte jusqu'à la naissance des voûtes mais est interrompu par une dalle au niveau des tribunes. La cage d'un grand escalier à trois volets sur plan carré est juxtaposée à la chapelle rectangulaire est pour assurer l'accès à la crypte. Il est délibérément imposant pour mettre en évidence que l'espace du sous-sol n'a pas un statut d'annexe. Les autres espaces de service sont placés vers le passage de l'Élysée des Beaux-Arts, dans un corps annexe en alignement sur la voie publique. Nous ne disposons pas des élévations et coupes de cette première version.

Dans les archives de la ville de Paris il existe une version modifiée du plan⁵¹², datée de 1900, qui doit pourtant être antérieure au début des travaux sur le niveau principal de l'église, car la construction ne respecte pas ces dessins. En ce qui concerne les dispositions générales, le plan n'est pas modifié. Toutefois, l'architecte change les dimensions du clocher, de même que la forme des piliers qui le soutiennent, désormais plus épais que les colonnes de la nef. Le retrait par rapport à la rue et la saillie du clocher dans la façade principale sont supprimés, alors que les absidioles latérales abritent désormais deux escaliers balancés identiques menant aux tribunes. Deux petites chapelles triangulaires sont introduites dans la première travée des bas-côtés, pour loger le baptistère à l'est et un autel à l'ouest. L'escalier descendant à la crypte est réduit. Ses trois volets sont supprimés en faveur des marches balancées, plus économiques en termes d'espace. Une modification plus importante, prise en considération pour l'exécution des travaux, porte sur l'élargissement du chœur, qui reçoit la même ampleur que le vaisseau central, ainsi qu'une voûte similaire sur plan octogonal. Dans cette deuxième version du projet, les « tracés régulateurs » que sont les diagonales donnent au plan un caractère plus clair et plus cohérent.

Une modification notable est réalisée dans la technique constructive, où les murs extérieurs deviennent moins massifs grâce au procédé de brique armée en double paroi imaginé par Anatole de Baudot. La première cloison est en brique de 7 cm, séparée par un vide de la deuxième cloison en brique de 11 cm. Les briques sont percées de trois ou quatre trous traversés de fils de fer verticaux. Sur la direction horizontale, les armatures sont posées au niveau des joints de maçonnerie. L'ensemble des murs à double paroi est conçu pour cacher l'ossature porteuse en ciment armé et la remplir en même temps.

⁵¹² AVP. Fonds Saint Jean-de-Montmartre VM 31-37, supplément 17.



68 Perspective du clocher, 1900.
AVP. VM 31-37.



69 Perspective intérieure, 1900.
AVP. VM 31-37.

Cette version est complétée par des coupes et perspectives illustrant l'espace intérieur et les motifs décoratifs peints imaginés par l'architecte. Il suggère un chemin de la croix peint sur les voûtes juste au-dessus des tribunes et une accentuation par la couleur de toutes les arêtes, alors que les champs sont décorés de motifs ponctuels répétitifs.

Un dessin en perspective montre la façade vers la place des Abbesses, très vitrée et richement décorée⁵¹³. Nous constatons une composition pyramidale sur plusieurs registres verticaux, correspondant aux escaliers latéraux inclus dans les absidioles, aux bas-côtés et à la tour-clocher centrale. Cette dernière abrite à son niveau inférieur le portail principal composé selon le modèle traditionnel avec un tympan en bas-relief, surmonté d'une ogive, puis d'un niveau vitré avec des meneaux en ogives entrecroisées, suivi d'une rosace carrée qui circonscrit un cadre circulaire. Le niveau supérieur est occupé par les cloches, dans un espace ouvert entouré de colonnes soutenant des arcades en ogive surbaissée et une toiture pyramidale bombée en ciment armé apparent. La perspective d'intérieur est comparable au projet réalisé, mais le décor peint en est beaucoup plus riche.

La couleur est très présente dans la représentation des coupes, sous forme de peinture soulignant la structure. Les surfaces des murs et des voûtes sont remplies de motifs vaguement inspirés du Moyen Âge faisant penser à l'art-nouveau ou aux décors du château de Pierrefonds. En comparant ce projet avec les images prises peu après l'inauguration en 1905, nous constatons que la lisibilité des volumes et des formes finit par s'imposer au détriment de cette décoration surchargée.

Les sérieuses réserves émises par le Conseil des Travaux de l'Architecture concernant le projet d'Anatole de Baudot doivent avoir un poids important dans les modifications sur le clocher de l'église et la façade sur la place des

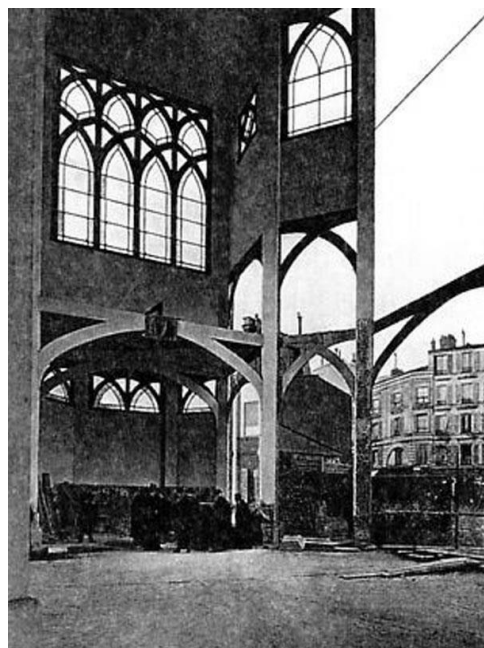
⁵¹³ MPP. N° 0080/110. Plans et relevés d'Anatole de Baudot (1834-1915).

Abbesses⁵¹⁴. Une version intermédiaire non datée, mais probablement postérieure à 1899, fait état d'hésitations ou de négociations sur cette partie de l'église⁵¹⁵.

La construction alors existante est représentée en noir, tandis que la proposition de façade et clocher est dessinée en rouge. Les deux absidioles disparaissent et les deux escaliers menant aux tribunes sont adossés aux murs extérieurs correspondant aux collatéraux. Deux vestibules s'ajoutent sur les côtés, en saillie par rapport à la façade. Le porche bénéficie de plus de profondeur grâce à un ressaut de ses murs latéraux. En parallèle, la tour centrale est diminuée en hauteur, les arcades situées au niveau du clocher ouvert sont désormais trilobées et la pyramide bombée perd en importance. Pourtant, la riche décoration de la façade est conservée.

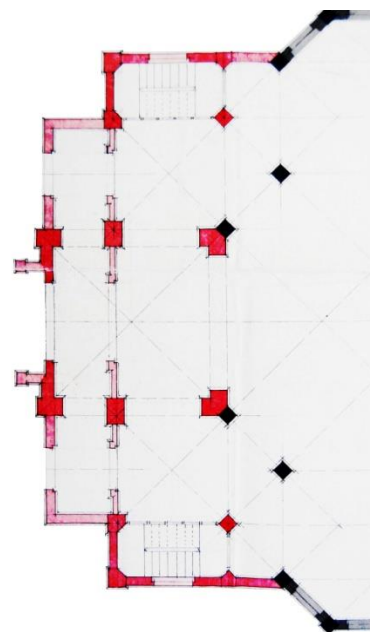
Le projet définitif est organisé autour de deux grands espaces accessibles à des niveaux différents : l'église depuis la place des Abbesses et la crypte depuis le passage de l'Elysée des Beaux-Arts. Trois escaliers hélicoïdaux à noyau creux sont prévus, deux petits, logés dans les tours du clocher et un troisième plus monumental, accessible depuis le bas-côté est. Ces escaliers en ciment armé représentent de véritables performances techniques.

Le grand escalier à noyau creux reliant l'église haute et la crypte, qui avait déjà une importance particulière dans les plans préliminaires, est un rare exemple dans son genre⁵¹⁶. Sa conception témoigne du travail de restaurateur de monuments historiques d'Anatole de Baudot qui connaît directement l'exemple du château de Blois, entre autres. Cette activité lui permet d'utiliser des références anciennes selon une interprétation personnelle.



70 Photographie illustrant probablement l'inspection du Conseil des travaux de l'architecture sur le chantier de Saint-Jean de Montmartre, été 1900.

G. Delhumeau. *L'invention du béton armé*.



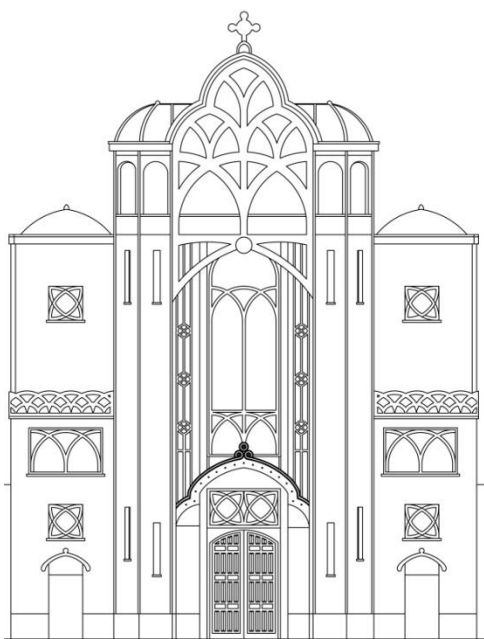
71 Plan du clocher et de la façade sur la place des Abbesses (1899-1900).

AVP. Fi, supp. 17.

⁵¹⁴ Le Conseil s'inquiète de l'extrême économie de matière dans un édifice dont il ne trouve pas d'équivalent, en jugeant qu'il est impossible de considérer l'état apparent d'équilibre comme durable et sûr. TRÉLAT Émile, VAUDREMER Émile, TRAIN Eugène. Rapport du Conseil d'Architecture. Saint-Jean de Montmartre, 15 août 1900, 12 p. AVP, VM 31-37.

⁵¹⁵ AVP. Cote Fi - Église Saint-Jean de Montmartre.

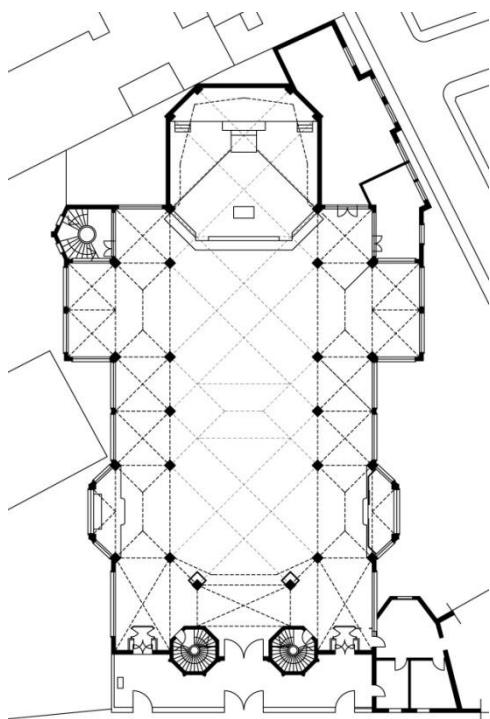
⁵¹⁶ Jacques Barge construira plus tard un escalier à vis à noyau creux à l'intérieur du clocher de l'église Sainte-Odile à Paris, mais sans la même finesse constructive.



72 Élévation place des Abbesses.
Relevé et dessin : l'auteur.

Dans le projet final, la tour s'élève sur les cages des deux escaliers mentionnés ci-dessus, qui montent aussi aux tribunes et au clocher ouvert. La composition est inspirée du motif des tours doubles des cathédrales médiévales, mais avec un résultat visuel différent à cause de l'intervention des éléments de facture mauresque et art-nouveau. En essayant de garder l'idée d'un accent vertical central, les deux tours surmontent le porche, en abritant entre elles une grande baie donnant sur la tribune de l'orgue. En partie supérieure, elles se réunissent pour créer la plateforme du clocher, surmontée d'un entrecroisement d'ogives ajourées qui se développent selon une composition pyramidale pour achever la façade.

Ce tympan ajouré qui domine la façade contribue beaucoup à l'unité de la composition de l'élévation. Les volumes latéraux, correspondant aux bas-côtés et aux tribunes, expriment avec sincérité la dimension de l'espace intérieur. En plus, l'architecte renonce à les couvrir avec des toitures surbaissées comme dans les variantes antérieures et met en place une simple terrasse protégée par des garde-corps. Pour le reste, la façade respecte la disposition traditionnelle d'accès par un portail principal central, pour les grandes cérémonies et deux portails secondaires latéraux, pour l'usage quotidien. Le décor très riche est abandonné en faveur de pastilles en grès céramique posés dans le ciment armé, subordonnées visuellement à la surface dominante en brique apparente.



73 Plan de l'église principale.
Relevé et dessin : l'auteur.

Joseph Abram estime que l'intérêt majeur de l'église de Montmartre vient du dimensionnement exceptionnel des éléments⁵¹⁷. En effet, Anatole de Baudot conçoit l'espace intérieur en fonction des proportions. Ainsi, la nef centrale est construite en base d'un rapport de 1/2 entre largeur et hauteur, une proportion harmonieuse qui ne se retrouve pas dans les exemples médiévaux sur lesquels l'architecte travaille en tant que restaurateur, qui vont de 1/3 à 1/4. Les bas-côtés ont les mêmes proportions, moins évidentes à cause des épines en arc de cercle transversales. En ce qui

⁵¹⁷ ABRAM Joseph. Dénueement et splendeur du béton. Conf. Cit.

concerne le plan, le rapport largeur/longueur est de 1/3 au niveau de la nef. L'aspect de l'intérieur est tributaire du système structurel, créant l'impression de légèreté grâce aux faibles dimensions des colonnes et des épines-cadre soutenant les planchers en ciment armé. Une référence gothique font les arcs entrecroisés, motif utilisé sur les voûtes, sur les baies vitrées et les garde-corps. Ce thème préoccupe beaucoup l'architecte dans ses croquis contemporains et ultérieurs.

Dans la crypte, le caractère très empirique de la démarche constructive est assez présent. Parmi les nombreuses épines présentes en-dessous du plancher de la crypte, un certain nombre d'entre elles sont inutiles du point de vue structurel. Des erreurs de raccord ou d'autres défauts purement visuels sont visibles à un examen plus attentif. Pour autant, l'espace de la crypte possède des qualités indéniables : un accès séparé depuis l'extérieur tout en conservant la communication avec l'église haute et le presbytère, un éclairage naturel de deux côtés, des proportions exceptionnelles pour une pièce de ce type, notamment la hauteur sous plafond. Dans les exemples parisiens postérieurs, comme Saint-Christophe-de-Javel ou Saint-Pierre-de-Chailot, les cryptes sont très basses de plafond, créant un effet d'écrasement de l'espace. Aussi sur le reste du territoire, les cryptes des églises en béton armé d'avant 1940 n'ont pas cette importance architecturale.

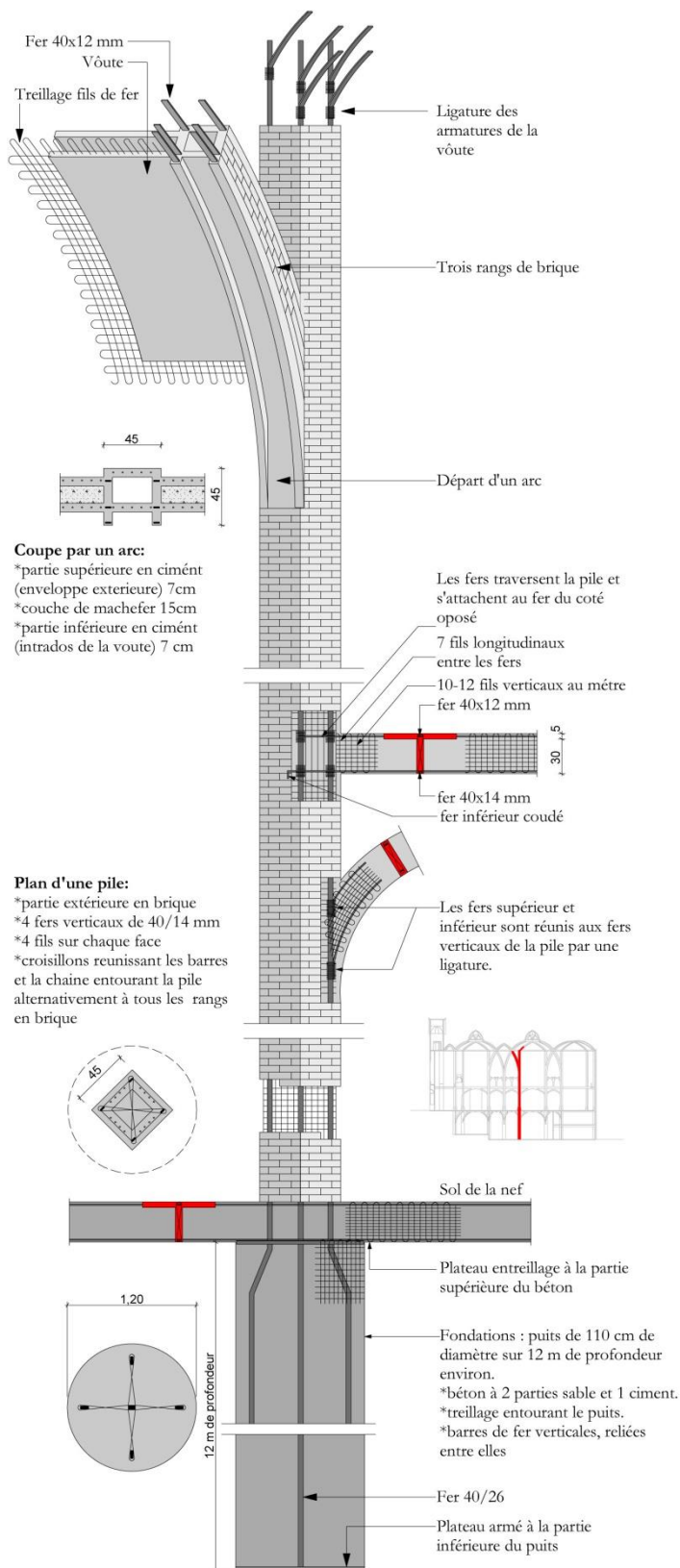
Système constructif

Anatole de Baudot met en œuvre une méthode constructive suffisamment flexible pour lui permettre une interprétation personnelle. Le dimensionnement des éléments porteurs dans le système Cottancin s'approche de celui d'une charpente métallique, et de ce point de vue nous pouvons comparer ce projet en ciment armé avec l'église en métal Notre-Dame-du-Travail⁵¹⁸, construite par Jules Astruc entre 1897 et 1902.

L'édifice repose sur des fondations de type pile en béton armé à 12 m de profondeur, afin de remédier au caractère instable du sol, en forte pente et détérioré par les exploitations de gypse à ciel ouvert. La superstructure est constituée d'une ossature de poteaux composites en béton- briques armées et poutres en ciment armé (épines).

Recouvertes d'une épaisse couche de plâtre, les colonnes qui constituent les supports centraux des tribunes et voûtes ont une section carrée de 44 cm, alors que les piliers périphériques sont intégrés à l'enveloppe extérieure. Les murs extérieurs sont constitués de deux parois de briques armées séparées par un vide voulu isolant, une méthode déjà expérimentée par l'architecte sur sa maison 1 rue de Pomereu. Ces cloisons assez hautes et maigres en épaisseur sont stabilisées par ce ferrailage, qui leur donne aussi un rôle de contreventement.

⁵¹⁸ ABRAM Joseph. Dénouement et splendeur du béton. Conf. Cit., min. 25.



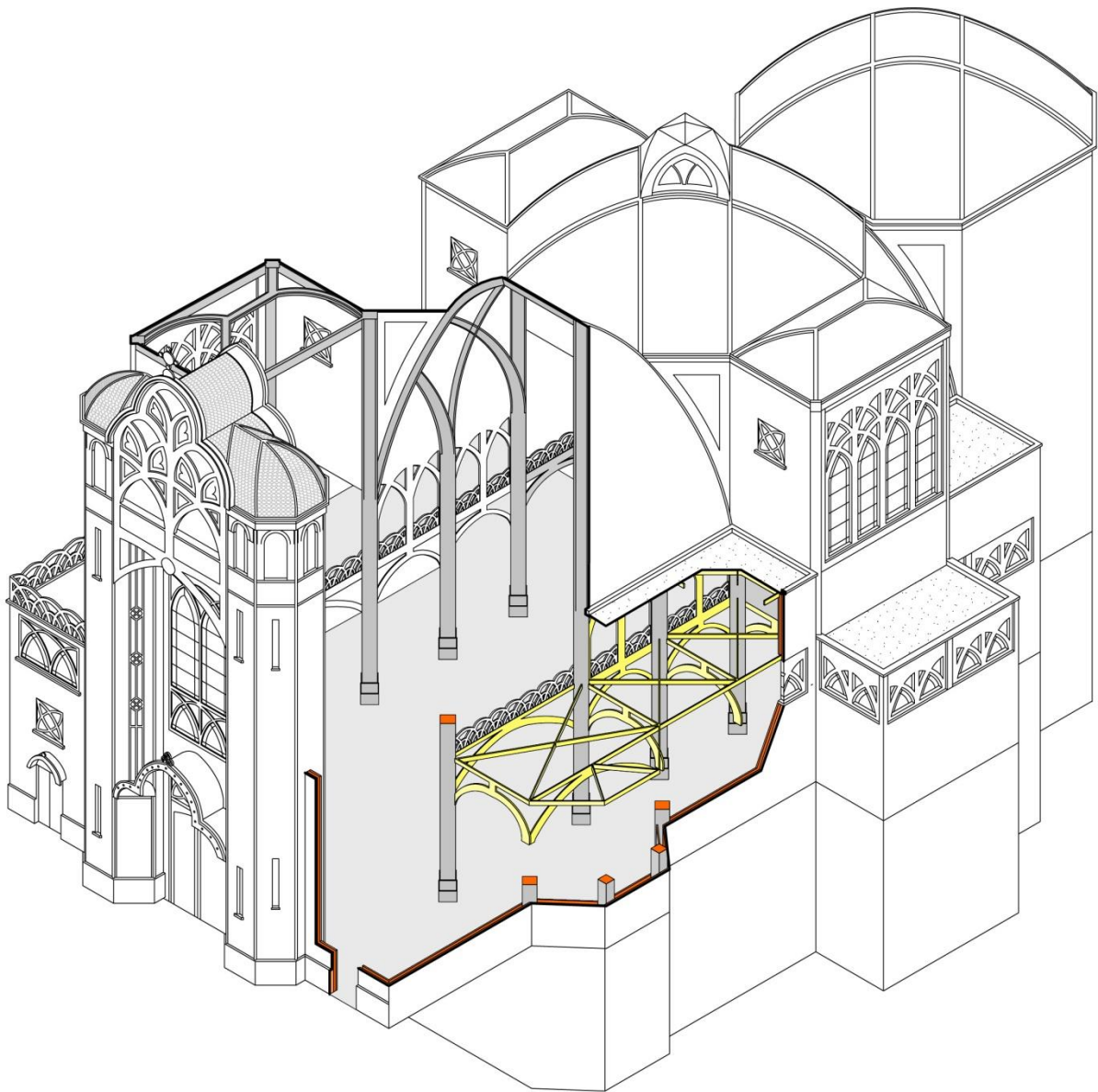
74 Schéma constructif. Les explications sont celles d'Anatole de Baudot. Dessin : l'auteur, d'après l'original d'Anatole de Baudot. MPP. N° 0080/110

Construites en ciment armé sur une armature en fils de fer de diamètre 4 mm tissés, les dalles rectangulaires de 6 cm d'épaisseur sont soutenues sur le périmètre par des épines-cadre, contreventées à leur tour sur les deux diagonales par des épines-contrefort.

La technique du ciment armé est regardée par son inventeur comme une amélioration de la charpente métallique, une vision reprise plus tard par Charles-Henri Besnard. Par conséquent, Cottancin voit davantage dans son système le travail du métal protégé indéfiniment par le ciment que l'association des deux matériaux ayant des vertus statiques complémentaires : résistance à la traction pour le métal et résistance à la compression pour le ciment. Toutefois, la charpente métallique a un caractère isostatique, car la mobilité des pièces est supprimée une seule fois, alors que le ciment ou béton armé fonctionne généralement en hyperstatisme, où le degré de mobilité des pièces est supprimé plusieurs fois. Cela signifie que dans le premier cas, il suffit d'éliminer une seule contrainte physique (fixation) pour provoquer le déplacement de la pièce, voire son effondrement, tandis que dans le deuxième il faut supprimer plusieurs contraintes avant d'arriver au même résultat. De ce point de vue, nous pouvons remarquer les précautions inutiles prises par Cottancin sur les contreventements qui ont comme effet, en revanche, de réduire les sections.

Sur les voûtes de l'église, les constructeurs mettent en place deux coques de 7 cm d'épaisseur en ciment armé, renforcées par des nervures en brique armée qui prennent naissance au niveau supérieur des colonnes, comme des ramifications⁵¹⁹.

Une couche de mâchefer est posée entre les deux voûtes pour des raisons d'isolation thermique, alors que leurs faces externes sont traitées différemment. Si l'intrados est recouvert de plâtre peint comme le reste des planchers, l'extrados est traité avec un motif d'écailles imprégnées dans le mortier de ciment frais afin de former une couverture d'aspect soigné et traditionnel. L'architecte a une idée assez précise du rôle décoratif des couvertures en ciment brut, qu'il démontre dans ses autres projets, comme celui pour le théâtre de Tulle.



75 Saint-Jean de Montmartre. Axonométrie sectionnée schématisée.
Dessin : l'auteur.

⁵¹⁹ LAMPARIELLO Beatrice. Cells and Epines-Contreforts for a New Kind of Vaulted Roofing : the Church of Saint-Jean-de-Montmartre in Paris. In : *Studies in the History of Services and Construction. The proceedings of the Fifth Conference of the Construction History Society*. Cambridge : Queens' College, 2018, p. 363.

Le rôle de la décoration dans l'architecture de Saint-Jean de Montmartre

Cette église ne peut être entièrement comprise sans la décoration qui participe de sa conception architecturale. Anatole de Baudot confie à Alexandre Bigot la réalisation des pastilles en grès céramique qui décorent la façade nord et l'intégralité des garde-corps, extérieurs et intérieurs. Le céramiste collabore à la même époque avec Jules Lavirotte sur l'immeuble 29 avenue Rapp, où est utilisé le même système Cottancin. Comme ce dernier dépose en 1901 un brevet avec Bigot⁵²⁰, nous pouvons présumer de la volonté commune d'une collaboration durable. En plus, Bigot est présent sur d'autres chantiers utilisant le béton armé, comme l'immeuble Hennebique, 1 rue Danton, ou l'immeuble 5 rue Franklin.

Les pièces produites par le céramiste pour Saint-Jean de Montmartre sont de trois types, tous émaillés et flammés. Il s'agit en premier lieu d'une majorité de petites pastilles rondes en trois tons différents (turquoise, saphir et beige) qui décorent les façades et les garde-corps. Des pastilles d'un diamètre plus important et dans les mêmes couleurs sont utilisées comme accents sur la façade. Enfin, le dernier type est un triangle décoré d'un trèfle. Ces pièces triangulaires ne se retrouvent que sur l'encadrement du portail principal où les pastilles rondes sont disposées selon un motif évoquant l'importance de la diagonale dans la composition du plan. Le portail est, d'ailleurs, l'endroit le plus élaboré du point de vue décoratif.

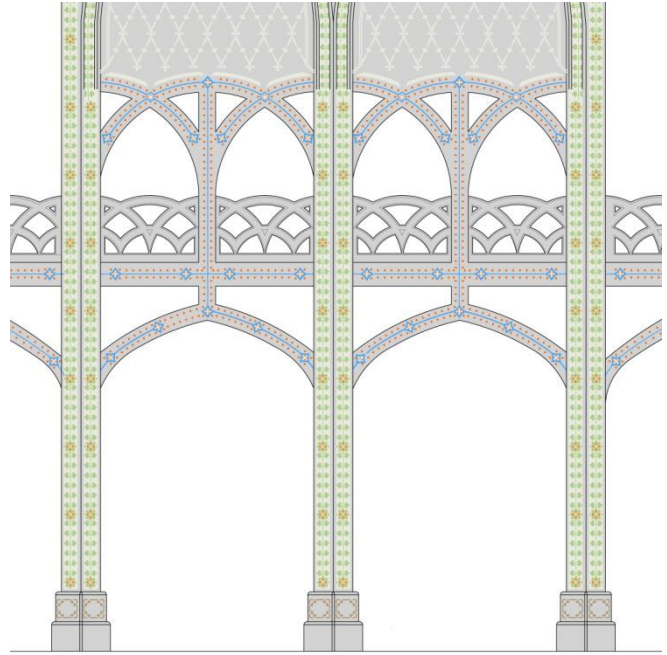
Les œuvres d'art sont réalisées en trois étapes. Dans un premier temps, les peintres Paul Sieffert (1874-1957) et Henri Rousseau (1875-1933) réalisent une toile marouflée représentant Saint Vincent Ferrier, patron des travailleurs de la construction, au centre d'un groupe d'enfants. Si le saint a vécu au Moyen Âge, les personnages sont habillés selon la mode contemporaine, car l'œuvre s'adresse aux habitants du quartier. L'enfant riche à col fraise est placé en premier plan, mais regarde ailleurs, alors que les enfants pauvres, aux bérêts ouvriers ou chapeaux paysans, écoutent attentivement le saint. Par son message social, cette œuvre anticipe la volonté des Chantiers du Cardinal d'évangéliser les populations ouvrières de la banlieue.

Pierre Roche (1855-1922) réalise les sculptures qui décorent le portail. À gauche et à droite, deux anges art-nouveau prennent la forme d'enfants souriants, les mains réunies en attitude de prière et le regard tourné vers le tympan, où est situé saint Jean l'évangéliste. L'artiste insiste sur la dynamique des deux personnages, soulignée par la vigueur des ailes et des cheveux mouvementés. En revanche, saint Jean, qui occupe le centre de la composition sculpturale, a une attitude statique et sans expression. Représenté en buste, le personnage sort d'une fenêtre rhomboïdale avec les côtés bombés, similaire aux ouvertures issues de l'intersection d'ogives mises en place par l'architecte. Sous un visage de jeune garçon avec des cheveux bouclés en désordre, le saint regarde en bas, vers l'entrée⁵²¹.

⁵²⁰ COTTANCIN Paul, BIGOT Alexandre. Brevet cité.

⁵²¹ En référence au serpent en bronze mis sur une perche par Moïse pour que les israélites mordus par les serpents brûlants le regardent et soient guéris : *Nombres*, 21 : 6-9.

L'intérieur de l'église est entièrement peint au pochoir. Le fond général est un gris clair, couvert de larges bandes vert clair au long des colonnes et nervures des voûtes, sur lesquelles une troisième couche de motifs végétaux est appliquée. Il s'agit de feuilles de vigne géométrisées, qui se rangent de part et d'autre d'une branche centrale, interrompue par endroits par des motifs en étoile octogonale inscrivant la croix composée de triangles. Sur les épines soutenant les planchers, ainsi que sur les arcs au niveau des collatéraux, le fond gris est couvert de motifs triangulaires de teinte orange, rangés face à face au long d'une ligne centrale bleue.



76 Décor peint sur deux travées de la nef. Dessin : l'auteur.

Cette dernière s'arrête à une certaine cadence sur des losanges à côtés concaves, à l'intérieur desquels se trouve le motif de la croix. La composition bleu-orange monte sur les arcs des tribunes seulement au niveau des deux travées centrales de l'église. Sur l'intrados des voûtes, la trame est monochrome, composée de traits et croix dessinant des losanges. La peinture décorative est ainsi en cohérence avec la conception générale du plan, fondée sur des diagonales. En revanche, la crasse accumulée altère beaucoup l'aspect d'origine et l'ambiance de l'église, qui paraît actuellement très sombre.

Un seul grand vitrail est installé au moment de l'inauguration de l'église. Réalisé par les frères Tournel sur la grande baie du chevet, il représente la scène de la crucifixion dans une dominante bleue. Tel est l'état de la décoration avant l'arrivée du deuxième curé en 1913. Edmond Loutil (1863-1959) est ordonné prêtre en 1888 et commence son activité à Clichy-la-Garenne. Vicaire à Saint-Roch en 1896, puis second vicaire à Saint-Pierre-de-Chailot en 1906, il s'intéresse à la propagation de la foi avec les moyens de communication de masse disponibles, notamment les journaux. Ainsi, il écrit à partir de 1890 dans les pages de *La Croix* sous le pseudonyme Pierre l'Ermite, qu'il utilise aussi pour ses nombreux romans, populaires à l'époque⁵²². Son activité à Saint-Jean de Montmartre se poursuit jusqu'en 1919, quand il est nommé curé de Saint-François-de-Sales. Dans cette position il sera chargé de la construction de la nouvelle église en béton armé Sainte-Odile.

Proche du milieu littéraire et artistique, le nouveau curé fait appel à des artistes qui savent s'adresser aux classes populaires par leur art. Ainsi, il confie à Alfred Plauzeau (1875-1918) la réalisation des deux grandes scènes ornant le chœur, représentant la dernière cène et les noces de Cana. Plauzeau est alors un spécialiste des scènes rurales du pays poitevin, dans la tradition réaliste de Corot. Les deux

⁵²² PONCELET Yves. *Pierre l'Ermite (1863-1959) : prêtre journaliste à « La Croix » et romancier : présence catholique à la culture de masse*. Paris : Cerf, 2011, 663 p.

œuvres qu'il réalise à Saint-Jean tentent de placer les événements dans leur contexte, selon une représentation caractéristique de la vision romantique orientaliste. « La dernière cène » est une composition pyramidale au sommet de laquelle se trouve le Christ debout. Au-dessus de la scène, une fenêtre reprend à l'identique le dessin de celles de l'église. Une ambiguïté s'installe, donnant l'impression que l'évènement a lieu dans l'église-même. « Les noces de Cana » illustrent le moment où Jésus demande que les jarres soient remplies d'eau pour la transformer en vin. Comme dans la scène précédente, la lumière dessine un V renforcé par la composition et les positions des personnages. Cette toile est finalisée par Pascal Blanchard après la mort précoce de Plauzeau en 1918, mobilisé pendant la Première Guerre mondiale.



77 Une veuve de guerre devant l'œuvre d'Eugène Thiery représentant la Vierge Marie.
Gravure de Bernard de Guinhald.
Bulletin paroissial *L'Aigle de Saint-Jean*, s.d. (entre 1914-1918).
Archives de la paroisse Saint-Jean de Montmartre.

font référence aux événements contemporains. Les saints sont assis sur des trônes au sommet des deux compositions pyramidales, alors que tous les personnages qui leur rendent hommage forment une allégorie humaine du quartier de Montmartre. Nous reconnaissons l'artisan, le violoniste, le peintre, le jeune bourgeois, le père et la mère de famille avec leurs enfants etc. L'uniforme bleu horizon d'un poilu accompagné de son épouse donne la couleur dominante sur l'œuvre représentant Marie, ce qui renforce le lien avec l'actualité. Enfin, le décor architectural de fond est classique, mais la précision du dessin est moins poussée que sur le chemin de croix.

Eugène Thiery (1875-1961) réalise quatre scènes du chemin de croix, dans des cadres horizontaux surmontés d'arc surbaissés, ainsi que deux peintures dans les chapelles latérales, composées à l'intérieur d'arcs en plein cintre. Originaire de Rethel dans les Ardennes, il est particulièrement affecté par la guerre qui tue ses deux parents en 1914⁵²³. Le style de Thiery est à l'opposé de Plauzeau. Avec des limites précises, un contraste favorisant la lecture visuelle et une ambiance généralement sévère et statique, son art s'approche de la peinture académique.

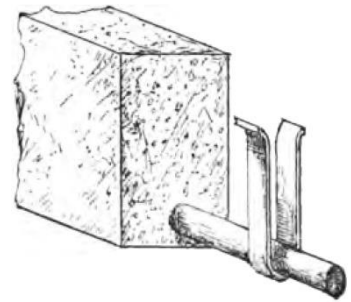
Les quatre scènes du chemin de croix sont installées sur les murs des collatéraux, au niveau des deux travées centrales. Elles sont insérées dans des cadres peints, conçus comme un décor architectural prolongé en bas avec un rideau en trompe l'œil.

Deux toiles marouflées sont peintes par Thiery dans les grandes chapelles latérales. Représentant Joseph, patron des travailleurs et Marie, consolatrice des affligés, elles

⁵²³ BEIGAS Sandrine. Rethel brûle et c'est toute son âme qui disparaît avec elle. In : *L'Union*, 31 août 2014. URL : <https://www.lunion.fr/art/region/rethel-brule-et-c-est-toute-son-ame-qui-disparait-avec-elle-ia3b25n399669> (Consulté le 10 août 2023).

3.3 Béton armé système Hennebique

Le cabinet créé par François Hennebique autour de son système de béton armé est un prédécesseur des bureaux d'études structure actuels. Hennebique comprend que ce matériau a besoin d'une connaissance in situ, car le gravier, le sable et le ciment doivent être trouvés sur place pour que les prix soient compétitifs. Les réalisations du réseau Hennebique sont présentées dans les pages de la revue *Le Béton armé*, publication destinée aux concessionnaires et agents du système Hennebique avec un message partisan, mais riche et utile en contenu. Mis à part les aspects purement techniques qui occupent une grande partie de l'espace éditorial, des articles polémiques portant sur l'architecture contemporaine et l'emploi du béton armé nous offrent aujourd'hui une perspective sur la place envisagée alors pour ce matériau. Il ne s'agit pas exclusivement de constructions industrielles ou d'ouvrages d'art, car la revue porte aussi le débat sur l'utilisation du béton armé dans l'architecture urbaine et monumentale.



78 Armature d'une poutre Hennebique. Berger, Guillaume. *Le ciment armé et ses applications*.

Caractéristiques du système Hennebique

Dans le système Hennebique, les armatures soumises à la tension sont de section ronde et lisse. Pour les dalles et les poutres, le ferrailage principal est constitué d'une série de barres droites situées en partie inférieure pour reprendre la traction. Afin de supprimer le moment fléchissant négatif au niveau des encastresments, des barres locales situées en partie haute sont prévues à ces endroits. Elles se plient à proximité des appuis et rejoignent les barres inférieures. La pièce-clé du système est l'étrier, un fer plat plié autour du fer soumis à la tension qui remonte dans la section de l'élément jusqu'à la partie comprimée. Ces pièces répondent à l'effort tranchant et se répartissent sur la longueur de la dalle selon le diagramme correspondant, avec une densité qui baisse vers le milieu, où l'effort est nul. La section généralement réservée aux poteaux est rectangulaire, avec une armature constituée de barres en fer rond lisse reliées par des fers plats. Au niveau du point d'encastrement avec les poutres, un renforcement en forme d'évasement est prévu pour réduire l'effort induit par le moment négatif, ce qui crée un quasi-chapiteau caractéristique du système. Le dosage du ciment est de 300 kg pour une tonne de béton fabriqué manuellement et 250 kg pour un béton réalisé en malaxeur⁵²⁴.

Le chantier de l'immeuble Hennebique 1 rue Danton est présenté par Pascal Forthuny dans les pages de la revue comme un événement dans le paysage parisien qui suscite l'hostilité de ceux qui ne comprennent pas le système constructif ou l'esthétique employés par l'architecte Édouard Arnaud⁵²⁵. L'auteur parle de la certitude mathématique sur laquelle la construction est fondée, en invoquant tous

⁵²⁴ CHRISTOPHE Paul. Le béton armé et ses applications. In : *Le Béton armé*, N° 23, avril 1900, p. 2.

⁵²⁵ FORTHUNY Pascal. Le béton armé rue Danton. In : *Le Béton armé*, N° 36, 1901, pp. 1-3.

les arguments scientifiques applicables au béton armé à cette époque : lois déterminées de fonctionnement, vérification par calcul, élimination du hasard. Mais il insiste surtout sur l'esthétique liée à l'emploi du béton armé en façade. Pour compenser la faible épaisseur des murs, l'architecte compose autour des oriels, en soulignant tout ce qui est exploitable en volume : corniches, loggias, couronnements. Il cherche à retrouver le rythme et la modénature des styles historiques, car même un pionnier comme Hennebique n'est pas encore prêt à adopter un nouveau type d'esthétique propre au béton armé. Forthuny exprime sa déception, en considérant que les architectes ne devraient pas copier les motifs anciens, mais faire exécuter de nouveaux ornements en béton moulé.

Édouard Arnaud répond à cet article dans le même numéro de la revue⁵²⁶. « La critique est aisée, mais l'art est difficile » estime-t-il, tout en étant d'accord sur le fait que le nouveau matériau doit trouver sa propre expression formelle. Pourtant, l'esthétique du béton armé est vague à cause de la multitude de systèmes différents, chacun avec sa propre logique, mais aussi de sa vocation de remplaçant du bois, de la pierre ou du fer, dont il copie les formes. On ne peut pas laisser le béton apparent à cause des imperfections de coffrage et de la pluie, il est donc nécessaire de l'habiller. Pour Arnaud, le béton est plus un procédé qu'un matériau et il a un caractère trop générique pour disposer d'une physionomie propre. L'architecte expose son expérience de chantier sur les façades de l'immeuble avec le regret de ne pas avoir laissé le béton brut de décoffrage repiqué pour l'accrochage de l'enduit, un effet qu'il trouve très original. En effet, il a dû renoncer à cette idée par crainte de « gaffe » devant son client.

3.3.1 La rivalité avec le système Cottancin

Entre Paul Cottancin et François Hennebique il existe une rivalité pendant une décennie, celle-ci ayant pour enjeu la propagation commerciale de leurs systèmes de construction en ciment/béton armé. En tant qu'entrepreneur, Cottancin gère seul ses chantiers et fait appel à son intuition constructive sans aucun calcul. Hennebique renonce à cette activité pour se consacrer à l'étude technique dans le cadre d'un réseau de concessionnaires qui utilisent son système et l'indemnisent avec un pourcentage du montant des travaux. Les deux se disputent des chantiers à forte visibilité comme celui de l'église Saint-Jean de Montmartre, dont la perte par Hennebique doit accroître la rivalité. En juillet 1895, Anatole de Baudot invite Cottancin à présenter son système devant les membres de l'Union syndicale des architectes français⁵²⁷. Invité à nouveau quelques mois plus tard, il devient la cible de questions techniques des partisans du système Hennebique, qui le mettent délibérément en difficulté⁵²⁸.

Paul Cottancin envoie en 1896 une lettre à la revue *L'Architecture*⁵²⁹, dans laquelle il prétend que son brevet (1889) est antérieur à celui de Hennebique (1892), qui de plus aurait été défectueux et a dû

⁵²⁶ ARNAUD Édouard. Réponse de M. Arnaud. In : *Le Béton armé*, N° 36, 1901, pp. 3-5.

⁵²⁷ Publiée dans : COTTANCIN Paul. Les travaux en ciment avec ossature métallique. Art. Cit.

⁵²⁸ CAAC. 110 IFA. Archives de l'USAF. Procès-verbal de la séance sociale du 21 décembre 1895 ; DELHUMEAU Gwénaél. *L'invention du béton armé Hennebique 1890-1914*. Op Cit., pp. 245-247.

⁵²⁹ Les travaux en ciment armé - Correspondance. In : *L'Architecture*, N° 40, 1896, pp. 299-300.

donc être remplacé par un deuxième brevet (1893), qui lui permettrait enfin de réaliser des travaux. L'utilisation du système Cottancin sous l'autorité d'Anatole de Baudot et le fait que ce dernier l'enseigne à l'école de Chaillot sont les arguments suprêmes employés par l'ingénieur. Cottancin parle d'une expérience menée par le ministère de la guerre pour comparer son système à ceux de Monier et de Hennebique, sur la base d'une même quantité de fer, sable et ciment. Le résultat invoqué montre une capacité de 10 tonnes à la rupture pour le système Hennebique, de 12 tonnes pour le système Monier et de 20 tonnes pour le système Cottancin. Ce dernier ne manque pas l'occasion de mettre en avant la souplesse de ses sections, la possibilité d'exécuter des courbes et le côté hybride du système :

« Les systèmes P. Cottancin, les seuls n'utilisant pas l'adhérence, sont aussi les seuls pouvant remplacer le ciment par un corps quelconque travaillant bien seulement à la compression, comme la brique, la terre cuite, la faïence, le grès, le verre, etc., ce qui permet de varier à l'infini les combinaisons de matériaux et d'obtenir les effets décoratifs irréalisables avec le ciment seul. »⁵³⁰

Hennebique répond dans le numéro suivant, en essayant de ridiculiser Cottancin sur la base des chiffres qu'il avait publiés auparavant, montrant une différence de résistance de quatre-vingt fois entre les deux systèmes, alors que maintenant il invoque une différence de seulement trois fois⁵³¹.

Entre 1898-1902, un procès a lieu entre les deux pionniers. Cottancin demande la nullité du brevet Hennebique et la condamnation de ce dernier pour concurrence déloyale et dénigrement. En effet, il invoque les travaux d'Ernest Ransome et de Peter H. Jackson aux États-Unis comme analogues et antérieures à ceux de Hennebique en ce qui concerne l'étrier⁵³². Subséquemment, Cottancin se considère calomnié par Hennebique et demande 25.000 francs de dommages et intérêts, somme égale à celle demandée par ce son adversaire dans la demande reconventionnelle et pour les mêmes raisons.

L'article du *Béton armé* qui retrace ce contentieux fait d'abord un bref rappel sur l'invention du béton armé par un « constructeur français » vers 1860, qui l'emploie pour des conduits et réservoirs, mais sans aucune règle⁵³³. Il s'agit de Joseph Monier, mais son nom n'est pas cité. Ensuite, Hennebique est mis en avant comme celui qui trouve une méthode mathématique d'utilisation du béton armé et invente l'étrier, une « révolution dans l'art de la construction ». Le texte prend un ton publicitaire en évoquant les bénéfices de ce système, les prix obtenus et l'enthousiasme des constructeurs devant son potentiel.

Lors de la séance du 24 décembre 1900, Cottancin est représenté par l'avocat Lucien Jullemier, auteur des ouvrages sur le droit de la chasse, alors que Hennebique est assisté par Eugène Pouillet, auteur d'un traité sur les brevets et la contrefaçon⁵³⁴ et grand spécialiste du droit de propriété intellectuelle. Dans son jugement, le Tribunal de la Seine statue d'abord que la date du brevet de Hennebique sur

⁵³⁰ Idem, p. 300.

⁵³¹ Les travaux en ciment armé. In : *L'Architecture*, N° 42, 1896, pp. 313-314

⁵³² Idem, p. 2. Le Tribunal mentionne Ramson (sic) et Jackson.

⁵³³ Le béton armé au Tribunal civil. In : *Le Béton armé*, N° 32, 1901, pp. 1-4.

⁵³⁴ POUILLET Eugène. *Traité théorique et pratique des brevets d'invention et de la contrefaçon*. Paris : Marchal et Billard, 1879, 856 p.

l'étrier est le 9 février 1892, quand il est pris en Belgique, et non le 8 août 1892, date d'obtention en France. Deuxièmement, dans les applications de Ransome et Jackson le juge ne voit pas d'élément identique à l'étrier de Hennebique, car pour les premiers « l'entretoise⁵³⁵ est simplement noyée dans le béton où elle reste libre », alors que pour ce dernier, elle est rattachée au béton pour ne pas fléchir.

L'épisode de 1896, quand Paul Cottancin avait invoqué l'expérience menée par le ministère de la guerre, se retourne contre lui. Le Tribunal considère qu'il l'a élaborée et conduite lui-même, la simple présence d'un officier ne pouvant pas engager l'institution. Une poutre en système Hennebique construite par un concurrent ne peut pas inspirer la confiance. Hennebique est donc la partie dénigrée, d'autant plus que le juge retient une lettre écrite par Cottancin à un client de son rival, dans laquelle il parle de contrefaçon.

L'un des brevets de Cottancin⁵³⁶ est reproduit dans le *Béton armé* pour être comparé à celui de Hennebique. Il décrit un système de paroi en ciment, plâtre, asphalte, bitume, ébonite etc. dans laquelle une « ossature » métallique ou textile est noyée. Le texte est extrêmement général et mélange les applications liées à la structure avec celles de plomberie, électricité, mécanique, panneaux de tir, en utilisant des matériaux tout aussi génériques. Les illustrations sont également diverses et disparates, sans avoir d'autre élément unificateur que l'armature interne sous forme de maille. Ce brevet est postérieur à celui qui forme la base du système Cottancin et comporte des éléments trop anecdotiques pour supporter une comparaison pertinente avec le système Hennebique. C'est sans doute pour le ridiculiser qu'il est publié, alors que le bon brevet de Hennebique⁵³⁷ est reproduit en parallèle.

Cottancin perd le procès au Tribunal, mais il conteste la décision devant la Cour d'appel qui rejette sa demande le 14 mai 1902, en réduisant de moitié les dommages et intérêts dus à Hennebique⁵³⁸. Le conflit juridique entre les deux grands inventeurs se termine ici⁵³⁹. Dès le début, les moyens mis en œuvre pour la promotion des deux systèmes et leur capacité intrinsèque à s'adapter à un savoir-faire sont déséquilibrés. Hennebique quitte assez rapidement l'activité d'entrepreneur qui bloque son potentiel de développement. Il comprend qu'une entreprise de construction est limitée à un certain secteur géographique et à un fonctionnement basé sur la rentabilité incertaine de ses chantiers.

En créant un bureau d'études techniques qui établit des projets à partir d'une méthode, Hennebique se libère des soucis typiques d'un entrepreneur et prend une position de contrôle sur un marché très vaste développé par ses concessionnaires. Avec la protection assurée du brevet, il peut bénéficier d'un monopole de propriété intellectuelle sur une des techniques les plus simples de mise en œuvre du béton armé. Ce n'est pas le cas de Paul Cottancin, un entrepreneur trop pris par ses chantiers pour s'occuper sérieusement de la diffusion de ses idées, en dehors de la publicité que lui offre de manière

⁵³⁵ L'armature longitudinale soumise à la tension.

⁵³⁶ COTTANCIN Paul. *Travaux en matières plastiques avec ossature composée*. Brevet N° 210.293, 18 décembre 1890.

⁵³⁷ HENNEBIQUE François. *Combinaison particulière du métal et du ciment en vue de la création de poutres très légères et de haute résistance*. Brevet N° 223.546, 8 août 1892, avec le Certificat d'addition du 7 août 1893.

⁵³⁸ Le béton armé en Cour d'Appel. In : *Le Béton armé*, N° 49, 1902, pp. 1-4.

⁵³⁹ Une synthèse du point de vue juridique : Jurisprudence. *Nouvelle revue internationale de la propriété industrielle*. N° 4, juillet-août 1903, p. 114.

inespérée Anatole de Baudot. De plus, sa méthode implique une main d'œuvre plus qualifiée et un soin particulier pour la confection des armatures, coffrages et mortiers. Or ceci nécessite à la fois une formation des travailleurs et un contrôle strict de toutes les phases d'exécution qui font peu d'adeptes.

Si Hennebique permet aux autres entrepreneurs d'utiliser son système en contrepartie d'un pourcentage modéré du devis, Cottancin garde la technique pour l'usage de son entreprise. Quand il perd le chantier de Saint-Jean de Montmartre en faveur de Degaine, peu avant l'achèvement des travaux, il poursuit ce dernier en justice pour usage en contrefaçon. Le Tribunal fixe en 1906 des dommages et intérêts de 5000 francs, payés pour les trois quarts par Degaine et pour un quart par Anatole de Baudot et le maître de l'ouvrage, l'abbé Sobaux. Aucune information sur les relations ultérieures à cette date entre l'architecte de l'église et Cottancin n'est disponible, mais Anatole de Baudot continue à parler des qualités du ciment armé jusqu'à sa mort, sans rappeler une seule fois le nom de son inventeur.

3.3.2 Églises en béton armé système Hennebique

Placé dans la perspective de l'évolution ultérieure de l'architecte, le projet dessiné en 1896 par Édouard Bérard pour l'église Saint-Jean de Montmartre montre une capacité d'innovation équivalente à celle d'Anatole de Baudot. Si ce dernier adopte le système Cottancin pour le raffiner et le recommander jusqu'à la fin de sa vie à travers des cours à Chaillot et des projets théoriques, Bérard est plus pragmatique. Il choisit d'abord de travailler avec le système Hennebique, mais s'en éloigne pour déposer ses propres brevets et créer un nouveau système.

Un article du *Béton armé* est dédié en 1913 à la construction d'édifices religieux en béton armé système Hennebique⁵⁴⁰. Les exemples retenus montrent la diversité des approches et l'adaptabilité du béton, moulé à toutes les formes stylistiques possibles, sans aucune préoccupation en matière d'expression propre en accord avec sa logique constructive. Comme le bureau d'études Hennebique regarde uniquement les aspects purement techniques, on ne trouve pas de jugements sur la valeur architecturale dans les pages de la revue, mais, au contraire, des éloges sur la ténacité de ceux qui savent adapter le béton à leur besoin artistique.

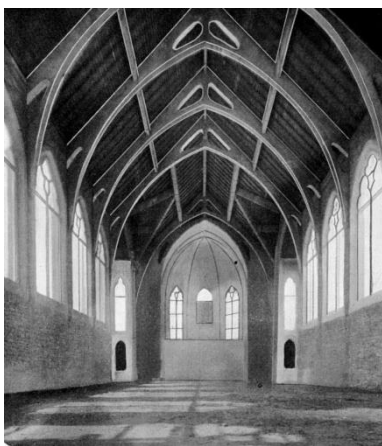
La cathédrale de Poti⁵⁴¹ est en 1907 un des premiers exemples d'application du béton armé système Hennebique à la totalité d'une église. Située aujourd'hui en Géorgie, cette ville portuaire connaît au début du XX^e siècle un important développement économique et décide de construire une nouvelle cathédrale orthodoxe. Le mauvais sol nécessiterait de longs et coûteux travaux de fondations maçonnées que le béton armé permet d'éviter. Des semelles armées sont donc mises en place. Pour diminuer le poids du bâtiment, les murs sont à double paroi de 8 et 10 cm d'épaisseur, avec une séparation de 18 cm de vide traversée par les réseaux, une application d'intérêt car contemporaine des

⁵⁴⁰ Les églises en béton armé. In : *Le Béton armé*, N° 183, 1913, pp. 113-121.

⁵⁴¹ Cathédrale de Poti (Russie). In : *Le Béton armé*, N° 126, 1908, pp. 147-153.

recherches similaires d'Anatole de Baudot. Les coupoles sont réalisées sur une ossature de méridiens densément ferrillés, doublés par des parallèles moins armées, tandis que le remplissage est pourvu d'un treillis de fers de faible épaisseur.

Dans l'architecture byzantine, modèle de cette cathédrale imitant Sainte-Sophie, on n'employait pas couramment des cintres pour réaliser les coupoles⁵⁴². La construction des voûtes par tranches ou assises annulaires ne bénéficiait d'aucun renforcement autre que celui compris dans l'épaisseur de la calotte. Autrement dit, les éléments maçonnés étaient bloqués. En adoptant pour cette cathédrale en béton armé une solution avec des arcs méridiens, les ingénieurs du bureau d'études Hennebique se sont peut-être inspirés davantage de la tradition constructive française, où les voûtes sont construites entre les arcs formerets ou diagonaux.



79 Sainte-Jeanne d'Arc, Lunéville.
Vue de la charpente en béton armé avant la construction de la voûte en berceau.
brisé. *Le Béton armé*, août 1913.

Hennebique intervient en 1911 sur l'église Jeanne d'Arc à Lunéville, dessinée par l'architecte diocésain Jules Criqui dans un style dit « militaire du XIV^e siècle »⁵⁴³ avec des échauguettes, merlons et créneaux. Elle possède une charpente à fermes en béton armé qui dessinent des arcs d'ogive sur l'intrados et servent de support aux pannes et chevrons en bois sur l'extrados. Une voûte en berceau à lunettes est construite par la suite à l'intérieur du profil défini par ces fermes, afin de couvrir la nef. Il s'agit de l'un des exemples précoces de charpente en béton armé, et il faut noter que Hennebique publie l'image intérieure de l'église avant la construction de la voûte, afin de mettre en avant le procédé constructif. En effet, l'image extérieure ne trahit pas ce squelette en béton armé rempli de maçonnerie traditionnelle. En 2001, cette église est inscrite sur la liste des monuments historiques⁵⁴⁴.

Saint-François-Régis, Saint-Étienne (Loire), 1910-1911

L'église Saint-François-Régis à Saint-Étienne est érigée entre 1910-1911⁵⁴⁵ selon les plans de l'architecte Paul Noulain-Lespès⁵⁴⁶ qui adapte le style byzantin à un type hybride de basilique en croix latine combinée à un plan centré. En effet, l'architecte est déjà intéressé par le plan centré qui permet un espace libre de points d'appui et il approfondira ses recherches sur les églises byzantines en Grèce, lors de la guerre⁵⁴⁷. Une ossature de quatre arcs entrecroisés en béton armé délimite l'espace principal autour duquel se développe toute la composition. Ces arcs prennent naissance sur la dalle

⁵⁴² CHOISY Auguste. *Histoire de l'Architecture*. Tome 2. Paris : Gauthier-Villars, 1899, pp. 8-13.

⁵⁴³ Église B. Jeanne-d'Arc à Lunéville. In : *Le Béton armé*, N° 183, août 1913, pp. 119-121.

⁵⁴⁴ Référence Mérimée PA54000021.

⁵⁴⁵ Une église en ciment armé à Saint-Étienne. In : *Le Ciment*, N° 9, 1912, pp. 190-191.

⁵⁴⁶ TEXIER Simon. Vers le plan centré : concevoir et construire la nef moderne (1900-1960). Conf. Cit. ; CROSNIER

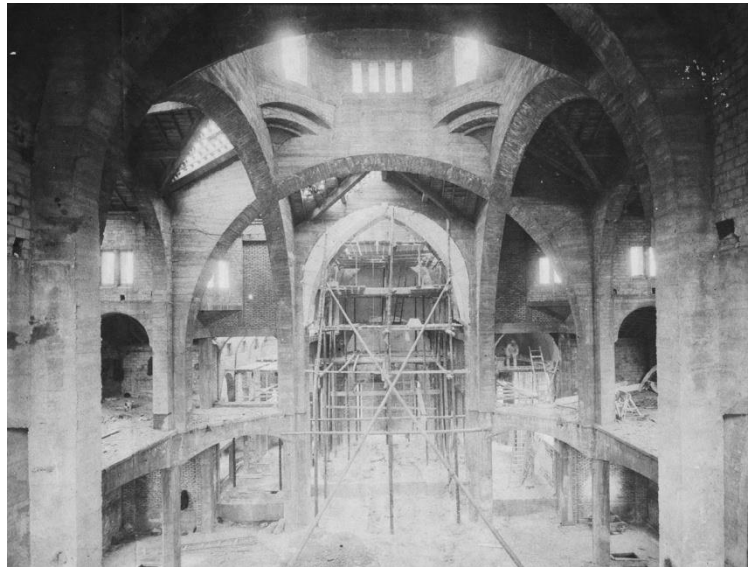
LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Paul Noulain-Lespès. URL :

<https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00282411> (Consulté le 10 août 2023).

⁵⁴⁷ NOULAIN-LESPÈS Paul. Art. Cit., pp. 50-52.

intermédiaire des tribunes et s'appuient ensuite sur huit colonnes de section circulaire. L'architecte devait connaître l'église arménienne de Guilbert, achevée depuis presque une décennie lorsqu'il dessine cette structure. À l'intersection des arcs, des trompes à consoles soutiennent un dôme octogonal. Les deux arcs parallèles se prolongent par les bras du transept, la nef et le chœur, qui sont en réalité des espaces subordonnés à une centralité nettement affirmée. L'église dispose d'une tour au-dessus du chœur, à toiture élancée et bombée qui rappelle le clocher de Saint-Léon à Paris par Émile Brunet⁵⁴⁸.

Le choix du béton armé est imposé par les problèmes de stabilité d'un sol de bassin minier, auxquels on envisage de répondre par un monolithe qui se déplace d'un seul bloc⁵⁴⁹. Une dalle en béton armé au niveau du sol forme une plateforme qui supporte l'ossature remplie de briques de laitier en double paroi, recouvertes d'enduit et modénatures en ciment⁵⁵⁰. Le béton armé est réalisé avec des graviers de la Loire et près de 100 tonnes d'acier sont mise en œuvre pour réaliser les armatures⁵⁵¹.



80 Saint-François-Régis, Saint-Etienne. Vue intérieure du chantier, 1910. CAAC. BAH-22-1909-08511. 76 IFA 110/8.

En revanche, la pureté et la finesse de la structure brute visible sur les images du chantier - arcs, colonnes, trompes, dalle, charpente - sont noyées derrière la décoration historiciste qui crée une enveloppe intérieure. Les angles situés au croisement des arcs sont fermés par des calottes de voûte qui relient l'octogone virtuel inférieur à sa forme homologue matérialisée à la base du dôme. De fausses voûtes sont réalisées dans la nef, chœur et transept, alors que des baies à colonnes géminées, des chapiteaux lourds et des garde-corps sont installés. Néanmoins, dans cette scénographie, c'est le béton qui est utilisé pour récréer les formes propres à la pierre, sous forme de pièces moulées.

Dans cet exemple, le béton armé apporte une solution structurelle remarquable par sa simplicité qui, de plus, sera valorisée à l'état brut dans d'autres réalisations calculées par Hennebique, notamment Saint-Louis de Vincennes et Saint-Rémi de Limé par Julien Barbier. Saint-François-Régis est très dégradée par les bombardements de la Deuxième Guerre mondiale, mais l'ossature reste en place dans le cadre d'une réhabilitation menée par Édouard Hur qui reconstruit des façades différentes et

⁵⁴⁸ Ce motif de « pomme de pin » serait une invention de Paul Abadie : RÉAU Louis. *Histoire du vandalisme*. Paris : Robert Laffont, 1994, p. 764.

⁵⁴⁹ Église Saint-François à Saint-Étienne (Loire). In : *Le Béton armé*, N° 183, 1913, pp. 114-117.

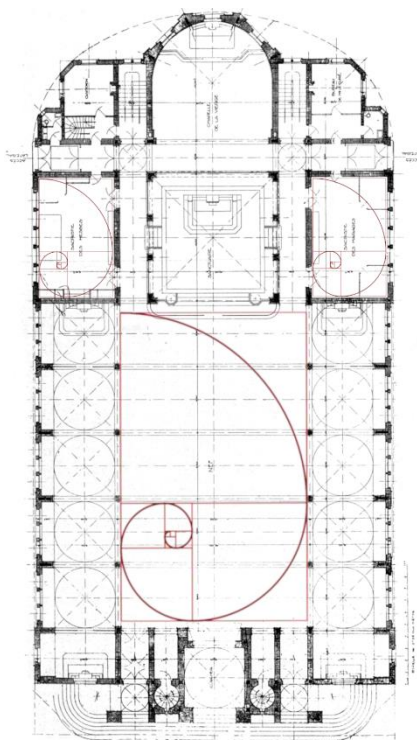
⁵⁵⁰ L'emploi du ciment armé. Une église à Saint-Étienne. In : *La Construction moderne*, 15 février 1919, pp. 29-30.

⁵⁵¹ Une église en ciment armé à Saint-Étienne. In : *Le Ciment*, N° 9, septembre 1912, pp. 190-191.

plus simples en béton armé, animées par le relief des panneaux, mi-pleins mi-ajourés. Comme la tour est démolie dans les années 1970, de l'aspect d'origine on ne retrouve aujourd'hui que le dôme et l'abside du chœur. En 2008, l'édifice est classé en totalité au titre des monuments historiques⁵⁵².

Saint-Léon, Paris, 1924-1934

« Grand partisan du béton armé », c'est ainsi que la revue de Hennebique qualifie l'ACMH Émile Brunet dans la présentation de son projet pour l'église Saint-Léon à Paris⁵⁵³. Le plan de cet édifice construit à partir de 1924 est parfaitement symétrique, alors que les sections faibles des éléments porteurs trahissent visuellement l'usage du béton armé. Une tour-porche précède la nef de cinq travées flanquée de deux collatéraux.



81 Saint-Léon, Paris. Plan et nombre d'or.
Le Béton armé, N° 349, 1937. Annotations : l'auteur.

En plan, les proportions du vaisseau central sont celles du nombre d'or. De manière originale, l'autel est placé après l'arc triomphal dans un espace carré couvert par un dôme, alors que l'abside se situe dans sa continuité, pourtant séparée spatialement par un pseudo-déambulatoire qui sur les côtés du sanctuaire dessert les deux sacristies, elles aussi dimensionnées selon le nombre d'or. En volume, le type basilical est clairement affirmé, mais les deux sacristies se traduisent par un faux-transsept. L'inspiration romane est perceptible dans le traitement du dôme et du clocher en bulbe élancé qui portent, néanmoins, une empreinte contemporaine. L'espace de cette église est parmi les plus harmonieux de l'époque, et l'usage du nombre d'or - prôné par l'avant-garde moderniste - peut aussi en être une raison, sinon une preuve que Brunet n'est pas déconnecté de l'actualité. Il convient de noter les voûtes en pendentifs (ou annulaires) sur chaque travée, assez rares dans l'histoire de l'architecture française, mais typiques pour l'espace baroque de l'Europe centrale. Chacune épouse sur les façades latérales les baies cintrées qui éclairent la nef.

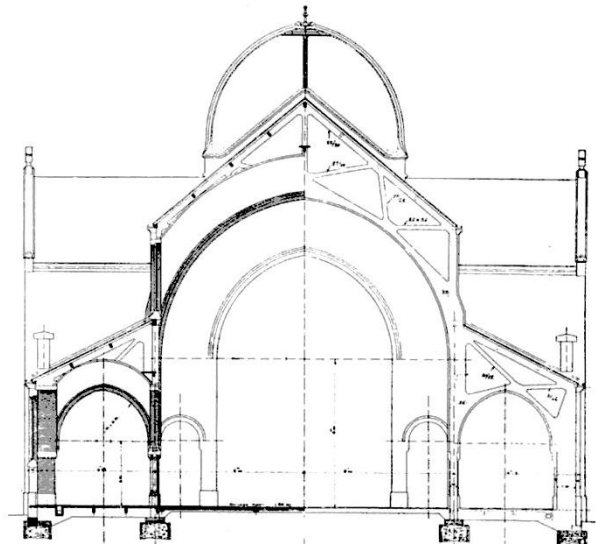
Les collatéraux sont couverts par le même type de voûte. L'ambiguïté du profil des voûtes, légèrement brisé, est surprenante. Sans réaliser une vraie fusion de la forme intérieure avec le volume extérieur, Brunet utilise une charpente en béton armé à fermes-treillis qui modèlent à la fois le profil des voûtes et des pans de toiture⁵⁵⁴. Des chevrons en chêne sont utilisés pour la couverture en tuiles.

⁵⁵² Référence Mérimée PA42000027.

⁵⁵³ AUGROS Paul. Église Saint-Léon, place du Cardinal-Amette à Paris. In : *Le Béton armé*, N° 250, décembre 1928, pp. 401-407.

⁵⁵⁴ *Encyclopédie de l'architecture. Constructions modernes*. Tome 1. Op. Cit., p. 33.

Si la matérialité de l'édifice est dominée par la brique, celle-ci n'est qu'un remplissage de l'ossature en béton armé calculée par Hennebique⁵⁵⁵ et exécutée par l'entreprise Leroux. Le squelette repose sur des puits de fondations en béton à ciment de laitier allant jusqu'à 14 m de profondeur. À l'intérieur, les voûtes sont construites en brique creuse apparente et reposent sur des arcs doubleaux et formerets en brique pleine, sauf la calotte du dôme couvrant le chœur, réalisée en béton armé laissé apparent à l'origine, mais recouvert ultérieurement par du cuivre. Les parements verticaux sont décoratifs, tant de par le dessin que de par la couleur.



82 Saint-Léon, Paris. Coupe transversale.
Le Béton armé, N° 250, 1928.

Pourtant, quelques éléments visibles sont en béton apparent, comme les remplages des baies, les corniches et linteaux moulés à pied d'œuvre et légèrement armés, selon un procédé préfigurant les essais de préfabrication de Besnard. Les chéneaux d'eau pluviale sont aussi en béton armé, conçus pour supporter la dilatation par des joints et une pose sur lit de sable. L'usage de la pierre est limité aux soubassements et aux chapiteaux, posés sous forme de cubes lors de l'exécution de l'ossature et sculptés sur place par Pierre Séguin⁵⁵⁶.

Saint-Léon est un exemple remarquable du point de vue de l'espace religieux de cette période. Ses proportions spatiales sont d'une harmonie similaire à celles de Notre-Dame-de-la-Consolation du Raincy. Soucieux aussi d'économie dans la construction, Brunet ne suit pas pour autant la même voie que son formateur Anatole de Baudot, son confrère Charles-Henri Besnard ou encore Auguste Perret. Pour lui, le béton armé commande une partie de la forme - le squelette, alors que la brique commande l'autre - l'enveloppe.

En effet, le béton armé est présent en filigrane dans la finesse des éléments constructifs et l'ambiance légère de l'intérieur, derrière les surfaces soignées en terre cuite. C'est la synthèse de ces deux techniques constructives exposées en toute sincérité qui intéresse Brunet. L'édifice achevé en 1934 ne bénéficie pas encore d'une protection au titre des monuments historiques⁵⁵⁷.

⁵⁵⁵ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-12-1924-08504. 76 IFA 110/27. Église Saint-Léon, place du Cardinal-Amette, Paris.

⁵⁵⁶ DE THUBERT Emmanuel. L'église Saint-Léon à Paris. In : *Le Béton armé*, N° 349, mars 1937, pp. 1576-1583 et N° 350, pp. 1592-1596.

⁵⁵⁷ Référence Mérimée EA75000013. L'église reçoit en 2011 le label « patrimoine du XX^e siècle », devenu en 2016 « architecture contemporaine remarquable » et valable jusqu'à cent ans après l'achèvement.

3.4 Béton armé moulé ou préfabriqué

Le terme « préfabrication » s'applique à une réalisation d'éléments d'un ouvrage à l'écart de l'endroit où ils sont mis en œuvre⁵⁵⁸. À partir des années 1950, cette technique est consacrée par le béton armé, auquel elle reste tributaire dans sa définition donnée par les dictionnaires spécialisés⁵⁵⁹. Les dictionnaires généralistes ne se limitent pas à ce matériau et définissent la préfabrication comme un « système de construction permettant de réaliser des ouvrages au moyen d'éléments standardisés, ou composants, fabriqués d'avance et que l'on assemble suivant un plan préétabli. »⁵⁶⁰

Sur la base de cette définition plus ample, nous allons, dans les lignes qui suivent, élargir l'horizon de sémantique architecturale et constructive de la préfabrication à des processus et expériences antérieures à la période qui l'a consacrée.

La préfabrication connaît sa période de gloire autour du milieu du XX^e siècle, quand la reconstruction des bâtiments détruits par la guerre et la croissance démographique imposent un rythme constructif plus intense que jamais. Toutefois, la base technologique est alors en place, avec de nombreuses inventions d'avant 1940 restées marginales en l'absence de commandes suffisantes. L'industrialisation du bâtiment est en effet entamée au XIX^e siècle avec l'apparition des pièces en staff ou plâtre moulé, hourdis, boisseaux, profilés métalliques ou carreaux de ciment, mais la normalisation des pièces constitutives qui est la base de la préfabrication⁵⁶¹ n'existe pas, à ce stade, pour les pièces de structure.

Achevée en 1876, la villa « Casamaures » à Saint-Martin-le-Vinoux (Isère) utilise des éléments préfabriqués en béton moulé non armé pour remplacer à bas coût la pierre⁵⁶². Il a aussi été montré comment, pour des raisons économiques, la pierre de taille est remplacée par des blocs moulés en ciment pour la construction d'églises en Isère à la fin du XIX^e siècle⁵⁶³. Au départ, il s'agit de maçonnerie brute ou recouverte de placages en pierre naturelle.

Face au développement de cette technique, des exigences théologiques sont formulées par certaines instances ecclésiastiques afin d'imposer des pierres véritables aux endroits où la cérémonie de l'onction du saint chrême est prévue. Néanmoins, elles restent peu appliquées car on vend par exemple des pierres récupérées afin d'acheter du ciment⁵⁶⁴. Aussi, le mètre cube de ciment est au moins deux fois plus cher que le mètre cube en pierre dans la deuxième moitié du XIX^e siècle⁵⁶⁵.

⁵⁵⁸ *Fabrication* est d'origine latine. Vitruve utilise l'expression *fabricationibus aedificiorum* (construction des bâtiments) : *De Architectura* 2, 1.6.

⁵⁵⁹ Le dictionnaire du bâtiment le plus usuel commence la définition de la préfabrication de la manière suivante : « Réalisation de composantes en béton hors de leur emplacement définitif. (...) » : DE VIGAN Jean. *Dicobat. Dictionnaire général du bâtiment*. Paris : Arcature, 18^e année, 7^e édition, 2008, p. 848.

⁵⁶⁰ LAROUSSE Dictionnaire en ligne. URL : <https://www.larousse.fr/> (Consulté le 10 août 2023).

⁵⁶¹ LOYER François. *Le siècle de l'industrie*. Genève : Éditions Skira. De Architectura, 1983, p. 148.

⁵⁶² PÉTELAZ Dominique. La Casamaures. Le matériau béton. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., pp. 119-121.

⁵⁶³ AVENIER Cédric. *Ciments d'églises, semences de chrétiens*. Op. Cit., pp. 256-257.

⁵⁶⁴ *Idem*, pp. 257-258.

⁵⁶⁵ *Idem*, p. 259.

L'invention du béton armé ne vient que se superposer à un fond préexistant de créativité industrielle et de demande, avec toutes les ressources en place pour sa rencontre avec la préfabrication.

La problématique de la préfabrication commence à être étudiée du point de vue de l'histoire des techniques constructives. Surtout intéressées par la Reconstruction en général et les logements de l'époque des grands ensembles en particulier⁵⁶⁶, ces recherches proposent un type de connaissance orientée vers la sauvegarde du patrimoine du XX^e siècle, avec une composante militante assez présente. Elles essaient en même temps de catalyser la dimension technique de la formation architecturale, relativement amnésique dans le milieu professionnel contemporain.

Pendant la première moitié du XX^e siècle, l'architecture religieuse est concernée par des procédés constructifs qui impliquent la réalisation préalable d'éléments détachés en béton armé, porteurs ou décoratifs. Pour illustrer quelques aspects de ces applications, nous allons présenter quelques acteurs de ce domaine, chacun avec ses méthodes et ses réalisations. Une ligne directrice relie l'activité de ces personnages formés dans l'héritage de Viollet-le-Duc : ils sont à la fois préoccupés par la construction rationnelle moderne et l'adaptation des techniques artisanales anciennes au contexte industriel, par la promotion d'un décor intégré à la structure en défaveur des arts appliqués, ainsi que par l'attachement aux formes et à la symbolique consacrées de l'art sacré. La plupart d'entre eux sont des spécialistes de la restauration, ce qui peut surprendre. En effet, ce sont les ACMH qui introduisent le béton armé dans l'architecture urbaine monumentale au début du XX^e siècle.

Essais précoces : le béton moulé dans les églises en Isère et la Drôme

Territoire pionnier dans la production des ciments, l'Isère est aussi un lieu où des expérimentations dans le domaine de la préfabrication sont faites assez tôt pour des raisons économiques. Ces essais illustrent la transition entre l'architecture en pierre de taille et celle en béton armé à une époque où les progrès de l'industrie n'ont pas encore d'écho dans l'architecture, pour des raisons de tradition, de mentalité, de savoir-faire, mais aussi de coût. Des chapiteaux néo-romans ou néo-gothiques, moulures, corniches, plinthes, pavés, décorations et même parements sont mis en œuvre notamment dans le dernier quart du XIX^e siècle dans cette région. Ces pièces sont en béton non armé ou faiblement armé, alors que leur intérêt est d'avoir contribué à démontrer la solidité du matériau et son adaptation à des applications qui seront plus audacieuses par la suite.

Construite entre 1862-1871 par Hector Riondel (1833-1903) en maçonnerie mixte sur la base d'une composition néo-gothique, l'église Saint-Benoît d'Izeaux dispose d'éléments de décor intérieur en ciment moulé. L'église catholique Notre-Dame d'Aouste-sur-Sye est élevée par Joannis Rey en blocs de ciment moulé à l'emplacement de l'ancien lieu de culte démol⁵⁶⁷. Sur un plan en croix latine à nef

⁵⁶⁶ Par exemple : GRAF Franz, DELEMONTEY Yvan. *Architecture industrialisée et préfabriquée : connaissance et sauvegarde*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2012, 436 p. ; DELEMONTEY Yvan. *Reconstruire la France. L'aventure du béton assemblé*. Paris : éditions de la Villette, 2015, 400 p.

⁵⁶⁷ AVENIER Cédric. *Ciments d'églises, semences de chrétiens*. Op. Cit., p. 260.

unique, le nouvel édifice dispose d'un clocher-porche d'inspiration médiévale, surmonté d'une flèche pyramidale couverte d'écaillés en béton. Plus original est l'intérieur, où des piles de maçonnerie délimitent les travées et supportent sur des consoles à volutes des colonnes trapues en pierre rouge. Ces dernières disposent de chapiteaux sur lesquels reposent les arcs transversaux et les nervures des voûtes. Grâce à ce dispositif d'encorbellement, impossible dans l'architecture traditionnelle où les colonnes doivent être en contact avec le sol, l'espace est libéré sans agrandir la portée de la voûte.

Quatre architectes se succèdent dans la conception de la nouvelle église Saint-Bruno de Grenoble entre 1875-1878. Anatole de Baudot gagne le concours, mais ne respecte pas le budget et refuse de prévoir du béton moulé pour diminuer le coût. Alphonse Durand, classé deuxième, voit son projet retenu, mais c'est Eugène Péronnet qui est chargé de la réalisation. Néanmoins, il arrête son activité et c'est enfin Alfred Berruyer (1819-1901) qui termine les travaux déjà commencés. Il redessine les plans, en remplaçant la pierre par des blocs en ciment lent et prompt moulés dans des formes régulières en fonte autour d'un noyau irrégulier en pierre naturelle⁵⁶⁸. Deux types de parements sont prévus, à stries verticales et à quadrillage diagonal. Les éléments de décor intérieur d'inspiration néo-romane sont également en béton moulé, repris par Berruyer de son répertoire personnel⁵⁶⁹ : modillons à doucine, rosace, colonnettes, bases. Sur les façades, les assises alternent les deux types de parement. Avec ses 67 m de hauteur, le clocher reste le plus élevé de la ville avant la construction de la tour Perret.

Enfin, nous pouvons citer l'église Saint-Jean à Mureils (Drôme), bâtie avant 1920 par l'architecte C. Fermond en pièces moulées de ciment blanc qui permet d'éviter la couleur jaunâtre typique du ciment prompt grenoblois⁵⁷⁰. L'édifice dispose d'un plan en croix latine et de formes et détails typiques de l'architecture néo-gothique. En raison du coût élevé des moules, les colonnes sont supprimées et les modèles de baies et arcs sont limités. Le plafond du porche est réalisé selon un principe de prédalle, où les pièces moulées et décorées à nervures creuses forment le coffrage des poutrelles armées et de la dalle.

Contexte : la préfabrication avant 1914

Un type de blocs de maçonnerie en béton est inventé à la fin du XIX^e siècle par Behrens. Destinées à la construction courante, les pièces sont moulées dans des châssis démontables et disposent de percements et rainures similaires au parpaings actuels⁵⁷¹. L'entrepreneur Louis Roquerbe, qui travaille en outre avec l'architecte Charles Genuys en système Hennebique⁵⁷², dépose un brevet pour des blocs moulés en béton armé à emboîtement. Ces éléments en forme de U, double T ou simple T sont destinés à des ouvrages souterrains ou en milieu aquatique⁵⁷³. Auguste Fabre invente en 1896 un

⁵⁶⁸ Idem, p. 394.

⁵⁶⁹ Berruyer utilise, par ailleurs, des pièces en béton moulé pour la décoration intérieure de l'église Saint-Bruno de Voiron (1864-1871), classée au titre des monuments historiques en 2007 : Référence Mérimée PA00132951.

⁵⁷⁰ Église de Mureils (Drôme). In : *L'Architecture usuelle*, N° 136, 1920, pp. 313-317.

⁵⁷¹ Blocs coulés en ciment (...) et châssis pour les mouler par M. Behrens. In : *Le Ciment*, N° 12, 1898, pp. 101-104.

⁵⁷² CAAC. Fonds Genuys Charles (1852-1928). 089 IFA. GENCH-D-1899-2.

⁵⁷³ Nouveaux matériaux à emboîtement moulés en béton avec armature intérieure. In : *Le Ciment*, N° 2, 1902, pp. 22-27.

système de voûtes d'églises en terre cuite ou simili-pierre, armées par des chapes ciment ou des fers inclus dans les nervures⁵⁷⁴. Les variantes de ce système sont utilisées jusque dans les années 1930 dans la construction de nombreuses églises⁵⁷⁵. Champly et Granvaud inventent au début du XX^e siècle un procédé de blocs légers en ciment armé avec des noyaux creux obtenus avec des coffrages perdus en carton, zinc ou bois⁵⁷⁶. Aux États-Unis, à la même période, on invente des machines à fabriquer des blocs de maçonnerie creux, comme celles de À. D. Mackay, Winget ou Harmon S. Palmer⁵⁷⁷. Certains traités contemporains montrent l'engouement pour cette nouvelle méthode⁵⁷⁸. Elle suscite en effet beaucoup d'intérêt en Europe, mais les spécialistes déplorent la lenteur de sa mise en place à grande échelle⁵⁷⁹. En Allemagne, Gramp propose des demi-moellons préfabriqués en forme de L nommés « Hakensteine ». Posés face à face de manière à former un U, ils permettent de réaliser des murs creux ou remplis de mortier⁵⁸⁰. L'entreprise berlinoise Liedenthal propose la machine « Idéal » qui fabrique des blocs creux de maçonnerie en béton⁵⁸¹. En même temps, le français Monnoyer invente des claveaux préfabriqués pour des constructions à plan circulaire : réservoirs, silos ou gazomètres⁵⁸². Les pièces moulées présentent des parois droites terminées par des demi-cylindres creux, dans lesquels passent les armatures verticales et qui forment par superposition des nervures sur toute la hauteur. Pour les régions sismiques, les ingénieurs italiens Gianfranceschi et Revere proposent en 1909 des blocs creux armés⁵⁸³ selon une méthode similaire à la brique armée de Cottancin. Vers 1910, une machine pour la fabrication des poteaux creux en ciment armé est construite en Allemagne par Otto et Schlosser. Elle utilise la force centrifuge afin de projeter le mortier de ciment sur des moules tubulaires tournés entre 500 et 1000 tours par minute⁵⁸⁴.

Pour la construction de planchers, des hourdis en ciment armé au métal déployé sont brevetés par l'entrepreneur Michel Sarda de Perpignan⁵⁸⁵, alors que le Norvégien Jens Lund invente un système de hourdis en ciment armé à treillis tridimensionnels, assemblés à tenons et mortaises, qui ne recourt pas à de poutrelles et peut franchir des portées de 9 m⁵⁸⁶. Des poutres préfabriquées à section en T, qui assemblées peuvent former des planchers, sont imaginées par Mohr-Habay⁵⁸⁷. Le Suisse Siegwart

⁵⁷⁴ FUENTES Paula. Auguste Fabre and the Construction of Tile Vaults in France. The Industrialization of a Traditional Technique. In : *International Journal of Architectural Heritage*, Vol. 16, N° 10, 2022, pp. 1496-1515. URL : <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15583058.2021.1894504> (Consulté le 10 janvier 2024).

⁵⁷⁵ FABRE Auguste. *Voûtes d'églises en simili-pierre*. Catalogue. Paris : René Blamon & Cie, s.d. (vers 1932), 29 p. Parmi les « plus de 1500 exemples » : Sainte-Anne de la Butte-aux-Cailles à Paris (Prosper Bobin, 1894-1912), Sainte-Famille à Pré-Saint-Gervais (Julien Barbier, 1912), Notre-Dame-des-Missions (Paul Tournon, 1931), Saint-Michel à Wittelsheim, Haut-Rhin (1931) etc.

⁵⁷⁶ Pierres creuses en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 9, 1903, p. 144.

⁵⁷⁷ Pierres artificielles - building blocks. In : *Le Ciment*, N° 4, 1904, pp. 70-73, N° 5, pp. 86-90.

⁵⁷⁸ RICE Harmon Howard. *Concrete block manufacture. Process and machines*. New-York : John Wiley & Sons, 1906, 152 p.

⁵⁷⁹ Les pierres creuses ou building blocks. In : *Le Ciment*, N° 5, 1906, pp. 72-75.

⁵⁸⁰ Nouveau système de murs en béton. In : *Le Ciment*, N° 5, 1905, pp. 68-69.

⁵⁸¹ Blocs creux en béton. Nouvelle machine perfectionné. In : *Le Ciment*, N° 10, 1911, pp. 197-198.

⁵⁸² Constructions en ciment armé par claveaux système Monnoyer. In : *Le Ciment*, N° 12, 1911, pp. 223-227 et N° 1, 1912, pp. 8-10.

⁵⁸³ GIANFRANCESCHI Vittorio, ROVERE Giulio. Pro Calabria e Sicilia. In : *Le Ciment*, N° 10, pp. 184-190 et N° 11, 1909, pp. 204-210.

⁵⁸⁴ Poteaux creux en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 3, 1910, pp. 50-55.

⁵⁸⁵ Hourdis creux en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 1, 1906, pp. 10-11 ; Dalles creuses en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 9, 1909, pp. 166-169.

⁵⁸⁶ MACIACHINI À. Planchers creux en ciment armé système Jens G. F. Lund. In : *Le Ciment*, N° 1, 1906, pp. 12-13 ; N° 2, 1906, pp. 24-28 ; N° 3, 1906, pp. 36-45.

⁵⁸⁷ Poutres hourdis en ciment armé système Mohr-Habay. In : *Le Ciment*, N° 6, 1906, pp. 92-94.

propose des poutres creuses préfabriquées formant planchers⁵⁸⁸, expédiées prêtes à l'emploi depuis vingt usines européennes en 1907⁵⁸⁹. Par ailleurs, dans les systèmes Cottancin et Edmond Coignet on peut mouler les épines ou poutres à pied d'œuvre⁵⁹⁰. Après la Première Guerre mondiale, les procédés de préfabrication se multiplient et se perfectionnent.

3.4.1 Édouard Bérard, de la restauration à la préfabrication

Édouard Bérard est l'un des pionniers de la préfabrication en béton armé dans l'architecture religieuse. Né en 1843 à Paris, il a neuf ans de moins qu'Anatole de Baudot et mène un parcours professionnel similaire, débutant par l'apprentissage auprès de Viollet-le-Duc et la restauration des monuments historiques pour finir avec des projets avant-gardistes en béton armé. Comme nous l'avons montré plus haut, il dessine le premier projet pour l'église Saint-Jean de Montmartre, utilisant le béton armé système Hennebique, lequel est écarté. Architecte diocésain à Sens et architecte de la ville de Besançon en 1882, Bérard devient ACMH et membre de la Société Centrale des Architectes.

Au Congrès des architectes français de 1896, Bérard présente un projet de pont en béton armé au niveau de la place du Carrousel. Il est soutenu par une seule pile centrale en forme de navire richement décorée par des sculptures, tandis que les deux tabliers souples reposent sur des arcs surbaissés. Estimant que le fer ne peut pas donner d'effets artistiques, il lui réserve le rôle d'ossature interne, soutenant que « le squelette, dans l'homme et l'être vivant quelconque, est caché, il faut que le squelette de la construction soit également caché »⁵⁹¹. C'est une idée naturaliste qui trouve, dans la nouvelle technique, plus une charpente métallique noyée dans le béton qu'un fonctionnement solidaire des deux éléments. En 1889, Bérard intervient sur la reconstruction de la façade occidentale de l'église Saint-Pierre-et-Saint-Paul de Viarmes (Val d'Oise), un projet de restauration dans l'acception de l'époque, mais qui aujourd'hui passerait pour une création néo-gothique, notamment en ce qui concerne le portail. Un an plus tard, l'architecte travaille sur le chantier de restauration du palais Granvelle de Besançon, puis sur le palais des Beaux-Arts de Lille en 1892 et la grande chapelle du séminaire Saint-Sulpice à Issy-les-Moulineaux en 1898. En 1908, il construit à Suresnes, à la place d'un lieu de culte disparu, l'église du Cœur-Immaculé-de-Marie, édifice d'inspiration romane assez modeste, avec un beffroi bas et une toiture générale à quatre pentes en ardoise. Les façades en meulière reçoivent un peu de raffinement par la présence de rangées de briques rouges.

Le béton assemblé système Bérard

Les projets les plus remarquables de Bérard sont ceux de la deuxième période de sa carrière, quand il invente des méthodes de construction en béton armé assemblé. Il nous reste de cette phase seize des

⁵⁸⁸ Un nouveau système de béton armé (système Siegart). In : *Le Ciment*, N° 3, 1903, pp. 40-44.

⁵⁸⁹ Publicité du système Siegart. In : *Le Ciment*, N° 12, 1907, p. 36.

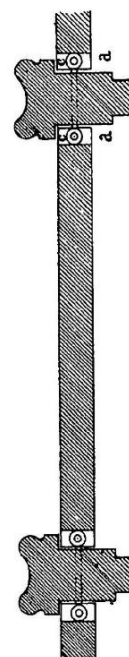
⁵⁹⁰ Immeuble en ciment armé système E. Coignet (Banque spéciale des valeurs industrielles). In : *Le Ciment*, N° 2, 1900, pp. 21-23.

⁵⁹¹ Décoration des ponts. Projet d'un pont triomphal sur la Seine. In : *L'Architecture*, N° 43, 1896, pp. I-IV.

dix-huit maisons construites entre 1908-1930 à Migennes (Yonne), qui portent le label « architecture contemporaine remarquable »⁵⁹² et sont mentionnées dans les informations touristiques communales. L'église Notre-Dame-de-l'Assomption, construite en 1909 à Rungis est l'exemple le plus original des projets de Bérard. La chapelle Sainte-Jeanne-d'Arc dans le XV^e arrondissement de Paris⁵⁹³ (1911) est son dernier projet construit en style néo-gothique sur des plans inspirés par la Sainte-Chapelle. Après la mort de Bérard en 1912, l'architecte Paul Courcoux reprend le suivi du reste des travaux sur ce chantier de béton armé qui reprend, dans les moindres détails, la grammaire architecturale médiévale.

En août 1905, Bérard dépose un brevet⁵⁹⁴ pour la construction de planchers en béton armé soutenus par des « corniches-ceintures » sur lesquelles sont posées des poutres armées assemblées qui, à leur tour, tiennent en place des panneaux planes. Le contreventement du système est assuré par le réseau de poutres, l'architecte considérant que les planchers sont des « caisses solides et indépendantes absolument indéformables » qui permettent une discontinuité des éléments verticaux. En superposant les étages sans « préoccupations superflues » on peut réaliser des structures en porte-à-faux ou retraits successifs pour obtenir de nouveaux effets architecturaux. La documentation ne contient pas de dessins permettant d'évaluer l'application de cette méthode.

En même temps, l'architecte réalise une innovation constructive sur un système plus détaillé de préfabrication des charpentes (ossatures) en béton armé⁵⁹⁵. Bérard explique en préambule que le ciment armé est un matériau beaucoup utilisé depuis quelques années (nous sommes en 1905), mais ses résultats esthétiques dans l'architecture civile laissent à désirer. Les raisons sont, d'après l'auteur, liées au coulage du béton sur le chantier. Les coffrages sont alors constitués de planches en bois peu soignées qui laissent leur empreinte disgracieuse sur le béton, de même que des joints indésirables. Un travail de finition par l'application d'un enduit est nécessaire pour obtenir un effet satisfaisant. De plus, le coulage sur place a l'inconvénient de produire une dilatation de manière inégale et de produire des fissures. Une autre remarque faite par l'architecte est liée à l'économie, car un petit volume de béton armé prévu sur un bâtiment implique une augmentation du coût de la main d'œuvre dans le cadre global du chantier, les architectes renonçant au béton au profit des matériaux traditionnels dont les prix sont connus et maîtrisés. Bérard souhaite résoudre tous ces inconvénients par l'usage d'une méthode rationnelle de préfabrication qui ne nécessite pas une main d'œuvre spécialisée et qui peut également assurer une qualité d'exécution constante.



83 Cloison en béton armé système Bérard, 1905. Brevet N° 357.053.

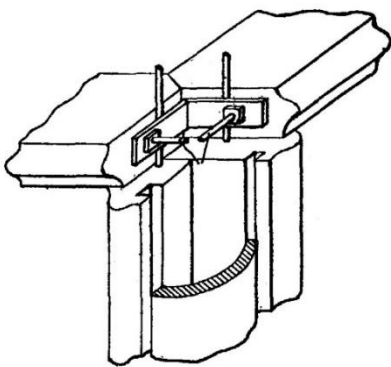
⁵⁹² Anciennement « patrimoine du XX^e siècle ».

⁵⁹³ Située 32 avenue Reille, elle ne doit pas être confondue avec la Basilique Sainte-Jeanne-d'Arc, 18 rue de la Chapelle, projet perdu par Auguste Perret en faveur de Georges Closson et puis Pierre Isnard.

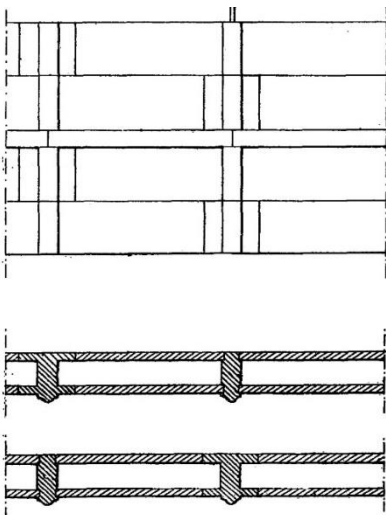
⁵⁹⁴ BÉRARD Édouard. *Système d'établissement de plafonds et planchers dans les constructions en pièces et panneaux de ciment armé*. Brevet N° 356.816, 18 octobre 1905.

⁵⁹⁵ BÉRARD Édouard. *Système de construction par pièces de charpente séparées et panneaux de remplissage en ciment armé*. Brevet N° 357.053, 26 octobre 1905.

Le principe du système est une ossature de poteaux et poutres produits d'avance par moulage dans une usine spécialisée, ces pièces étant « un article industriel catalogué, entreposable, dont le classement s'établira comme celui des fers marchands ». Les éléments du squelette sont assemblés et scellés sur le chantier avec peu de complication, par un maçon ou charpentier « de village ». Pour les panneaux de cloison, la fabrication suit les mêmes règles et leur rôle est doublé par une composante de contreventement général. L'assemblage est assuré par des anneaux en fer fixés dans chaque pièce moulée à un endroit prédéterminé, qui se superposent et sont traversés par de courtes tiges. La zone d'assemblage est rentrante pour permettre un remplissage de béton éventuellement décoratif. Une année plus tard, en 1906 Bérard dépose le même brevet au Royaume Uni⁵⁹⁶, avec une description et une présentation graphique identiques.



84 Assemblage d'angle en système Bérard, 1908. Brevet N° 401.478.



85 Coupe et élévation d'un mur pièces moulées. Brevet N° 401.478.

Un système constructif à éléments moulés plus abouti est proposé par Édouard Bérard en 1908 à l'occasion d'un nouveau brevet déposé en France⁵⁹⁷. Mis à part l'évocation expéditive des inconvénients liés aux murs en béton coulés sur place, qui doivent être enduits pour résoudre les problèmes d'aspect, l'auteur donne l'impression, dès le préambule, que la méthode précédente a atteint ses limites, car l'assemblage des éléments préfabriqués à l'aide des pièces métalliques est « difficile et compliqué et n'offre pas le degré de résistance voulue ». Nous retrouvons un système d'ossature fermée par panneaux. L'innovation réside dans l'assemblage assuré désormais par des tiges métalliques traversant des conduits prévus dès le moulage des pièces principales sur toute leur longueur. L'armature est donc plus solide que les anneaux locaux du brevet précédent, en créant de véritables chaînages continus horizontaux et verticaux. Une autre nouveauté est la « double peau » du mur, formée de deux panneaux séparés par un vide. Bérard ne mentionne pas de préoccupation pour l'isolation thermique, mais cette couche d'air a un certain intérêt dans ce domaine, malgré la forte conductivité du béton et les grands ponts thermiques que sont les pièces d'ossature. En analysant les détails constructifs, il est possible de décomposer le mur selon les étapes de son montage. Il s'agit d'un procédé par assises successives qui s'inspire des techniques traditionnelles et les adapte à la préfabrication en béton armé. Les premières pièces mises en place sont les « parpaings », en réalité des potelets traversés par des tiges métalliques.

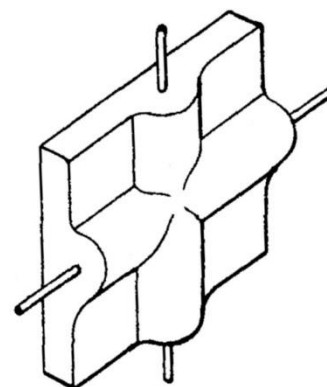
⁵⁹⁶ BÉRARD Édouard. *Improvements relating to Constructions of Reinforced Cement or Concrete*. Patent N° 17.972 (Grande Bretagne), 13 décembre 1906.

⁵⁹⁷ BÉRARD Édouard. *Mur en béton armé*. Brevet N° 401.748, 9 août 1909.

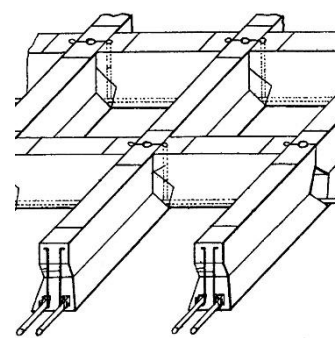
Ces éléments sont reliés par des panneaux rectangulaires de faible épaisseur à l'extérieur et à l'intérieur du mur, ménageant la couche d'air. Sur la seconde assise, les potelets se superposent aux précédents et reprennent les tiges, mais sont de forme différente en raison des ailettes qui s'alignent sur les panneaux de cloison. Ceux-ci sont, par la suite, moins longs que ceux de la rangée basse et l'appareillage montre des sortes de fausses assises alternées qui pourtant fonctionnent comme telles, les ailettes assurant un bon encastrement. Toutes les zones de contact et les joints sont remplis de béton frais. Sur les deux premières rangées vient se poser un chaînage horizontal formé de pièces de la même section que les potelets et traversées aussi par des tiges métalliques. Les six assises suivantes ne sont pas interrompues et il y a encore deux chaînages en partie haute du mur, dont un inutile. Il est difficile de ne pas remarquer, ici, une certaine recherche sur le plan de l'esthétique.

Un complément à ce système est le brevet déposé à quelques jours d'intervalle, concernant la construction de fermes de charpente en ciment armé⁵⁹⁸. Il s'agit d'un concept de préfabrication qui anticipe les charpentes d'Henri Deneux inspirées par Philibert de l'Orme. Bérard propose une triangulation de type classique à faible pente, composé de différentes pièces. Les petits éléments moulés d'avance qui constituent l'entrait disposent de conduits horizontaux dans lesquels sont introduites des tiges métalliques, fixées définitivement par un coulis de béton. Les arbalétriers sont des éléments entiers ou composés de plusieurs morceaux assemblés. Au sommet, à la rencontre des arbalétriers, une « clé » comporte les attentes pour la panne faîtière qui assure le contreventement longitudinal. Elle soutient aussi un poinçon métallique qui est relié à l'entrait pour l'empêcher de fléchir. Bérard accepte tout type de couverture, mais recommande les dalles en béton armé à emboîtement qu'il dessine.

L'architecte envisage également la construction de voûtes et coupoles en ciment armé⁵⁹⁹. En utilisant des pièces rectangulaires moulées d'avance et similaires à celles proposées pour les murs, ce mode de construction permet de réaliser des berceaux et des calottes sphériques. Les armatures sont enrobées dans des demi-boudins qui économisent la matière et allègent les éléments. Grâce à ces modénatures, un effet décoratif peut être obtenu sur l'intrados des voûtes. En outre, Bérard conçoit un plancher préfabriqué en ciment armé à base de poutres et traverses assemblées à partir de pièces courtes⁶⁰⁰, similaires à celles prévues pour les fermes, ainsi qu'un système d'appareillage des murs en panneaux de ciment armé à l'aide d'agrafes métalliques⁶⁰¹.



86 Pièce préfabriquée en ciment armé pour voûtes ou murs, 1909. Brevets N° 401.748 et 402.840.



87 Plancher en pièces préfabriquées système Bérard, 1909. Brevet N° 405.503.

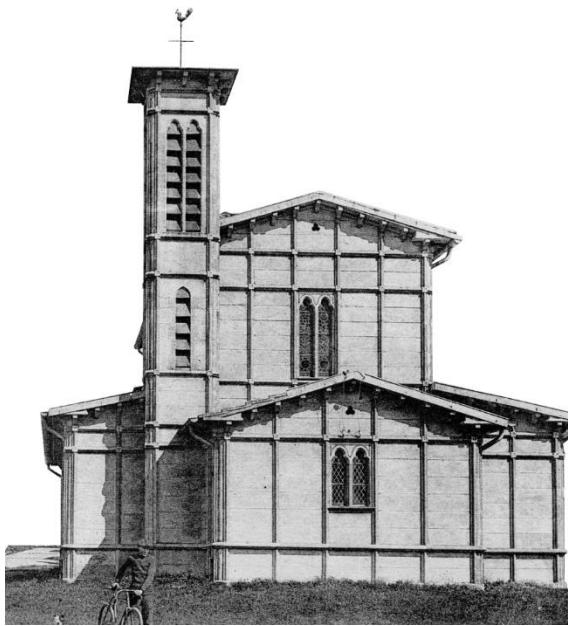
⁵⁹⁸ BÉRARD Édouard. *Ferme en ciment armé*. Brevet N° 401.899, 14 août 1909.

⁵⁹⁹ BÉRARD Édouard. *Voûtes et coupoles en ciment armé*. Brevet N° 402.840, 9 septembre 1909.

⁶⁰⁰ BÉRARD Édouard. *Plancher en ciment armé*. Brevet N° 405.503, 17 novembre 1909.

Notre-Dame de l'Assomption, Rungis (Val-de-Marne), 1909

Bérard construit ce lieu de culte à la place de l'ancienne église du village de Rungis, démolie au début du XX^e siècle et dont seul un fragment de clocher est conservé. Le terrain est situé à la limite du village, dans un environnement non urbanisé. Grâce à son système constructif, l'architecte assure l'exécution des travaux en seulement un an. Malgré ses modestes dimensions et son austérité, l'intérêt de cette église est majeur pour le sujet que nous traitons. Il s'agit de l'un des premiers édifices de culte construits en éléments préfabriqués en béton armé, mais aussi de l'un des exemples précoces, sinon le premier, où le nouveau matériau reçoit une écriture esthétique propre.



88 Notre-Dame, Rungis. Vue du chœur.
Carte postale Marquier, 1930.

Tout est rationalisé dans la conception architecturale de cet édifice. Le plan est allongé, avec une nef centrale à chevet plat et deux collatéraux présentant une coupe transversale de type basilical. Un clocher à plan carré de très faible emprise surgit de l'intersection entre le collatéral nord et la sacristie basse située derrière l'autel. L'enveloppe globale est constituée de l'ossature préfabriquée en béton armé brut inventée par l'architecte qui crée un rythme par ses éléments porteurs verticaux et horizontaux en saillie. Ces pièces, entre lesquelles sont posés les panneaux de cloison en béton, disposent d'un profil extérieur mouluré et leurs intersections sont mises en valeur par des cubes empreints d'un motif décoratif. En partie supérieure, des consoles à profil courbe assurent le support des débords de toit. Ces derniers sont à faible pente et n'ont qu'un rôle utilitaire, sans

participer de la composition volumétrique. Sur l'ensemble des façades, les baies géminées en arc trilobé réalisées en béton préfabriqué font référence à la tradition gothique. Elles disposent de liserés en mosaïque comme seule ornementation au niveau des linteaux. La façade principale ne dispose pas d'un traitement spécial, à l'exception de l'entrée marquée par un porche d'inspiration gothique à arcs brisés et pinacles, disparu en 1990, au profit d'un auvent en rupture avec l'architecture existante.

L'intérieur de l'église est rythmé par les mêmes éléments d'ossature visibles en façade parce qu'ils traversent les murs. Entre la nef et les collatéraux, les travées disposent de colonnes rondes basses à chapiteaux évasés surmontés d'arcs surbaissés. Un plafond sur poutres en béton armé posées sur corbeaux couvre le vaisseau central. Ce qui frappe surtout, c'est la parfaite franchise constructive qui fait correspondre l'avant et le revers des façades.

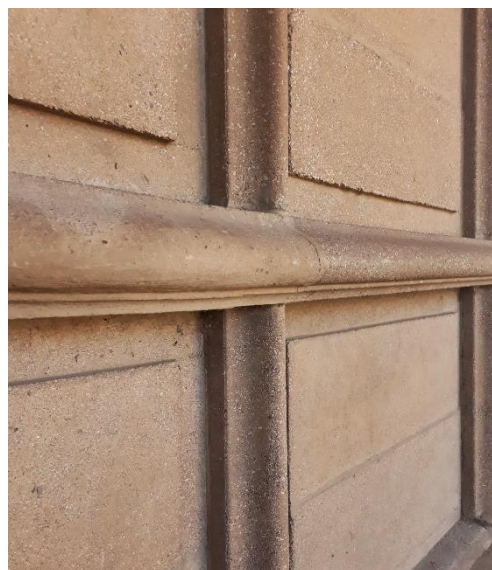
⁶⁰¹ BÉRARD Édouard. *Mode d'appareillage de murs en ciment armé*. Brevet N° 402.522, 1^{er} septembre 1909.

Bérard exprime à la fois la fonction et le processus de fabrication de chaque élément constructif, fidèle à ses brevets et à un principe de sincérité constructive. Il prend certainement un risque dans cette période où le goût est peu préparé à accepter le béton apparent. Le béton apparent de l'église de Rungis présente une teinte de fond d'ocre chaud provenant du sable, avec des gravillons blancs et rosés de petit diamètre qui donnent aux pièces parfaitement moulées un aspect bigarré typique pour la pierre.

Quelques années auparavant, Anatole de Baudot n'était pas allé aussi loin dans cette expressivité technologique, en préférant enduire et peindre le ciment armé de l'église Saint-Jean de Montmartre, d'ailleurs parfaitement coffré et lisse. Même les disciples du système Bérard, comme Debeauve-Duplan ou Nasousky enrichissent les éléments constructifs afin de ne pas choquer leur clientèle. Ils font ce qui aurait été inacceptable pour Bérard, c'est-à-dire des éléments pastichés de style médiéval.

À l'origine, les couvertures de l'église de Rungis sont en tuiles de terre cuite mécaniques typiques de la banlieue parisienne, sinon en tuiles en béton selon le brevet contemporain de l'architecte⁶⁰², mais elles sont remplacées ultérieurement en grande partie par du métal. Les fines rives à tuiles scellées au mortier sont supprimées au profit de tôles qui changent sensiblement la lecture des façades, et ce dès les années 1930.

Assez dénaturée par ces travaux, ainsi que par la suppression du porche et les extensions mal insérées, l'église est, toutefois, inscrite depuis 1999 au titre des monuments historiques⁶⁰³. D'autre part, l'environnement immédiat de l'église change profondément sa perception paysagère à partir des années 1960 quand l'urbanisation de Rungis s'accélère.



89 Notre-Dame, Rungis. Détail de façade.
Photo : l'auteur, 2017.



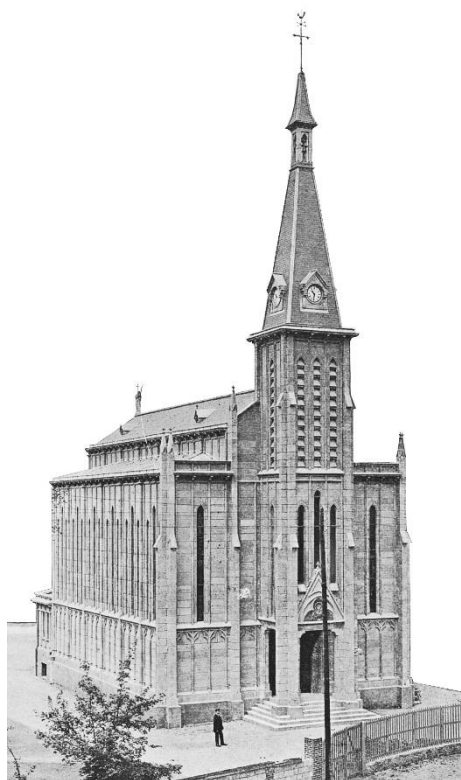
90 Notre-Dame, Rungis.
Détail d'angle réalisé selon le brevet 401.478.
Photo: l'auteur, 2017.

⁶⁰² Les photographies anciennes consultées ne permettent pas de faire la distinction entre les deux types de couverture.

⁶⁰³ Référence Mérimée PA94000010. L'église, avec la référence cadastrale J 17, est inscrite par arrêté du 9 février 1999.

Sainte-Pauline, Le Vésinet (Yvelines), 1911-1913

La deuxième église construite au Vésinet, Sainte-Pauline, est tout aussi innovante que la première, Sainte-Marguerite, érigée entre 1862 et 1865 par Louis-Auguste Boileau en béton aggloméré système François Coignet et charpente métallique. C'est d'ailleurs à Sainte-Marguerite que Maurice Denis fait son entrée dans le domaine de l'art sacré, en dessinant les cartons pour les vitraux dans les années 1890⁶⁰⁴. Cette fois, l'architecte Debeauve-Duplan met en œuvre le système breveté par Édouard Bérard pour la construction d'un projet souhaité et financé en totalité par un mécène local⁶⁰⁵.



91 Sainte-Pauline, Le Vésinet.
L'Architecture usuelle, N° 176, 1923.

Sainte-Pauline est construite sur un terrain d'angle en surface de 4000 m², donné à cet effet à l'évêché de Versailles par Adèle Chardron en souvenir de son mari disparu en 1905. Il avait déjà fait différents dons immobiliers à la ville. Le couple avait également perdu leur fille unique nommée Pauline, morte à l'âge de 20 ans, d'où le choix du vocable. La première pierre est posée le 13 juin 1911 par l'évêque, Monseigneur Gibier et le chanoine Paul Cantrel, curé de Sainte-Marguerite⁶⁰⁶. Madame Chardron continue à financer les travaux, finalisés en 1913 par l'entreprise de maçonnerie Genoni, l'entreprise de couverture-plomberie Le Camme, le maître verrier E. Moyses, le sculpteur H. Blampain, le peintre Letot (plafond) et la maison de ferronnerie Duhamel. Le 13 juillet 1913, l'église est consacrée par l'évêque Gibier⁶⁰⁷. En 1919, l'église devient le siège d'une nouvelle paroisse. En 1947, est mise en place la verrière axiale du chœur et en 1971 le chœur est transformé par l'intervention de l'architecte Dominique Denis, en même temps qu'a lieu l'installation des vitraux de la nef par l'atelier du maître verrier André Ripeau.

Les murs sont en blocs de maçonnerie système Bérard, préfabriqués en béton aggloméré par moulage et goujonnés à leur emplacement définitif⁶⁰⁸. Initialement, les voûtes sont prévues en éléments préfabriqués typiques du brevet de Bérard à ce sujet, comme l'indique les coupes constructives⁶⁰⁹. Ce mode constructif est abandonné au profit des briques creuses système Charles Daussin.

⁶⁰⁴ DE FINANCE Laurence, STAHL Fabienne. La collaboration entre Maurice Denis et Henri Carot à la lumière de la restauration des verrières du Vésinet (Yvelines). In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/5471> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.5471> (Consulté le 10 août 2023).

⁶⁰⁵ Église Sainte-Pauline du Vésinet (Seine-et-Oise). In : *L'Architecture usuelle*, N° 179, 1923, pp. 273-277.

⁶⁰⁶ ARCHIVES de la paroisse Sainte-Pauline du Vésinet. Procès-verbal de la bénédiction de la première pierre de la chapelle Sainte-Pauline du Vésinet. 13 juin 1911.

⁶⁰⁷ Idem.

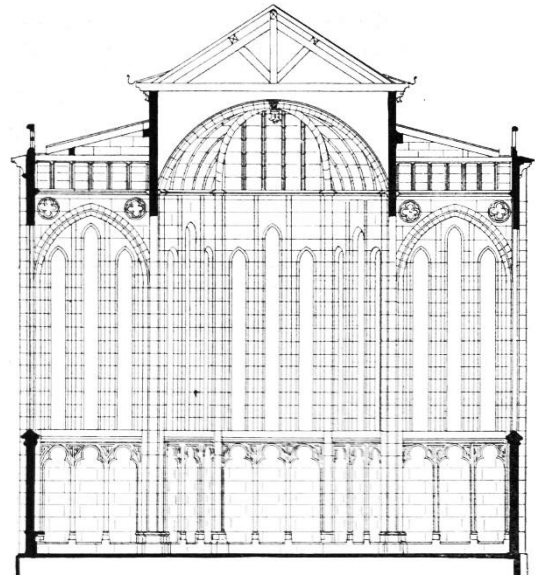
⁶⁰⁸ Référence Mérimée IA00057549. Note établie par CUEILLE Sophie.

⁶⁰⁹ Église Sainte-Pauline du Vésinet (Seine-et-Oise). Art. Cit., p. 277.

Le plan de l'église comporte une nef centrale sur cinq travées, terminée par une abside pentagonale doublée par la sacristie, qui reste basse et couverte par une terrasse. Deux collatéraux très hauts sont séparés de la nef par des piles d'inspiration gothique, à quatre fûts accolés en croix, couronnés de chapiteaux et surmontés d'arcs. Une voûte en berceau couvre le vaisseau principal, soutenue par des arcs doubleaux légèrement saillants qui correspondent à chaque travée. Les collatéraux sont rythmés sur la direction transversale par des arcs brisés. En raison de la hauteur presque équivalente des trois vaisseaux, les façades latérales sont pourvues de grandes baies vitrées qui assurent un éclairage optimisé. Un clocher central sur plan carré laisse à sa partie inférieure la place pour le porche d'entrée.

L'édifice dispose d'une charpente en bois à fermes triangulaires basses sur la nef centrale et à demi-fermes avec un angle encore moins important sur les collatéraux. Quant au clocher, il est couronné d'une toiture élancée à quatre pentes, intégrant une horloge sur chaque face.

Concernant l'aspect constructif, la préfabrication des matériaux employés est immédiatement visible. Si la plupart des éléments de langage architectural appartiennent à l'auteur du projet, certains détails sont directement issus du procédé Bérard, notamment sur les façades latérales et arrière. Ici, les chaînages en forme de baguettes (demi-boudins), ainsi que les corbeaux qui soutiennent la corniche, rappellent l'église de Rungis, bâtie par Bérard lui-même.



92 Sainte-Pauline, Le Vésinet. Coupe illustrant les voûtes en éléments préfabriqués système Bérard, non réalisées.
L'Architecture usuelle, N° 176, 1923.

3.4.2 Alfred-Jacques Nasousky et les églises à blocs moulés en béton

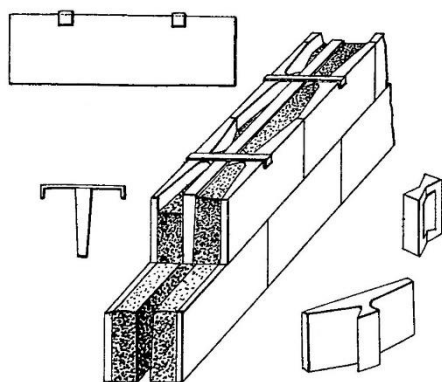
Né à Vézelay en 1864 dans une famille de maçons originaires de Bohême-Moravie, Alfred-Jacques Nasousky apprend depuis son jeune âge le travail de la taille de pierre, dans l'atelier de son père et puis de son oncle à Sens. Ils travaillent sur le chantier de restauration de la basilique de Vézelay sous la direction de Viollet-le-Duc à partir de 1840 et laissent des traces profondes dans la formation du jeune Nasousky, devenu en 1900 gérant d'une société de carrières de pierres dans la région. Elle sera par la suite installée à Paris.

Collaborateur d'Édouard Bérard, qui lui transmet notamment ses procédés techniques liés à la préfabrication d'éléments de maçonnerie et décor en béton, Nasousky se spécialise dans la construction d'églises et reste actif jusque dans les années 1930. En 1908 il participe à la construction de Notre-Dame de l'Assomption de Rungis, moment révélateur qui lui permet de comprendre le potentiel du béton armé. Dès l'année suivante, il réalise la chapelle Saint-Louis de Longwy qui copie

les procédés de son patron. Son vocabulaire propre apparaît vers 1910 avec la chapelle Saint-Joseph-des-Quatre-Routes à Asnières-sur-Seine, alors que la disparition de Bérard deux ans plus tard ne fait que marquer définitivement l'indépendance de son élève. Nasousky s'installe au Havre en 1910, où il finira ses jours en 1943⁶¹⁰.

Les brevets Nasousky

En 1913, Alfred Nasousky dépose un brevet d'invention pour un « mode de construction de murs creux au moyen d'éléments en ciment »⁶¹¹. Dans le préambule, il déplore les défauts d'étanchéité des murs en éléments de ciment moulés d'avance, dont de nombreuses variantes sont envisagées depuis plusieurs années⁶¹². Il mentionne les inconvénients liés à humidité dans les logements et critique les remèdes proposant un enduit étanche aux silicates, trop cher et altérant l'aspect naturel des matériaux. Si Nasousky reconnaît l'existence d'une préoccupation générale pour la maçonnerie en murs creux, le problème est, d'après lui, la solidité de l'ensemble maçonné qui est obtenue par des pièces de jonction insatisfaisantes en raison de leur manque d'étanchéité à l'eau. À cette époque, les murs creux sont constitués de deux faces parallèles complètement séparées. La méthode proposée par Nasousky est de relier les deux faces par des « clés » à double queue d'aronde en terre cuite vernissée ou vitrifiée. Des clés rectangulaires sont également utilisées dans ce système.



93 Mur creux en béton moulé, Nasousky, 1913.
Vue des éléments et d'une section de mur.
Brevet N° 453.896.

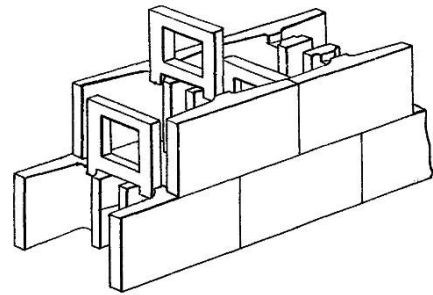
Concrètement, les éléments en béton du mur sont moulés d'avance et forment chacun une moitié de bloc de maçonnerie, avec une face extérieure rectangulaire plate et une face intérieure marquée par une branche médiane en queue d'aronde réservée à l'accrochage. Sur chantier, les éléments sont positionnés en assises de part et d'autre du mur, en mettant entre les deux des pièces d'accroche en terre cuite (clés). Une planche en bois est ensuite introduite afin de ménager un espace vide au milieu. De section légèrement trapézoïdale pour faciliter son extraction ultérieure, la planche a la hauteur de l'assise et reste en place pendant le coulage du béton frais entre les éléments fixés. Pour maintenir en place ce coffrage perdu, la planche porte des traverses métalliques pliées de manière à fixer deux pièces face-à-face.

⁶¹⁰ CHEVALLEREAU François. *Un architecte havrais repense l'art de construire : Alfred Jacques Nasousky*. Conférence au fort de Tourneville, 11 janvier 2018. Société Havraise d'études diverses ; Havrais dire. Blog de Dan, Nicéphore et Goé. *Alfred-Jacques Nasousky 1/2*. Résumé des travaux de Alain Dehaene et François Chevallereau. URL cité. Pourtant, selon le brevet N° 665.803 pour « murs lumineux », il réside (brièvement ?) dans le territoire de Belfort en 1928.

⁶¹¹ NASOUSKY Alfred-Jacques. *Mode de construction de murs creux au moyen d'éléments en ciment*. Brevet N° 453.896, 16 avril 1913.

⁶¹² Cf. paragraphes consacrés plus haut au contexte de la préfabrication avant 1914.

En 1919, Nasousky dépose sa demande pour un brevet au Royaume-Uni⁶¹³, représentant une amélioration ou une nouvelle version de son système. L'inventeur reprend une partie de son avant-propos relatif à l'humidité et parle du perfectionnement des murs remplis de béton. Par rapport au brevet de 1913, le remplissage partiel en béton à l'aide de la planche disparaît pour laisser un mur complètement creux, pouvant être érigé à sec avec des éléments préfabriqués. Le principe des éléments de façade est le même que dans le brevet précédent, mais les pièces d'accrochage prennent désormais la forme des cadres en terre cuite, sur toute la hauteur de l'assise.



94 Perfectionnement du mur creux à pièces préfabriquées, Nasousky, 1919. Brevet N° 124.735.

En pratique, une fois la première assise montée, ces pièces viennent se positionner sur des entailles réservées dans les éléments principaux. Elles sont ensuite intégrées et donc cachées par la deuxième assise grâce au décalage des éléments principaux. Les ouvertures laissées dans ces cadres de connexion permettent la circulation de l'air. Seuls les angles sont remplis de béton afin d'être renforcés. Des pièces spéciales sont prévues pour l'arrêt droit ou pour l'angle de deux murs.

Après avoir déposé un autre brevet⁶¹⁴ à Montréal le 1^{er} octobre 1919, Nasousky fait la même démarche en France le 20 août 1920 pour le même sujet des murs creux⁶¹⁵. Avec le souci de créer des cloisons étanches, il effectue une combinaison entre la méthode précédente et des carreaux de plâtre ordinaires. En effet, la technique ne garde les éléments principaux formant parement que sur l'extérieur, et les remplace avec des carreaux sur l'intérieur. L'intérêt de cette nouvelle invention est de rendre encore plus économique le système par la réduction de moitié des pièces principales moulées, mais au moyen d'un compromis sur la stabilité d'ensemble.

En 1922, Nasousky construit un ensemble d'environ deux cents maisons ouvrières au Havre - Haut Graville sur le plateau de la Frileuse, où sont projetées 2000 logements. En tant qu'entrepreneur général, il fabrique sur place les éléments de construction nécessaires, notamment pour la maçonnerie. L'atelier créé sur le chantier peut produire chaque jour 2000 blocs et 800 clés en ciment aggloméré.

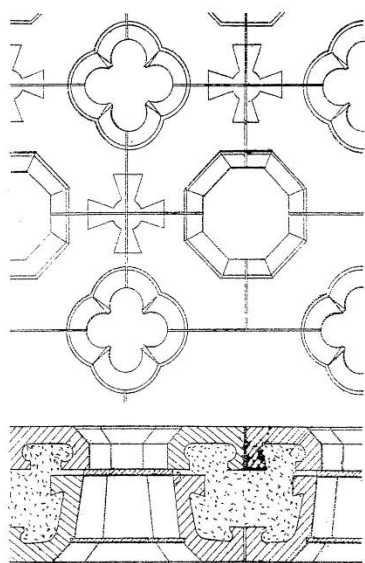
Les blocs sont en forme de T, avec la face extérieure de 33 cm par 21 cm et un tenon perpendiculaire à la face intérieure profond de 9 cm avec une épaisseur de paroi de 4 cm. Ces éléments sont posés dos à dos pour obtenir un mur creux de 26 cm. Les clés de 18/30/5 cm sont posées transversalement entre les carreaux à l'intérieur afin de renforcer l'ensemble. Si les tenons des blocs sont intercalés au lieu d'être adossés, les murs obtenus sont de 13 cm épaisseur, ce qui les rend adaptés aux cloisons

⁶¹³ NASOUSKY Alfred-Jacques. Patent (brevet) N° 124.735 (Grande Bretagne), *Improvements in or relating to Walls Comprising Cast or Moulded Elements*, 11 décembre 1919.

⁶¹⁴ NASOUSKY Alfred-Jacques. *Murs creux*. Patent (brevet) N° 223.647 (Canada), 1^{er} octobre 1919.

⁶¹⁵ NASOUSKY Alfred-Jacques. *Élément de construction destiné à l'établissement de murs creux et étanches*. Brevet N° 530.897, délivré le 12 octobre 1921.

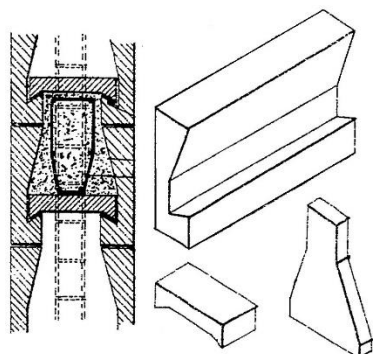
intérieures. La matière première est obtenue dans un malaxeur électrique relié à un compresseur qui fabrique les pièces, qui sont séchées par la suite à l'air pendant au moins cinq jours⁶¹⁶.



95 Claustra en béton moulé, 1927-1928.
Brevet N° 649.130.

Alfred Nasousky dépose en 1927 un brevet⁶¹⁷ où l'on remarque clairement l'application à l'architecture religieuse. Nommé « mur lumineux », le système de cloison creuse permet l'intégration de l'éclairage électrique dans des claustras à formes d'inspiration médiévale, octogonale ou quadrilobées. Les lampes peuvent être fixées entre deux vitrages, dont l'un peut être décoratif (vitrail).

Un brevet plus élaboré est déposé par Nasousky en 1928 et propose une nouvelle technique de réalisation des murs creux à partir d'éléments préfabriqués en béton moulé⁶¹⁸. Les méthodes précédentes ne sont plus améliorées par cette invention qui propose un système de synthèse, soucieux en théorie non seulement de l'étanchéité, mais aussi de l'isolation thermique. Nous retrouvons toujours les mêmes types d'éléments : les parements intérieurs et extérieurs et les pièces de liaison. L'ensemble peut intégrer des poutres et piliers en béton armé ou des gaines techniques.



96 Mur creux, variante, 1928.
Brevet N° 665.803.

Le changement fondamental est apporté aux branches médianes d'accrochage aux pièces de parement, qui sont remplacées par des rainures en demi-queue d'aronde sur lesquelles se posent des éléments de liaisons horizontales. Celles-ci peuvent former la face basse d'un coffrage perdu de poutre ou chaînage en béton armé. Pour bloquer les faces verticales d'un coffrage perdu destiné à un pilier en béton armé, Nasousky conçoit des éléments de type tympan qui ferment complètement l'espace entre les pièces intérieures et extérieures.

En 1934, un nouveau brevet ayant comme objet le chauffage par les murs est obtenu par le constructeur⁶¹⁹. Sa caractéristique est un vide réservé dans chaque assise des murs, lequel sert de conduit de chaleur probablement à eau chaude. La pièce préfabriquée principale, en béton moulé, est en forme de U couché, fermée par une deuxième pièce en forme de L. Cette dernière constitue le coffrage perdu intérieur du mur composite, d'autres éléments préfabriqués similaires étant fixés en parallèle, à un certain écart, sur sa face extérieure. Une fois l'assise montée, le béton frais est coulé dans le coffrage et des attaches en forme de queue d'aronde sont disposées pour assurer la solidité.

⁶¹⁶ Visite des maisons ouvrières du Haut Gravelle. In : *Annuaire des cinq départements de la Normandie. Congrès de Montivilliers 1922*. Caen-Rouen : À. Mouville, Lestringant, 1923, pp. 182-186.

⁶¹⁷ NASOUSKY Alfred-Jacques. *Constructions avec murs lumineux*. Brevet N° 649.130, délivré le 21 août 1928.

⁶¹⁸ NASOUSKY Alfred-Jacques. *Mode de construction au moyen d'éléments moulés*. Brevet N° 665.803, délivré le 13 mai 1929.

⁶¹⁹ NASOUSKY Alfred-Jacques. *Chauffage par les murs*. Brevet N° 769.969, délivré le 18 juin 1934.

Un autre brevet déposé en 1937 montre l'intérêt toujours présent du constructeur pour un mode de construction économique, ici dédié à l'habitation⁶²⁰. Le préambule insiste à nouveau sur l'humidité, l'assainissement et la salubrité, en présentant le projet comme une alternative à la pierre, au béton armé coulé sur place ou à la brique, qui sont sensibles à ces phénomènes. En effet, le nouveau système est limité aux murs, sans offrir de solutions pour les fondations, planchers ou toitures. La face intérieure est constituée de poteaux en bois entretoisés par des traverses et couverts par des lambris verticaux. Sur l'extérieur du mur on retrouve des pièces de béton moulé/pierre reconstituée de forme rectangulaire en élévation et de U à branches en plan. L'espace ménagé à l'intérieur du U est occupé par les poteaux en bois, et une liaison est proposée entre les deux matériaux par une coulée de béton. On remarque que les assises ne sont plus alternées en raison de la continuité verticale des poteaux. Si le résultat est un mur ventilé difficilement franchissable par l'eau, son étanchéité à l'air est plus douteuse, les joints de façade n'étant pas couverts.

Dans sa publicité, Nasousky insiste sur l'étanchéité « calorique » et l'étanchéité à l'eau des murs grâce au caractère creux de la cloison et aux clés hydrofuges qui font barrière à la capillarité entre les blocs⁶²¹. L'économie est justifiée par l'inutilité des enduits, par la limitation des mortiers pour les joints, mais aussi par la facilité de fabrication, y compris « par des femmes ou des jeunes gens après un apprentissage de quelques heures »⁶²². Pour la construction des églises, un service technique étudie les moules et l'appareillage qui, en théorie, peut s'adapter à tous les styles souhaités par les architectes.

D'après une source⁶²³, Nasousky dépose un total de treize brevets d'invention entre 1910 et 1938. Son concessionnaire unique est Joseph Mège qui obtient une partie du marché de la reconstruction après la Première Guerre mondiale. C'est lui qui l'introduit dans les Chantiers du Cardinal, pour lesquels il conçoit quatre églises : Saint-Louis-du-Progrès à Drancy (1931), Saint-Ferdinand d'Argenteuil (1932), Saint-Jeanne d'Arc de la Mutualité à Saint Denis (1931-1933)⁶²⁴ et Notre-Dame-du-Perpétuel-Secours à Asnières (1934)⁶²⁵.

Les procédés Nasousky sont aussi employés pour l'église Notre-Dame-des-Anges à Belfort, construite en 1931 et démolie en 2015. Au Havre, l'église Notre-Dame-du-Bon-Secours de Gravelle, érigée en 1913 selon des principes similaires à clés rectangulaires, est démolie en 2010. L'église Saint-Léon de Havre, érigée entre 1913-1916 avec des clés cruciformes, est démolie en 1987. L'usage de sable de mer dans la composition des bétons, ainsi que les sels présents dans l'air marin du Havre expliquent les dégradations jugées irrémédiables qui ont mené à la disparition de ces édifices. En revanche, Sainte-Cécile de Havre subsiste, mais dépourvue de son clocher ouvert d'origine, alors que

⁶²⁰ NASOUSKY Alfred-Jacques. *Dispositif de construction de maisons d'habitation*. Brevet N° 824.911, 18 novembre 1937.

⁶²¹ *Notice sur les procédés de construction en murs creux système Nasousky brevetés en France et à l'étranger*. Paris : imprimerie E. Rasquin, s.d., 29 p.

⁶²² *Idem*, p. 5.

⁶²³ HAASÉ Pierre. Un architecte novateur vézelien. Alfred-Jacques Nasousky. Conférence. <https://docplayer.fr/125689859-Conference-de-m-pierre-haase-un-architecte-novateur-vezelien-alfred-jacques-nasousky.html> (Consulté le 10 août 2023).

⁶²⁴ *Le Christ dans la banlieue*, N° 6, 1933, p. 25 et N° 7, 1933, p. 13.

⁶²⁵ *Le Christ dans la banlieue*, N° 13, 1935, p. 19 ; N° 14, 1935, p. 25 ; N° 15, 1935, p. 26. C'est le 64^e chantier du Cardinal, avec une façade en pierre, dalle en béton armé pour la crypte et pour le reste en système Nasousky. Les chapiteaux sont l'œuvre de Madeleine Chantrel, femme de l'architecte-constructeur, dite Nasouska.

Notre-Dame de Lourdes de Sotteville-lès-Rouen, plus éloignée de la mer et disposant d'une charpente en béton armé apparente dans la nef, est conservée.

Dans le système constructif Nasousky, les voûtes reposent sur des arcs diagonaux construits en claveaux moulés en forme de U et accolés au mortier à joints comme ceux de la maçonnerie ordinaire. Une fois les quatre arcs d'une voûte montés, l'espace creux est rempli de mortier de béton maigre au niveau de la clé pour assurer la pression en attente du montage des remplissages en brique. À Saint-Léon du Havre, les arcs diagonaux ne sont pas armés⁶²⁶, ce qui n'est pas le cas à Notre-Dame des Anges de Belfort, où le ferrailage ressort au niveau des arcs lors de la démolition⁶²⁷. Si des variations au niveau des voûtes peuvent exister, ce procédé en blocs de béton moulé reste malgré tout mixte par l'emploi de murs non armés (sauf raidisseurs éventuellement) et de colonnes armées.

Nasousky reste préoccupé pendant plus de vingt ans par la préfabrication des murs étanches à l'eau, dans une démarche hygiéniste qui est alors d'actualité. Il a la chance d'expérimenter et d'appliquer ses solutions sur les nombreux chantiers d'églises qu'il conduit. Malgré son courage sur le plan technique, il n'est pas intéressé par une transformation conséquente de sa composition architecturale, se limitant à copier des formes consacrées, même quand il propose le plan centré original de Sainte-Cécile du Havre. Trop occupé par ses nombreux chantiers et idées constructives, il n'a pas les moyens ou la volonté de convaincre la maîtrise de l'ouvrage, encore persuadée de la validité des modèles anciens, de ce qu'une innovation spatiale serait possible avec ses procédés. Après sa mort, les brevets sont hérités par ses filles et sa femme, l'artiste Madeleine Chantrel dite Nasouska, mais ne seront plus exploités.

Saint-Louis, Longwy (Meurthe-et-Moselle), 1909

En 1909, Nasousky démarre son activité d'architecte indépendant avec une série d'édifices religieux, le premier étant la chapelle Saint-Louis de Longwy⁶²⁸ (Meurthe-et-Moselle). L'édifice est construit en système Bérard, sans recherche d'originalité mis à part quelques détails appliqués. Des éléments préfabriqués agglomérés en béton, reliés par des goujons métalliques, sont mis en œuvre. Le type basilical est affirmé dans le profil de la façade principale, alors que l'ossature fine en béton armé remplie de parpaings est visible sur l'ensemble des élévations. Le squelette se développe dans les directions horizontale et verticale par des moulures (demi-boudins) de même section, alors que leurs entrecroisements sont soulignés par de pseudo-modillons cubiques portant un motif concave sommaire. Ces caractéristiques sont identiques à celles de l'église bâtie par Bérard à Rungis.

L'ossature horizontale est mise en place de manière à obtenir des panneaux qui rappellent le soubassement et une architrave. Le toit à deux pans et légère pente dispose d'un débord porté sur des

⁶²⁶ Photographie de chantier de Saint-Léon de Havre. Collection Michel Fouquet. Havrais dire. Blog de Dan, Nicéphore et Goé. *Alfred-Jacques Nasousky 1/2*. Résumé des travaux de Alain Dehaene et François Chevallereau. URL : <http://havraisdire2.canalblog.com/archives/2018/06/03/36441118.html> (Consulté le 10 août 2023).

⁶²⁷ GORAU Xavier. Belfort : l'église Notre Dame rejoint les anges. In : *L'Est Républicain*, 24 août 2015. URL : <https://www.estrepublicain.fr/vidiodiap/2015/08/24/l-eglise-notre-dame-rejoint-les-anges> (Consulté le 10 août 2023).

⁶²⁸ Référence Mérimée PA94000010 et IA00074508.

corbeaux en béton moulé similaires à ceux de l'église de Rungis. Nasousky « améliore » la composition austère de Bérard par une touche personnelle sur l'entrée. Celle-ci est ornée d'un porche néo-gothique sur une seule travée, comprenant deux colonnes en faisceau soutenant un arc en plein cintre surmonté de petits pinacles et d'une balustrade. En revanche, les fenêtres sont en forme d'arcs trilobés jumelés identiques à celles dessinées par Bérard.

L'église étant démolie à une date incertaine après 1990, il est impossible d'apprécier son aspect intérieur et extérieur autrement que sur la base des cartes postales anciennes et des photographies prises par le service de l'Inventaire du patrimoine⁶²⁹. La partie supérieure du volume de la nef est supprimée au cours du XX^e siècle et les deux toitures des collatéraux sont prolongées pour se réunir et protéger l'ensemble. À l'intérieur, des arcs en plein cintre, appuyés sur des colonnes trapues délimitent la nef par rapport aux bas-côtés. Une référence romano-byzantine simplifiée peut être identifiée dans les bases et chapiteaux, en tronc de pyramide respectivement droit et inversé⁶³⁰.



97 Saint-Louis, Longwy.
Carte postale Picard frères, années 1920-1930.

L'ossature porteuse visible sur les façades est également présente à l'intérieur. Elle s'intègre au niveau des arcs avec un soin esthétique particulier, car le squelette vertical fait office de colonnettes engagées avec des bases posées sur les chapiteaux, comme à l'église de Rungis. Un discret décor peint représentant des motifs d'inspiration médiévale est appliqué sur les deux élévations de la nef.

Saint-Joseph-des-Quatre-Routes, Asnières-sur-Seine (Hauts-de-Seine), 1910-1911

Entre 1910-1911, Nasousky bâtit la chapelle Saint-Joseph-des-Quatre-Routes à Asnières-sur-Seine⁶³¹, où il s'éloigne des techniques constructives et compositionnelles de Bérard. Construite dans le quartier de chiffonniers, avec des fonds privés, la chapelle devenue église paroissiale en 1922 représente un essai de construction économique à partir des blocs creux de maçonnerie en béton pré-moulés remplis de mortier frais. Comme le premier brevet de Nasousky date de 1913, on ne peut que supposer que le mode constructif utilisé à Asnières correspond à ce document, sur la base des dessins et en l'absence de



98 Saint-Joseph-des-Quatre-Routes,
Asnières-sur-Seine.
Carte postale, avant 1914, Archives communales, 4 Fi 262.

⁶²⁹ JACOBS Marie France, GUILLAUME Jacques. Notice IA00074508, 1990.

⁶³⁰ On retrouve ce type de chapiteau très simple dans la crypte de l'église Saint-Seurin de Bordeaux : COLL. *Dictionnaire des églises de France*, tome III b - Guyenne, Robert Laffont, Paris 1967, p. 37.

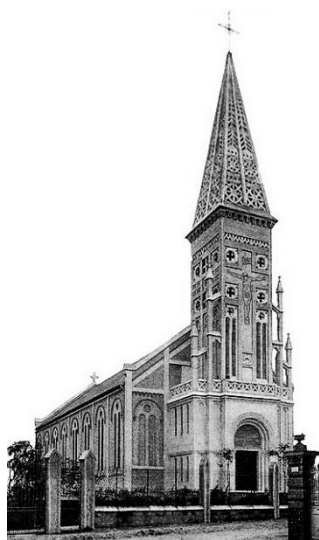
⁶³¹ Référence Mérimée IA00129697.

sondages qui pourraient préciser quelle est la composition interne de la maçonnerie.

Avec une seule nef et deux collatéraux, l'édifice présente une façade d'inspiration basilicale que ne traduit pas, cette fois, la coupe transversale. En effet, le toit simple à deux pans couvrant l'église et la hauteur importante des collatéraux ne permettent pas l'éclairage direct du vaisseau central. L'élévation ouest est conçue en parfaite symétrie. L'entrée principale est soulignée par un portail en léger ressaut, composé d'un arc en plein cintre décoré de modillons reposant sur deux colonnettes engagées. Un tore accuse la profondeur du portail. Ce dernier est surmonté d'une baie triple, suivie sur la direction verticale d'une petite baie ronde et d'une croix qui couronne l'ensemble, tandis que les travées sont encadrées par des contreforts. Les élévations latérales de l'église sont percées de hautes baies doubles terminées par des arcs en plein cintre. Nous ne retrouvons pas l'image quasi-industrielle de l'ossature utilisée à Longwy, l'architecte préférant le calme d'une apparence traditionnelle, où l'espace est défini par des volumes et non des réseaux fins.

À l'intérieur, le vaisseau central est couvert par une voûte en berceau blanche soutenue par des arcs en plein cintre qui reposent sur des colonnes à chapiteaux moulés d'inspiration romane. Les joints de maçonnerie des murs et voussoirs sont volontairement mis en contraste avec le reste. Cette image est aujourd'hui masquée par la peinture générale appliquée récemment. Un détail remarquable est la tribune de l'orgue en béton armé reposant sur deux colonnes à corbeaux. En 1934, le bas-côté sud est agrandi par l'architecte Venner⁶³², qui utilise des arcs surbaissés posés sur des colonnes à chapiteaux identiques à ceux existants dans la nef.

Notre-Dame-de-Lourdes, Sotteville-lès-Rouen (Seine-Maritime), 1916-1926



99 Notre-Dame-de-Lourdes.
Carte postale, années 1930.

Construite entre 1916-1926 selon le procédé Nasousky de maçonnerie à clés cruciformes, l'église de Sotteville-lès-Rouen est initialement imaginée à une échelle monumentale⁶³³ pour être finalement simplifiée pour des raisons économiques. La composition est dominée par un clocher-porche surmonté d'une toiture à quarte pans en claustras ou « dentelles » de béton armé, qui est couverte d'ardoises dans les années 1980 afin de limiter les fortes dégradations du matériau. Selon le type halle, la nef est flanquée de deux collatéraux de hauteur équivalente. Une succession de fermes en béton armé constitue la charpente laissée visible à l'intérieur. Chacune est composée d'une partie porteuse à deux arbalétriers reliés par un entrait, deux jambes de force ainsi qu'un poinçon, prolongés au-delà de l'entrait par des épis, et d'une partie décorative matérialisée par un arc polylobe inscrit dans l'ensemble, dont les faces sont soigneusement lisses et les bords moulurés. Pour chaque travée entre la nef et les collatéraux

⁶³² Les Chantiers du Cardinal. Les tendances. In : *L'Architecture*, N° 5, mai 1938, p. 171.

⁶³³ *Notice sur les procédés de construction en murs creux système Nasousky brevetés en France et à l'étranger*. Op. Cit., p. 16.

sont prévues des ogives épousant les contrefiches qui rigidifient l'ossature porteuse en béton armé entre la poutre sablière et les colonnes. Ces dernières ont une section quadrilobée qui leur donne un aspect très svelte. À l'intérieur de chaque ogive s'inscrit une composition décorative formée d'un arc en plein cintre croisé avec un arc inversé, ainsi qu'un poinçon qui suspend un lustre.

Sainte-Cécile, Le Havre (Seine-Maritime), 1918-1922

La première pierre de cette église dessinée et construite par Nasousky est posée en août 1918 et le chantier s'étale jusqu'en 1922. Les murs sont ici construits en blocs préfabriqués en forme de T avec des clés cruciformes. C'est une exception dans la création du constructeur en raison du plan centré qui la place dans la tradition de l'église Saint-Vital de Ravenne, malgré l'apparence néo-gothique. Une nef centrale à plan octogonal est délimitée de piliers constitués, chacun, de quatre colonnes indépendantes mais reliées à différents niveaux par des colliers qui rigidifient l'ensemble. Elle est entourée d'une nef de hauteur équivalente, bordée de plusieurs chapelles en absidioles. Deux de ces dernières sont plus vastes et correspondent en plan à un faux-transept, alors qu'un chœur assez profond est prévu à l'opposé du narthex, selon les principes du culte d'avant le Concile Vatican II. En volumétrie, le clocher-porche est constitué d'une base pleine et d'un niveau supérieur évidé où des piliers d'inspiration gothique sont couronnés de pinacles, balustres et gargouilles inspirées du Moyen Âge. Il est irrémédiablement affecté par un bombardement en 1944 qui accélère les pathologies du béton. Aujourd'hui, la base est surmontée d'un simple clocheton bas, ajouté dans les années 1990.

Sainte-Jeanne-d'Arc de la Mutualité, Saint-Denis (Seine-Saint-Denis), 1931-1933

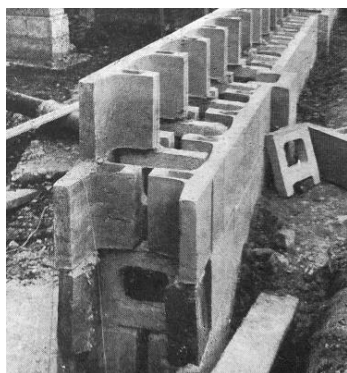
Vers la fin de l'année 1931, Nasousky commence à travailler dans le cadre des Chantiers du Cardinal sur l'église Sainte-Jeanne-d'Arc de la Mutualité à Saint-Denis, dans la « citadelle du communisme », selon la formule de la revue *Le Christ dans la banlieue*⁶³⁴. L'édifice béni le 25 juin 1933 est construit selon les mêmes principes directeurs que la chapelle Saint-Joseph d'Asnières, avec un toit à deux pentes couvrant un vaisseau central et ses deux collatéraux. Pourtant, la façade est plus complexe en raison d'un clocher central surplombant le portail d'inspiration médiévale, formé de colonnettes surmontées par un arc en plein cintre. Le registre médian du clocher est dominé par une grande baie géminée avec des colonnes, couronnées d'une horloge. À son dernier niveau, le clocher passe du plan carré à l'octogone, pourvu



100 Sainte-Jeanne-d'Arc, Saint-Denis. Vue des arcs en pièces préfabriquées avant la construction des voûtes. *Le Christ dans la banlieue*, N° 4, 1932.

⁶³⁴ Nos chantiers d'églises et autres - en banlieue. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 1, 1931, p. 12.

sur toutes ses facettes de baies géminées semblables à celle inférieure. Le toit pyramidal à faible pente rappelle, une fois de plus, dans ce contexte stylistique les formes de l'architecture byzantine et romane d'Italie. De part et d'autre, le clocher est flanqué de deux tours engagées à plan octogonal abritant des escaliers. Plus vers les extrémités, les parties de façade correspondant aux bas-côtés sont chacune ornées d'une baie en arc et d'interprétations de bandes lombardes rampantes suivant la pente du toit. Il faut remarquer que l'architecte essaie de donner l'impression d'un édifice en pierre de taille, d'où les faux joints, la teinte et la modénature typiques à ce matériau.



101 Sainte-Jeanne-d'Arc, St.-Denis.
Murs creux en éléments moulés.
Le Christ dans la banlieue, N° 3, 1932.

Les murs de cette église sont construits à partir de pièces en béton avec un dosage de 350 à 400 kg/m³, moulées sur place dans des formes en fonte et séchées pendant huit à neuf jours avant leur mise en œuvre. S'approchant des dessins joints au brevet Nasousky de 1919, les pièces de parement ont une forme de T en plan, avec les ailes très allongées et un pied (queue d'aronde) creux pour pouvoir passer une armature verticale. Ces éléments sont posés l'un en face de l'autre de manière à ménager un espace vide à l'intérieur du mur, où un deuxième type de pièce est posé. Cette pièce a une forme de carré creux avec deux pieds et s'installe verticalement entre les deux demi-blocs de maçonnerie. Les assises se croisent et l'espace vide est rempli de béton ordinaire.



102 Sainte-Jeanne-d'Arc, Saint-Denis.
Colonnes avec leurs armatures.
Le Christ dans la banlieue, N° 3, 1932.

Les colonnes sont construites avec des pièces moulées de forme adaptée à leur section, mais davantage ferrillées que les murs⁶³⁵. Pour les colonnes en faisceaux, cette armature prend la forme de plusieurs barres verticales, de diamètre moyen, posées au centre de chaque section de colonnette et apparaît, sur les images de chantier, dépourvue de cadres et épingles (armature transversale). L'armature des colonnes serait, par conséquent, incapable de reprendre l'effort de compression, pris en charge presque entièrement par le béton⁶³⁶.

Les arcs en ogive supportant les voûtes sont constitués de claveaux en béton moulé avec une section en forme de U montrant la partie concave vers l'extrados, de façon à recevoir un ferrailage et un remplissage de béton assurant le monolithisme⁶³⁷. Ils sont tous montés comme un grand squelette avant la réalisation des voûtes. À l'intérieur, le chemin de croix est réalisé par Madeleine Chantrel, l'épouse de l'architecte-constructeur⁶³⁸.

⁶³⁵ Nos chantiers d'églises et autres - en banlieue. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 3, 1932, pp. 16-17.

⁶³⁶ Ibidem.

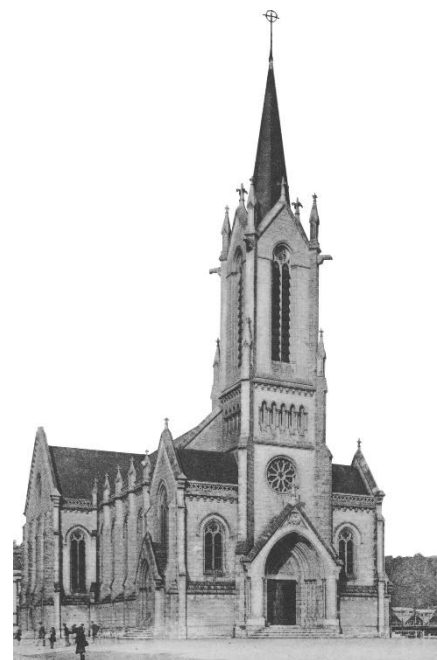
⁶³⁷ Les Chantiers du Cardinal - en banlieue. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 4, 1932, pp. 26-27.

⁶³⁸ *Le Christ dans la banlieue*, N° 7, 1933, p. 22

Notre-Dame de Senelle, Herserange (Meurthe-et-Moselle), 1924-1928

À Herserange, près de la chapelle Saint-Louis de Longwy, Nasousky construit l'église Notre-Dame de Senelle selon les plans de l'architecte Alphonse Kemp. C'est la Société métallurgique Senelle-Maubeuge qui assure le financement. Entre 1924-1928, l'édifice néo-gothique est construit en blocs de maçonnerie et pièces de décor, préfabriqués en béton. Le plan est de type basilical en croix latine, avec un clocher-porche axial et des collatéraux hauts placés sous une toiture unique. Le clocher est flanqué par les bras d'un pseudo-transept disposant de portails surmontés de pignons sur ses façades latérales. À l'autre extrémité, le chœur pentagonal est entouré d'un déambulatoire et d'un corps d'annexes exprimés en volumétrie par un toit plat.

Dans le vocabulaire architectural employé, le matériau utilisé n'est trahi que par l'expression de la technique constructive dans la répétition des éléments, la parfaite symétrie et la régularité rigoureuse des joints et surfaces. Entre les contreforts réduits à de simples piles, de grandes baies vitrées en arc ogival avec des réseaux et dessins identiques percent les façades latérales. Les formes néo-gothiques sont simplifiées et répétées, sans pour autant créer une impression d'austérité. Plusieurs bas-reliefs sont réalisés par Madeleine Chantrel. De plus, les pignons du transept disposaient de corbeaux rampants, entre-temps pour la plupart disparus. Chacun des pignons est orné d'une rosace reprise à l'identique au premier niveau de la tour. Ce dernier, encadré par des contreforts d'angle à retraits successifs, dispose ensuite d'un niveau de galerie d'arcades, puis de l'étage du beffroi avec de hautes baies en plein cintre remplies d'abat-sons aussi exécutés en béton. Entre les quatre pignons terminant les façades du clocher, la flèche sur plan octogonal achève cette composition. La couverture est réalisée en plaques de fibrociment, afin de limiter le coût des travaux.



103 Notre-Dame de Senelle, Herserange.
Vue générale.
Carte postale, années 1930.

L'intérieur est d'une expression néo-médiévale manifeste dans ses formes et ses proportions. Ainsi, les piliers sont constitués de quatre colonnettes identiques dont une seule monte jusqu'à la naissance de la voûte d'arêtes à nervures. L'ensemble des cinq travées de la nef centrale sont couvertes par ce système. Des rosaces à croix trèfle donnant vers les collatéraux ornent les tympans des formerets qui, dans une disposition basilicale typique, auraient permis l'apport de lumière directe. Tous les chapiteaux sont identiques, comme les moulures et les autres éléments de décor. Malgré la lisibilité claire des blocs préfabriqués, les joints réguliers créent un aspect de maçonnerie qui cache le véritable matériau. Seul l'arc surbaissé traversant la nef pour supporter la tribune exprime une hardiesse contemporaine en béton armé.

Sainte-Jeanne-d'Arc de la Chapelle, Paris, 1933

Le projet colossal d'Auguste Perret étant écarté, Nasousky s'associe à Georges Closson pour la construction de la basilique Sainte-Jeanne-d'Arc de la Chapelle⁶³⁹. Chargé de l'exécution et de la surveillance de travaux, Nasousky doit réaliser une façade monumentale en pierre dessinée par Closson qui s'inspire de l'architecture militaire médiévale. Un grand arc ogival développé sur toute la hauteur de l'élévation rectangulaire est orné d'une statue équestre de Jeanne d'Arc. De part et d'autre de l'axe central, deux tours à plan octogonal s'encastrent sous la bande lombarde supérieure qui longe et termine la façade. Nasousky entre en conflit avec l'architecte, en revendiquant la paternité du projet⁶⁴⁰ et se fait vraisemblablement écarter. En octobre 1933, un surcoût considérable est nécessaire pour la réalisation des fondations, à cause d'un sol plus mauvais que prévu⁶⁴¹. Le projet sera finalement modifié par Pierre Isnard en 1959, par manque de crédits.

Chapelle dominicaine, Strasbourg (Bas-Rhin), 1929-1931

L'ordre dominicain quitte Strasbourg en 1521 et ne revient qu'en 1927, trouvant son ancien couvent détruit par la guerre de 1870. Pour se réinstaller, un terrain en bordure du futur campus universitaire est trouvé. Les dominicains souhaitent la construction d'une chapelle en 1929 et acceptent le projet néo-roman de l'architecte Robert Rigal⁶⁴² qui propose d'utiliser le système Nasousky. Économique et rapide d'exécution, le projet propose aussi un aspect général rappelant la maçonnerie en pierre de taille traditionnelle. De plus, les chapiteaux et divers autres éléments de décor peuvent être choisis sur catalogue. Les travaux de construction démarrent le 10 mai 1929 et s'achèvent en avril 1931⁶⁴³.



104 Chapelle dominicaine, Strasbourg.
Photo : l'auteur, 2018.

Le terrain ouvert sur deux voies dispose d'un front plus développé sur le boulevard de la Victoire que sur la rue de l'Université. Cette disposition impose l'implantation de l'édifice parallèlement à la voie principale. Afin de détacher la façade latérale du front bâti continu, l'architecte crée un volume bas à toiture terrasse doublant le bas-côté et situé dans l'alignement. Il dispose d'un léger ressaut par rapport à la façade principale, placée en retrait aussi, ce qui lui permet une lecture visuelle indépendante. La hauteur de ce volume est moins importante que celle du bas-côté proprement dit, d'où un effet de retraits successifs sur le boulevard.

⁶³⁹ Nos chantiers d'églises et autres - à Paris. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 3, 1932, p. 9 ; N° 6, 1933, p. 19.

⁶⁴⁰ BELLAT Fabien. Georges Closson. L'architecte, l'Orient et l'ordinaire. In : *Livraisons de l'histoire de l'architecture*, N° 18, 2009, p. 11. URL : <http://lha.revues.org/219> (Consulté le 10 août 2023).

⁶⁴¹ *Le Christ dans la banlieue*, N° 8, 1933, p. 12 ; N° 9, 1934, p. 20 ; N° 10, 1934, p. 20.

⁶⁴² Diplômé de l'École Spéciale d'Architecture, Rigal a son bureau au 6 rue Thiers à Belfort lorsqu'il réalise la chapelle des dominicains de Strasbourg.

⁶⁴³ ARCHIVES de la ville et de l'Eurométropole de Strasbourg (Bibliothèque) - Cote 709W167.

En plan, la nef dispose de cinq travées égales de 3,20 m d'interaxe. Elle est large de 6,40 m d'interaxe et se termine avec l'abside circulaire du chœur. À l'autre extrémité, un narthex est aménagé dans une travée supplémentaire, espace défini par une séparation horizontale - la tribune de l'orgue, et une verticale - deux colonnes plus fines en face de la nef. De part et d'autre de la nef, les bas-côtés sont étroits d'environ 2 m et couverts par un plafond en bois. Réalisées à partir de plusieurs tambours préfabriqués en béton armé, montés sur les bases octogonales surmontées de tores, les colonnes de la nef disposent de deux types alternés de chapiteaux d'inspiration romane.



105 Chapelle dominicaine, Strasbourg.
Chapiteau en béton moulé. Photo : l'auteur, 2018.

La façade principale exprime la coupe de l'espace intérieur basilical. Un pignon en légère saillie délimité de deux contreforts perpendiculaires de chaque côté abrite le porche. Il dispose de retraits successifs, avec des colonnettes et voussures décorées et abrite un portail surmonté d'un bas-relief de Madeleine Chantrel représentant la Vierge couronnée et flanquée de deux anges à ailes déployées.

Sur les façades, une recherche particulière est faite pour rapprocher au maximum l'aspect des blocs de béton de celui de la pierre locale, le grès rose des Vosges. Le résultat est particulièrement réussi grâce à l'usage de sable rosé. De plus, les blocs font preuve de résistance dans le temps et reçoivent une certaine patine qui s'approche par son aspect de la pierre véritable. La ressemblance peut leurrer les réparateurs, qui remplacent des éléments dégradés en béton par du grès naturel. Ainsi, la deuxième colonnette à droite du porche, un bloc de maçonnerie et un linteau ont été remplacés récemment par de la pierre naturelle véritable.

Saint-Louis du Progrès, Drancy (Seine-Saint-Denis), 1930-1931

L'église Saint-Louis du Progrès est construite dans le quartier de l'Economie à Drancy. Son inauguration a lieu le 25 janvier 1931, avant le démarrage officiel des Chantiers du Cardinal, mais selon la même volonté de l'archevêque Jean Verdier de christianiser la banlieue, sous l'influence des écrits de Pierre Lhande. Bâtie par Alfred Nasousky en béton armé selon son procédé de préfabrication, l'église dispose d'un plan simple, avec une nef centrale sur cinq travées, bordée de deux collatéraux. Le chœur pentagonal est rythmé d'arcades aveugles, tandis que la séparation entre les vaisseaux est réalisée par des arcs en plein cintre.

L'extérieur comporte des références médiévales et affirme nettement la composition des volumes et de l'espace intérieur. Un clocher central dispose de trois baies hautes et étroites sur chaque face et d'un toit en double bâtière surmonte le portail en plein cintre d'inspiration romane. Il est flanqué de deux tours basses engagées sur plan polygonal couronnées par des toits pyramidaux en pierre. Des meurtrières en zigzag révèlent qu'à l'intérieur on retrouve les escaliers. Ce dispositif est similaire à l'église Sainte-Jeanne de la Mutualité de Saint-Denis, construite par Nasousky deux ans plus tard, ou à

l'église Saint-Sébastien de Terville (Moselle), construite en 1937. Les bandes lombardes rampantes présentes sur les parties de façade correspondant aux bas-côtés sont une autre particularité stylistique présente dans plusieurs églises construites par Nasousky.

Les façades latérales sont caractérisées par les rythmes précis des baies, pilastres, garde-corps et corbeaux décoratifs identiques, qui indiquent le procédé de construction employant des pièces préfabriquées. Au niveau de la nef centrale, les groupes de trois baies étroites, dont celle du milieu est plus haute que les autres, représentent une particularité du travail de Nasousky, à signaler aussi à Notre-Dame-du-Perpétuel-Secours à Asnières ou Saint-Martin-des-Chaprais à Besançon.

3.4.3 Charles-Henri Besnard et les églises à éléments constructifs moulés en béton armé

Né en 1881 à Paris, Charles-Henri Besnard devient ACMH en 1920, après avoir suivi l'enseignement d'Anatole de Baudot, dont il est l'un des continuateurs de pensée constructive les plus créatifs. Jeune, il dessine en 1903 les plans de la biscuiterie Poulain à Blois, construite en béton armé système Hennebique⁶⁴⁴. Dans le domaine de la restauration, il travaille notamment avec Paul Gout, ACMH en charge de Notre-Dame-de-Paris et du Mont Saint-Michel, monument sur lequel Besnard écrit une monographie⁶⁴⁵. Il a une autre collaboration fondatrice avec Paul Boeswillwald sur les chantiers de restauration des cathédrales de Périgueux et de Bayonne. Chargé des Landes, de la Dordogne et de l'arrondissement de Rambouillet, puis du Cher, du Carentan et de Saint-Côme-du-Mont (Manche), Besnard ne conserve pas, dans ses archives, d'éléments majeurs sur ses projets de restauration. Sa carrière est assombrie par des visions antisémites, visibles dans ses écrits et aussi mises en pratique pendant l'Occupation, quand il est impliqué dans la spoliation des biens de juifs déportés. Il disparaît en 1946 dans un accident de voiture. Après son décès en 1977, son épouse confie un legs universel au Conservatoire Nationale des Arts et Métiers, afin de soutenir l'innovation dans la construction par des prix et bourses⁶⁴⁶.

Besnard lègue une œuvre architecturale dominée par la recherche des techniques complètes de préfabrication en béton armé, dont l'expression la plus achevée est l'église Saint-Christophe-de-Javel. Confiant en sa méthode, l'architecte essaye de répéter l'expérience quelques années plus tard sur la basilique Notre-Dame-de-la-Trinité à Blois, mais ses compétences en matière d'économie de la construction sont considérées comme désastreuses par la maîtrise de l'ouvrage, qui le révoque pour confier à Paul Rouvière la lourde tâche de construire différemment sur des fondations déjà réalisées. On doit également à Charles-Henri Besnard l'immeuble du 101, Avenue des Champs-Élysées, construit pour l'Office National de Tourisme. Il s'agit d'une construction implantée sur un terrain

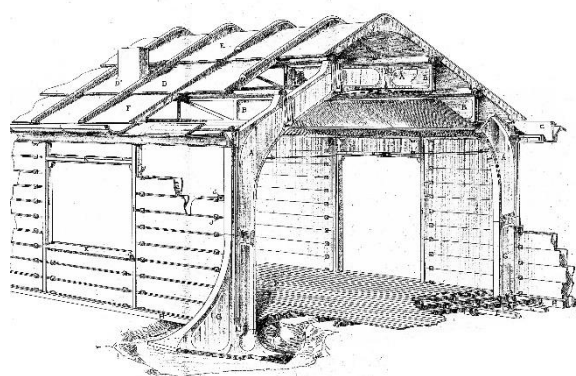
⁶⁴⁴ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-07-1903-09743. 76 IFA 1102/18. Chocolaterie-biscuiterie Poulain, Blois, 1903-1914.

⁶⁴⁵ BESNARD Charles-Henri. *Le mont Saint-Michel*. Paris : Henri Laurens, 1945, 154 p.

⁶⁴⁶ Le mécénat Besnard de Quelen. URL : <https://besnard-de-quelen.cnam.fr/> (Consulté le 10 août 2023).

d'angle portant de grandes baies vitrées, des volumes arrondis s'approchant de l'écriture architecturale de Michel Roux-Spitz.

En 1917, Besnard dépose avec Julien-Pierre Bessonneau un brevet concernant un « procédé de construction rapide d'habitations par l'emploi de matériaux en ciment armé préalablement préparés en série »⁶⁴⁷. Deux ans plus tard, une maison réalisée selon cette technique est exposée à la Foire de Paris sur l'Esplanade des Invalides. Cette technique est importante dans la mesure où elle sera reprise sous une forme différente et plus élaborée pour la construction de l'église Saint-Christophe-de-Javel et sera envisagée pour la basilique de Blois.



106 Maison en ciment armé moulé, Besnard-Bessonneau, 1917.
CAAC. BESCH-H-16. 93 IFA 121.

Le procédé constructif est fondé sur le principe du portique développé sur une seule direction. Constitués de plusieurs pièces en béton armé moulé, les cadres combinent en un élément structurel unique les fonctions du poteau et du toit, s'inspirant des formes déjà consacrées de la charpente métallique. Le contreventement longitudinal est assuré par des poutres treillis, également moulées. Une fois l'ossature de la construction stabilisée, la couverture en panneaux de béton de grande dimension peut être posée.

L'étanchéité entre les plaques non superposées est réalisée avec des couvre-joints en béton moulé. Au niveau du faîtage, les plaques ont une section différente qui couvre les deux pentes de la toiture comme une voûte, pour éliminer un point sensible lié à l'étanchéité. Une gouttière de section allongée, elle aussi en béton, reçoit les eaux pluviales. Pour neutraliser les poussées obliques exercées par le toit, des tirants métalliques sont prévus par endroits. Les cloisons extérieures n'ont pas de rôle porteur et sont réalisées en panneaux de béton armé qui peuvent recevoir le décor imprégné aux moules. Pour permettre des ouvertures dans le mur, les panneaux s'arrêtent sur des poteaux de faible section, la même utilisée pour les linteaux. Le dessin épuré annexé au brevet ne correspond pas complètement aux images des constructions exécutées, auxquelles des éléments de décor sont ajoutés. D'aspect et de dimensions modestes, le type de maison conçue par Besnard et son associé fait partie des premiers exemples de logements préfabriqués, après les maisons Bérard réalisées à partir de 1908 à Migennes.

À l'occasion de la Foire de Paris de 1919, Charles-Henri Besnard et André Goddard exposent un modèle de maison démontable selon le brevet de 1917. La structure est composée de pièces en béton armé fabriquées en atelier et montées sur le chantier avec l'aide de quelques ouvriers. Henri-Marcel Magne remarque l'ingéniosité de la construction, au niveau des toitures réalisées comme de grandes

⁶⁴⁷ BESNARD Charles-Henri. *Procédé de construction rapide d'habitation par l'emploi de matériaux en ciment armé préalablement préparés en série*. Brevet N° 486.783, délivré le 8 mai 1918 ; CARBONNET Muriel. Charles-Henri Besnard, Les débuts de la préfabrication. In : *Béton(s)*, N° 58, mai - juin 2015, p. 66.

dalles reposant sur des sablières formant chéneaux. Il observe aussi l'effet artistique donné par l'assemblage des pièces préfabriquées qui créent des saillies et des retraits⁶⁴⁸.

Nous retrouvons le nom de Besnard aux États-Unis, où il dépose en 1922 un brevet sur la préfabrication des toitures de type shed⁶⁴⁹. En béton armé, le toit est composé d'éléments moulés en usine et assemblés sur le chantier, avec la possibilité de démontage ultérieur. La pièce de base est une plaque mince pliée à versants inégaux, le plus abrupte étant percé pour recevoir le vitrage. Se fiant à son intuition constructive, Besnard est parmi les premiers à utiliser en architecture la résistance par la forme des surfaces pliées en béton armé.



107 Shed en ciment armé Besnard.
CAAC. 93 IFA 121.

Le principe d'assemblage est la juxtaposition sur une ou deux directions, en fonction du plan à couvrir. Les pièces de grande dimension sont posées sur des poutres-chéneau de collecte des eaux pluviales, par un point de contact rappelant une articulation osseuse, détail inspiré par Viollet-le-Duc. Le rôle de cet assemblage est d'exclure les effets de la dilatation. Un exemple d'application de ce système est l'atelier de l'usine de fabrication de bougies Engelhardt à Angers⁶⁵⁰, où Besnard met en place les sheds sur un bâtiment existant, en remplacement de la toiture incendiée.

Besnard justifie sa préférence constructive pour la préfabrication, notamment dans le préambule de la présentation de l'église Saint-Christophe-de-Javel, en citant des motifs de rapidité, de logique et d'élimination des temps morts sur le chantier, causés par le froid ou la chaleur. Il met en avant les conséquences sociales de l'industrialisation du bâtiment en faisant un rapprochement entre la préfabrication et la baisse du chômage saisonnier dans le bâtiment :

« Une conception de la construction, qui semble très logique, est celle qui consiste à fabriquer en usine tous les éléments constitutifs d'un bâtiment pour n'avoir, sur place, qu'à opérer un rapide travail de montage.

Cette manière de faire offre nombre d'avantages indiscutables, de très grande portée, à la fois sociale et économique. Le moindre de ces avantages n'est pas de permettre, à l'ouvrier du bâtiment, de travailler huit heures par jour, régulièrement, quelle que soit la saison ou l'état de l'atmosphère. L'industrie du bâtiment est, encore aujourd'hui, une industrie saisonnière. Les chômages forcés sont fréquents. Le travail sur les chantiers est aussi pénible l'hiver sous les morsures du froid que l'été sous l'ardeur des rayons du soleil, d'autant plus brûlants que la chaleur est réfléchiée par la matière que l'ouvrier met en œuvre.

Fabriquée en atelier, la construction coûte beaucoup moins cher, car les travailleurs, placés dans de bonnes conditions d'hygiène, ont un rendement très élevé. L'économie de matières premières réalisée est également considérable, car

⁶⁴⁸ MAGNE Henri-Marcel, *L'Architecture*. Op. Cit., pp. 81-82.

⁶⁴⁹ BESNARD Charles-Henri. *Improvements in roofing*. US Patent (brevet) N° 1.419.126 (États-Unis), délivré le 13 juin 1922.

⁶⁵⁰ CAAC. Fonds Besnard. 093 IFA. BESCH-G-ND-10. Usine de bougies Engelhardt, Angers (Maine-et-Loire).

le gaspillage en usine est réduit à très peu de chose. Enfin, grâce à une organisation industrielle, les délais d'exécution sont courts, partant le prix de revient est plus faible. »⁶⁵¹

L'architecte avance dans son raisonnement pour toucher la question de l'art. Besnard se situe loin de la conception d'Adolf Loos sur le rôle de la décoration dans l'architecture, car il s'oppose aux courants d'avant-garde contemporaine et envisage une résurrection de l'artisanat sur de nouvelles bases industrielles. Selon lui, l'artiste a une place assurée dans ce monde, mais en respectant les lois du nouveau paradigme, notamment l'économie de matière. Les artistes doivent donc s'adapter et changer leur vision :

« Les artistes qui se sont attachés à cette manière de voir recherchent, dans l'ombre, la technique qui dictera nécessairement les formes de l'art de demain. Quoi qu'on fasse, quoi que l'on dise, en effet, une chose est certaine : les temps sont révolus où l'artiste avait la possibilité de gâcher la matière. Aujourd'hui, le premier problème que doit résoudre, le créateur, est celui d'atteindre son but économiquement. Toute conception qui ne tiendra pas compte de cette considération est vouée à l'échec. »⁶⁵²

D'après Besnard, la méthode habituelle de réalisation d'ouvrages en béton armé n'est pas « moderne », ne correspondant pas aux exigences d'économie de moyens, puisque la main d'œuvre doit être spécialisée, donc chère, et que les coffrages entraînent une grande perte de bois. La préparation des armatures est difficile et dangereuse en raison des conditions du lieu de travail, situé souvent en hauteur. À cause des traces du coffrage imprimé sur sa surface, le parement en béton est de mauvaise qualité malgré sa résistance apparente, alors que les défauts de surface sont cachés par divers matériaux d'habillage. Enduit de ciment ou de plâtre, plaques de pierre ou marbre, toutes les solutions sont pour Besnard efficaces à court terme, mais réservant de « gros déboires pour l'avenir ». Par conséquent, il est plus judicieux d'adopter une façon de construire d'inspiration industrielle, où le bâtiment est assemblé comme une machine, à partir de pièces détachées dont la qualité est rigoureusement surveillée.

À partir du résultat souhaité - un objet architectural économique et durable - Besnard imagine les effets multiples de ce mode de construction. Le coût des travaux baisse car les moules en staff ou bois armé sont réutilisés plusieurs fois. Posés au niveau du sol, sous un abri faisant office d'atelier, les ouvriers peuvent facilement les manipuler, nettoyer, fixer les armatures et couler le béton. Le ferrailage est mieux exécuté dans ces conditions d'usine où tous les outils sont à portée de main. Les installations d'eau ou d'électricité peuvent être disposées pendant le moulage pour écarter tout besoin de percer l'élément ultérieurement. Les ouvriers travaillent dans des conditions d'accessibilité et de sécurité bien supérieures, protégés du danger de chute ou des inconvénients climatiques. Ils deviennent plus attachés à la qualité de leurs résultats. De plus, le moulage du béton armé permet l'intégration du décor architectural à la structure, ce qui réduit le nombre d'intervenants et le coût.

⁶⁵¹ BESNARD Charles-Henri. *L'église Saint-Christophe de Javel- Description raisonnée*. Paris : imprimerie J. Mersch, 1930.

⁶⁵² Ibidem.

L'église Saint-Christophe-de-Javel, Paris, 1922-1930

L'église construite par Charles-Henri Besnard croise les expériences de préfabrication dans l'héritage de Bérard et Nasousky avec les méthodes constructives d'Anatole de Baudot. Besnard complète cette double ascendance avec son expérience sur les monuments historiques et son intérêt pour l'innovation. Les brevets qu'il dépose témoignent du permanent dialogue porté à la fois avec le passé et le présent, une caractéristique propre aux ACMH du début du XX^e siècle. Le brevet déposé en 1917, évoqué ci-dessus, montre l'esprit avant-gardiste de Besnard, tandis que ses écrits révèlent des convictions théoriques et stylistiques assez fermes. Il prend une position particulière dans le cadre de la préfabrication, puisqu'à la différence de ses prédécesseurs, il conçoit de grands éléments constructifs en béton moulé articulés et non de petits blocs assemblés à l'aide de mortiers.

Deux décennies avant la Révolution de 1789, dans le quartier de la future église s'implante une usine chimique qui devient fameuse pour la production de l'hypochlorite de potasse (eau de Javel). L'activité s'arrête au milieu du XIX^e siècle, mais l'endroit sera occupé par d'autres usines, notamment de véhicules ferroviaires ou aériens, puis routiers avec Citroën. Au-delà de son caractère industriel, le quartier est constitué d'une population pauvre, de chiffonniers et de balayeurs qui dépendent de la paroisse Saint-Jean-Baptiste de Grenelle. Le premier édifice de culte qui précède l'actuelle église est une chapelle dédiée à saint Alexandre, construite vers 1860 sur un emplacement qui ne correspond pas complètement au terrain actuel, à cause du percement de la rue de la Convention vers 1890. Ces travaux déterminent la démolition de la chapelle et le culte est rendu difficile pendant quelques années, se déroulant dans un hangar improvisé pour l'accueil des fidèles.

En 1896, le terrain actuel est reçu en donation du curé de Saint-Jean-Baptiste de Grenelle et les travaux pour une nouvelle chapelle provisoire commencent. Avec une fondation en pierre prévue pour servir à une future église en brique, elle comporte une structure en bois de type basilical à vaisseau central et deux bas-côtés. Des vitrages en bandeau sur toute la longueur des façades éclairent de manière directe la nef. Un intérieur plutôt industriel marqué par la présence de contreventements en bois et d'une charpente ouverte est dissimulé par une façade en pierre décorée d'un fronton classique surmontant un porche. Le nouvel édifice est achevé deux années plus tard, et en 1907 il est érigé au rang d'église paroissiale, se dissociant pas conséquent de la paroisse d'origine⁶⁵³. Le père Léon Aubert, en charge de la chapelle depuis 1886, devient alors curé, une fonction qu'il occupe jusqu'en 1916, quand il est remplacé par Théophile Guénard, puis Édouard Delepouve. Ce dernier choisit saint Christophe comme nouveau saint patron. Protecteur des voyageurs, il est jugé en accord avec le caractère du quartier, marqué par l'industrie du transport : locomotives, aérostats, avions, puis automobiles.

⁶⁵³ La bénédiction de Saint-Christophe de Javel. In : *Le Passeur*, décembre 1930, pp. 2-18 apud. MARX Bernard. *Il était une fois Saint-Christophe de Javel, de Saint-Alexandre à Saint-Christophe, naissance d'une église paroissiale*. Paris : autoédition, s.d., p. 4. AHDP. Dossier Saint-Christophe-de-Javel.

L'organisation des travaux

Delepouve est à l'origine de la construction de l'église actuelle, mais il quitte la paroisse en 1923, bien avant la fin des travaux. Le curé a le temps de choisir l'architecte, lui confiant en 1920 le projet sans concours, et de poser la première pierre avec le cardinal Dubois, le 23 juin 1921. À partir de cette date commencent les travaux pour le bâtiment abritant le presbytère, la chapelle de la Vierge et le clocher, la construction de l'église principale étant prévue pour une deuxième phase, à cause des longues démarches pour l'obtention d'une autorisation de démolir la vieille chapelle et de reconstruire. Ces procédures incluent l'accord du conseil municipal et l'approbation des plans de la nouvelle église par les commissions d'architecture et d'esthétique de l'archevêché et de la Ville de Paris⁶⁵⁴. La première tranche de travaux est terminée en 1923, avec une cloison provisoire de la nouvelle chapelle qui sera par la suite liée à la future église. L'entreprise « Pradeau frères et fils », en charge de la réalisation du presbytère, va poser de sérieux problèmes financiers expliqués plus loin. Peut-être aussi pour ces raisons, le nouveau curé arrivé en 1924, Jean-Baptiste Fougère confie la construction de l'église à l'entreprise « Maison Fourré et Rhodes »⁶⁵⁵.

Pendant les mois de mars et avril 1926, la chapelle est démolie pour faire place à la nouvelle église dessinée par Besnard. L'architecte doit poser son édifice sur les fondations en pierre existantes et utiliser leurs élévations pour abriter la crypte, après des travaux de consolidation qui ont lieu en juillet de la même année. Selon son témoignage, les plans sont établis entre 1921 et 1922, quand le presbytère est en cours de réalisation⁶⁵⁶. Prévoyant l'intégration de la chapelle de la Vierge au rez-de-chaussée, le plan inclut également à ce niveau une sacristie des messes, un bureau du curé et des salles pour les enfants de chœur.

En octobre 1927, un an après le début des travaux sur la nef, la totalité des colonnes, reliées par les arcs, est en place. Pendant le mois d'octobre de l'année suivante, les dalles de ciment armé formant couverture sont posées. La crypte est inaugurée le 29 juillet 1929, alors que l'église doit attendre encore un an avant d'être inaugurée par le cardinal Verdier⁶⁵⁷.

Le terrain hors presbytère a une surface d'environ 1000 m², occupés à 95% par l'emprise de l'église. D'après l'estimation de Besnard⁶⁵⁸, la surface utile est de 850 m², ce qui signifie une optimisation très élevée due à la finesse de l'enveloppe et des piliers. Anatole de Baudot réussit une optimisation quasi-identique à l'église Saint-Jean de Montmartre, qui a aussi une surface construite d'environ 950 m², dont 850 m² utiles selon notre calcul⁶⁵⁹.

⁶⁵⁴ FOUGÈRE Jean-Baptiste. Le mot du M. le Curé. In : *Le Passeur*, mars 1926, p. 3.

⁶⁵⁵ Fourré et Rhodes, entreprise créée en 1903 et toujours active, fournit les moules pour les pièces à fabriquer en béton armé à l'église Notre-Dame-des-Trois-Ave-Maria à Blois : CAAC. Fonds Besnard. BESCH-G-30-3. 093 IFA.

⁶⁵⁶ BESNARD Charles-Henri. *L'église Saint-Christophe de Javel. Description raisonnée*. Paris : imprimerie J. Mersch, 1930, p. 17.

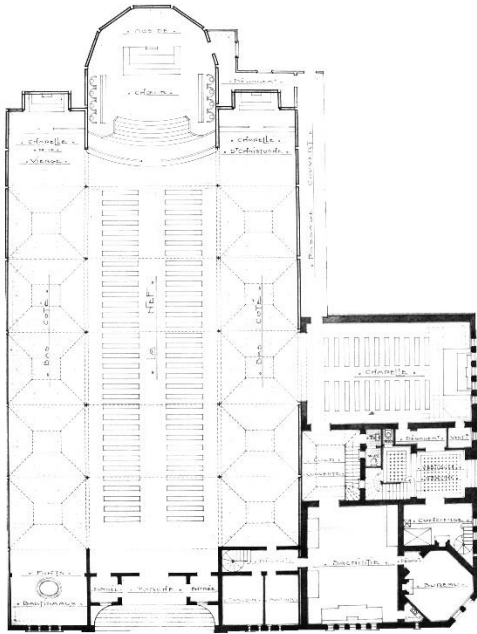
⁶⁵⁷ Histoire religieuse du quartier de Javel. In : *Le Passeur*, N° du jubilé 1924-1949, p. 21.

⁶⁵⁸ BESNARD Charles-Henri. Op. Cit., p. 18.

⁶⁵⁹ Calcul numérisé des surfaces selon un premier relevé effectué par l'auteur en 2013 et un deuxième relevé de géomètre, réalisé en juillet 2015 par la SARL Progeixal pour la Sous-direction du Patrimoine et de l'Histoire du Département des Édifices Culturels et Historiques de la Ville de Paris.

Analyse architecturale sur l'évolution du projet

Les archives de Besnard conservent plusieurs esquisses et plans de l'église, datant de 1920 à 1925. Si les dessins montrent une certaine évolution du projet, ils ne changent pas l'aspect d'ensemble ou la solution constructive. Sur une planche datée du 17 juillet 1920, l'architecte représente ensemble les plans de l'église et du presbytère⁶⁶⁰. Ce dernier est depuis peu en cours de réalisation, mais l'ancienne église est toujours en place.



108 Saint-Christophe-de-Javel, Paris. Plan, juillet 1920.
CAAC. BESCH-G-20. 093 IFA 160.

Situé à l'angle des deux rues, le terrain dispose d'un côté plus long sur l'actuelle rue Saint-Christophe, où est projetée la façade principale de l'église. En forme de U englobant un immeuble existant, la parcelle compte deux accès sur la rue de la Convention, dont un avec un front trop étroit pour être constructible. Il est utilisé comme accès à la cour derrière le sanctuaire de l'église, mais cette cour est très diminuée par la suite à cause de l'augmentation de la profondeur de la nef. L'autre front, situé à l'angle de la deuxième voie, est choisi pour l'implantation du presbytère. Son entrée s'effectue depuis la rue de la Convention, dans l'axe du plan. Une chapelle est intégrée sur le tiers de sa surface à droite de l'entrée, tandis que le reste de l'espace est occupé par une sacristie, un local du concierge et un bureau à l'angle en pan coupé du bâtiment.

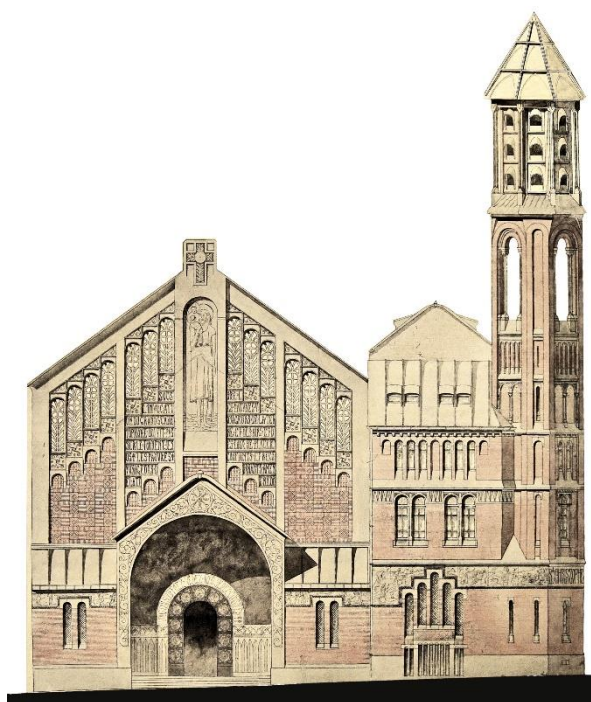
Ce qui frappe sur ce plan de 1920 c'est la différence de conception entre les éléments porteurs du presbytère et ceux de l'église. L'épaisseur des murs et des colonnes de l'église traduit la volonté d'une extrême finesse constructive, alors que le presbytère est en maçonnerie traditionnelle.

Le plan de l'église est, à cette date, composé d'un vaisseau central et deux collatéraux. Sept marches mènent au niveau de l'église. L'entrée est protégée par un porche, avec une entrée principale dans l'axe et deux secondaires sur les côtés, celles-ci étant situées dans de petits vestibules carrés qui dessinent des redans sur le plan. Ces ressauts préfigurent l'idée d'une focalisation vers l'axe de l'église, qui manque, à ce stade, de clarté en raison des ouvertures que les vestibules gardent sur la façade et du découpage courbe de l'escalier. À gauche du porche Besnard place le baptistère, qui restera à cet endroit dans la version finale. De l'autre côté, deux parloirs et un dégagement occupent la même surface. Dans le dégagement, un escalier hélicoïdal assure la circulation vers l'orgue. Il sera placé hors-œuvre dans la version définitive, avec un accès direct au baptistère. Les deux parloirs seront aussi remplacés par un local pour le vicaire.

⁶⁶⁰ CAAC. Fonds Besnard. BESCH-G-20. 093 IFA 160. Planche, 17 juillet 1920.

Cinq travées identiques donnent la profondeur des vaisseaux, mais elles seront six dans le projet final. Des chapelles dédiées à saint Christophe et à la Vierge Marie terminent les collatéraux. Le plan est schématique du point de vue des solutions constructives. On discerne les piliers de section cruciforme, mais le dessin des murs, simplement interrompus au droit de chaque colonne, ne permet pas de comprendre leur composition. Dans ce plan, il manque les six confessionnaux qui doubleront plus tard le bas-côté gauche. La toiture des collatéraux est à quatre pentes pour chaque travée et intègre un éclairage zénithal. L'accès à la chapelle incluse dans l'emprise du presbytère dispose sur ce plan de la largeur d'une travée entière.

Un projet de façade du 20 octobre 1920 illustre déjà le caractère presque définitif de l'édifice⁶⁶¹. Sur la rue Saint-Christophe (alors rue Lemoult), la composition est commandée par une dualité volumétrique clocher - pignon. Le premier fait partie du presbytère et son implantation à l'angle lui offre un rôle de repère urbain. Toutefois, cette position l'éloigne de la façade de l'église proprement dite et une articulation est nécessaire. Elle est assurée par la façade du presbytère, élevée sur trois niveaux et combles. Chaque registre est différent sur les élévations de ce bâtiment englobant le clocher. Au rez-de-chaussée, ce dernier est inclus dans l'emprise des façades, mais se détache plus haut grâce à un découpage qui rend lisible son plan octogonal.



109 Saint-Christophe-de-Javel. Projet de façade, octobre 1920. CAAC. BESCH-G-20. 093 IFA 160.

Les baies hautes et étroites du premier niveau du clocher sont compensées par une composition de cinq baies vitrées au droit du presbytère, rappelant par leur positionnement à différentes hauteurs le triangle du pignon de l'église. Elles sont soutenues par dix baies très étroites sur le niveau inférieur. Une frise marque en partie supérieure le passage vers le premier étage. À ce niveau, le presbytère reçoit des baies géminées plus amples, tandis que le clocher garde un aspect massif. Le troisième étage a un traitement similaire, mais les baies se multiplient. Un toit à un seul versant couronne le presbytère, tandis que le clocher à abat-sons originaux et toit pyramidal en ciment armé se détache pour monter plus haut. Toutes les couvertures sont dessinées selon les principes du brevet Besnard-Bessonneau, en dalles de ciment armé juxtaposées avec des couvre-joints en relief.

La façade de l'église proprement dite se développe sur deux plans verticaux parallèles, dont le premier, aligné à la rue, correspond au porche et aux deux espaces latéraux, le local du vicaire et le baptistère. L'élévation de ces deux locaux flanque le porche sur la hauteur du rez-de-chaussée, avec

⁶⁶¹ Idem, élévation, 20 octobre 1920.

un dessin identique proposant deux baies surmontées d'arcs en plein cintre et une frise en harmonie avec celle du presbytère et du clocher. Au niveau supérieur, des toits à un seul versant en ciment armé, sans lucarnes, couvrent ces deux zones. Sur le dessin du porche, on remarque des différences de traitement par rapport à la version construite. Si le profil restera le même à travers les variantes successives, la décoration en relief à formes arrondies que Besnard représente sur le pignon sera simplifiée. Les joints n'étant pas dessinés, il est difficile de discerner sur ces plans la division des éléments préfabriqués formant le pignon du porche. Le seul élément décoratif conservé lors des travaux est le chrisme, tandis que les lignes courbes sont remplacées par des motifs géométriques. Quant au porche secondaire, qui est un arc plus réduit inclus dans le premier, il a déjà les caractéristiques géométriques finales⁶⁶². Par rapport à la construction réalisée, ce plan ne présente pas la version définitive des petits murs diagonaux qui focalisent la vue vers l'entrée principale.

Derrière ce premier plan vertical, un grand pignon masque en totalité la section basilicale de l'édifice. En retrait par rapport à la rue, cette élévation reçoit des dimensions qui affirment le statut de l'édifice. Néanmoins, elle est trompeuse en ce qui concerne la forme de l'espace intérieur en raison du caractère monumental créé de manière artificielle, par une hauteur beaucoup plus importante que celle de la nef centrale. Ce surdimensionnement se comprend par l'analyse des proportions de l'ensemble de la façade donnant sur la rue Saint-Christophe. Ayant un clocher et un presbytère aussi imposants, une façade « sincère » de l'église serait trop réduite en taille. Besnard choisit donc une composition adaptée aux proportions urbaines, mais qui n'est pas en cohérence avec le reste de sa logique de conception où rien n'est dissimulé.

Sur cette façade de 1920, la partie de pignon dépassant la hauteur du vaisseau central est composée de claustras en ciment armé moulé, posées dans des baies surmontées d'arcs. Les pleins, en brique apparente avec un appareillage purement décoratif, sont réservés pour la zone inférieure du pignon, qui pourtant ne cache pas les collatéraux situés encore plus bas. Au centre du pignon, plusieurs registres de texte encadrent un grand relief représentant Saint-Christophe avec Jésus enfant sur son épaule. Placée dans une baie couronnée d'un arc, l'œuvre sculptée dispose au sommet d'une croix décorée de motifs floraux située dans un acrotère rectangulaire aux angles coupés. Les deux rampants n'ont aucun décor outre leur simple relief.

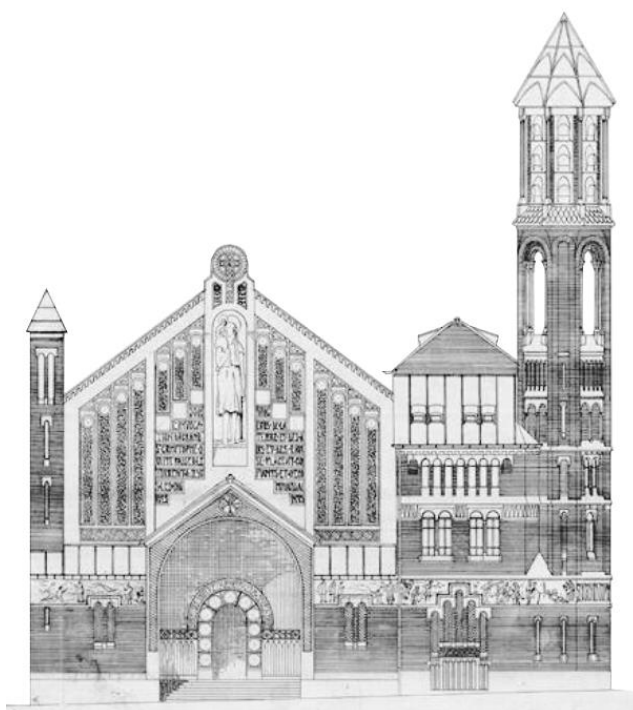
Dans une coupe longitudinale dessinée aussi en octobre 1920, le projet de Besnard comporte la plupart des caractéristiques de l'église telle que réalisée⁶⁶³. Les modifications apportées par la suite concernent notamment le décor des pièces moulées en ciment armé et le dessin des grandes verrières (claustras) assurant l'éclairage naturel de la nef. Si sur le plan analysé elles sont de deux types, basés sur le motif d'une croix centrale, l'architecte choisit finalement un modèle unique pour les six travées, composé de plusieurs pièces détachées qui permettent une réalisation plus économique.

⁶⁶² Pourtant, le texte choisi pour être marqué en relief sur ses claveaux (« vous qui souffrez venez, vous serez consolés ») est différent de celui finalement réalisé (« regarde Saint Christophe et va-t-en rassuré »). Le portail en bois n'apparaît pas, mais son encadrement en claustras est dessiné sous la forme de cercles vides. Ces éléments recevront plus tard des croix inscrites.

⁶⁶³ Idem, coupe longitudinale, 20 octobre 1920.

Un autre plan de façade, daté juin 1925, apporte quelques changements qui restent définitifs⁶⁶⁴. Sur le pignon du porche, le décor n'est pas représenté, mais ses autres caractéristiques restent les mêmes que dans la version précédente. La différence notable par rapport au plan antérieur est l'apparition d'une tour sur le flanc gauche de la façade, qui engendre la prolongation de celle-ci et donc la disparition de la symétrie.

L'escalier de l'orgue est abrité désormais dans cette petite tour à plan carré, subordonnée visuellement au clocher. Au niveau du grand pignon, les modifications concernent surtout une mise au point des claustras, qui sont prolongés sur toute la hauteur, choix justifié par la position très basse des collatéraux. Néanmoins, ces éléments ajourés en ciment armé gardent le dessin antérieur en partie centrale, où le texte et les représentations du saint patron de l'église restent inchangés. L'acrotère prend la forme d'un cercle inscrivant la croix. Deux petits reliefs décoratifs à gauche et à droite de celle-ci sont dessinés, mais ne seront pas réalisés. Deux bandes lombardes rampantes qui s'ajoutent au décor du pignon seront remplacées dans la version exécutée par des médaillons à croix.



110 Saint-Christophe-de-Javel. Façade, juin 1925.
CAAC. BESCH-G-20. 93 IFA 163.

Technique constructive

Besnard est l'ennemi du béton armé coulé à son emplacement définitif, car selon lui c'est une technique insuffisamment précise, nécessitant un enduit de finition incompatible avec la modernité. L'église est donc construite en grandes pièces en ciment armé exécutées à pied d'œuvre dans des moules utilisés plusieurs fois, ce qui permet de limiter le coût des coffrages. Ces moules sont faits en bois et métal ou en staff (plâtre armé d'une toile de jute). Un atelier est improvisé sur place, afin que les ouvriers puissent travailler à l'abri. Exécutées avec soin, les complexes armatures dessinées par les établissements Fourré et Rhodes et corrigées par l'ingénieur Henry Lossier⁶⁶⁵ sont positionnées dans

⁶⁶⁴ CAAC. Fonds Besnard. BESCH-G-20. 093 IFA 163. Élévation, juin 1925.

⁶⁶⁵ Idem, 093 IFA 164. Henry Lossier (1878-1962) est un ingénieur suisse qui travaille avec Armand Considère entre 1908-1912, avant d'établir son propre bureau d'études spécialisé en béton armé. Il collabore beaucoup avec les établissements Fourré et Rhodes, notamment sur le hangar à dirigeables d'Ecausseville (construit entre 1917-1918, classé monument historique en 2003), cinq hangars à l'aéroport du Bourget (construits en 1921, Référence Mérimée IA93000074), l'église Saint-Christophe-de-Javel, les ponts de Pouilly-sous-Charlieu (1935) et Saint-Julien-sur-Garonne (1950) etc. Auteur prolifique, il se remarque aussi par

les moules avant d'y couler un béton presque sec, fait de super ciment de Beaumont-sur-Oise et sable de rivière lavé⁶⁶⁶. Le mélange est en réalité un mortier hydraté au minimum, avec un haut dosage de ciment. Il s'agit de la même solution que celle mise en œuvre par Anatole de Baudot sur ses chantiers et qu'il enseigne à ses élèves, parmi lesquels se trouve Besnard.



111 Saint-Christophe-de-Javel.
Vue de l'ossature porteuse en ciment armé préfabriqué.
CAAC. BESCH-G-20. 093 IFA 54/7.

L'avantage principal du ciment armé est la malléabilité du mélange qui lui permet de remplir tous les concavités du coffrage. Ainsi, les armatures peuvent être plus denses car le risque de blocage avec des gravillons est exclu. Par conséquent, il est possible de créer des sections très souples et résistantes. Grâce à la malléabilité, le mortier pénètre dans les moindres creux du coffrage, permettant des motifs décoratifs fins. Une fois la prise commencée, le mélange est aspergé plusieurs fois, en fonction de la température et de l'humidité ambiante. Le démoulage s'effectue après six jours maximum, par le déversement de la pièce en ciment armé sur un lit de sable tamisé qui élimine le risque de détérioration. Une fois un nombre suffisant de pièces fabriquées, le montage peut être réalisé.

Ces lourdes pièces sont interdépendantes, ce qui oblige à travailler tout à la fois sur des éléments horizontaux et verticaux qui se contreventent mutuellement. Des étalements provisoires en bois sont fixés pour tenir en place les colonnes avant le montage des arcs. Tous les éléments sont pourvus d'armatures en attente pour se connecter aux éléments voisins, pendant que d'autres fers constituent des crochets de levage, liés aux armatures internes pour éviter le risque de rupture.

Aucune grue n'est employée, car l'entrepreneur préfère utiliser des engins de levage en bois à poulies, un procédé qui exaspère l'architecte en raison de sa lenteur. Pourtant, cette méthode est employée par prudence, afin de ne pas abîmer les pièces moulées, dont les plus grandes ont 8 m de longueur. Afin qu'elles puissent être déplacées jusqu'à l'endroit où elles doivent être montées, les pièces moulées sont posées sur des sacs de sable mis sur chariots. Une tour en bois mobile et des échafaudages permettent l'accès au lieu d'intervention. Lorsque l'ossature est presque terminée et que le volume bâti se définit, tout l'espace intérieur de la nef centrale est occupé de haut en bas par des échafaudages.

l'innovation, mettant entre autres au point une méthode de précontrainte réglable après les premiers brevets de Freyssinet. Cf. ESPITALIER G. Les voûtes en béton armé dans la couverture des bâtiments. Le hangar de Montebourg pour ballons dirigeables. In : *Le Génie civil*, N° 1934, 6 septembre 1919, pp. 213-218.

⁶⁶⁶ BESNARD Charles-Henri. *L'église Saint-Christophe de Javel- Description raisonnée*. Op. Cit., p. 21.

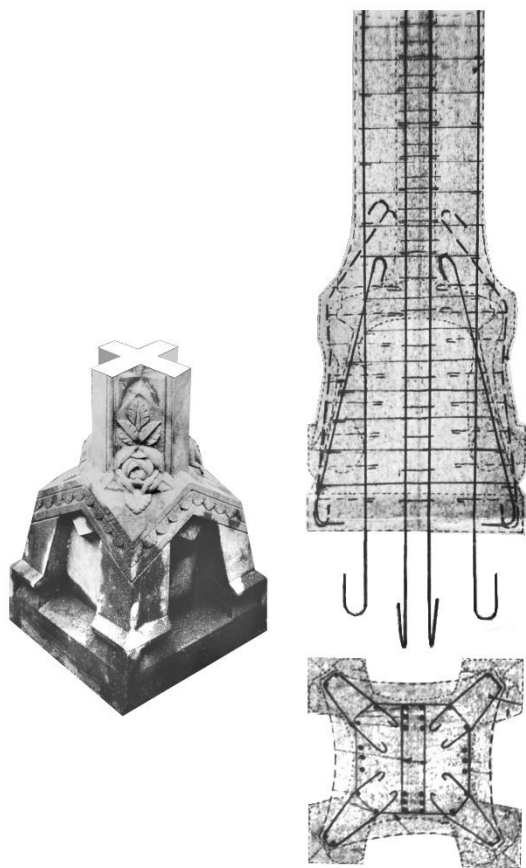
Une seule exception à la préfabrication sur place des pièces de construction est acceptée par l'architecte. Comme le système constructif de l'église ne permet pas de porte-à-faux, la tribune de l'orgue devrait être supportée par des colonnes encombrant la circulation, ce que Besnard refuse. En revanche il conçoit un grand balcon monolithe en ciment armé coulé sur place. Sa conception technique est ingénieuse car la clé de sa résistance est invisible. Un porte-à-faux en béton armé est généralement soutenu par un encastrement dans un élément constructif deux fois plus profond que la longueur de l'encorbellement. À Saint-Christophe, cet encastrement est impossible puisque la tribune de l'orgue est adossée à un mur extérieur. Au lieu d'aller chercher la résistance dans la direction horizontale, la solution d'ingénierie adoptée est d'utiliser la verticale, avec la mise en place d'une pièce monolithe en forme de C qui a une base en ciment armé de la même emprise que la tribune, mais cachée sous le niveau du sol. Deux piliers accolés au mur de la façade, avec de consoles triangulaires longues et souples, soutiennent une dalle de forme polygonale renforcée à son tour par des caissons carrés. Les points critiques sont ici les raccords entre piliers et console, très massifs par la profondeur du support vertical et la hauteur de la console. Pour des raisons esthétiques, ces raccords sont arrondis et les ensembles pilier-console unifiés par des cannelures sur les faces latérales. Pour la réalisation de cette structure et pour garder le même aspect soigné et décoré que celui des autres pièces, les coffrages sont exécutés en plâtre.

Piliers, arcs, entretoises

L'architecte adopte une section cruciforme symbolique pour les piliers de l'église, encadrés dans un carré de 40 cm, avec une largeur minimale de 14 cm sur les côtés des crois. Ils sont posés sur une base en tronc de pyramide à angles renforcés comme des « griffes ». L'articulation entre chaque base et son pilier s'effectue avec des roses stylisées. En partie haute, les piliers nécessitent un système permettant l'emboîtement solide des arcs. Un chapiteau de proportions traditionnelles serait incompatible avec la préfabrication prévue par Besnard. La solution technique et esthétique qu'il trouve est de transformer fluidement la section cruciforme en section carrée de 40 cm. Cette dernière se développe en hauteur afin de bien contreventer la structure par une jonction suffisamment solide avec les arcs, qui sont glissés dans trois rainures situées sur chacune des faces du chapiteau. La quatrième face est décorée par cinq motifs géométriques représentant des tortues stylisées, surmontés par une croix celtique, le tout sur un fond de traits horizontaux.



112 Saint-Christophe-de-Javel.
Chapiteau d'un pilier pendant les travaux.
CAAC. BESCH-G-20. 093 IFA.



113 Saint-Christophe-de-Javel. Base de pilier et plan d'armature. CAAC. BESCH-G-20. 093 IFA. Présentation : l'auteur.

Les armatures des piliers sont complexes, à cause du profil des éléments qu'elles doivent renforcer. Pour rendre possible la section cruciforme courante, mais aussi la base évasée et le chapiteau avec ses détails, les fers suivent fidèlement le contour extérieur de la pièce. Sur la section courante du pilier, le ferrailage est différent pour les quatre bras de la croix. Deux bras sont armés sur la direction longitudinale par six barres rondes de 18 mm diamètre chacune, tandis que les deux autres sont armés de trois barres de 10 mm chacune. L'armature transversale est réalisée avec des cadres en acier rond de 6 mm et des ligatures de 4 mm. Le ferrailage longitudinal continue jusqu'à la base et au sommet du pilier. Au niveau de la base, les fers sortent de l'élément pour assurer l'ancrage dans le sol de l'église. Au même endroit, les quatre « griffes » reçoivent un ferrailage propre en barres de 6 mm. Les cadres transversaux de la base sont réalisés en fers de 4 mm et ses angles sont renforcés par d'autres barres accompagnant son contour extérieur.

Les barres longitudinales de la section sortent du pilier en partie haute, pour pouvoir se relier aux pièces superposées. Quant au chapiteau, il est armé en plan transversal avec des cadres et ligatures de 4 et 6 mm qui suivent le profil de la section⁶⁶⁷.

Les pièces horizontales posées sur les piliers au niveau des collatéraux sont de plusieurs types selon leur rôle dans la composition du plan. Elles sont soumises aux mêmes efforts structuraux que les poutres en béton armé, mais en différent par la forme, la portée et la décoration. Sur la direction longitudinale de la nef, les piliers sont reliés par des arcs qui semblent en plein cintre, en raison des raccords arrondis et habillage articulés avec les couronnements. En réalité, ces pièces en ciment armé moulé sont des fragments d'arc en plein cintre qui complètent leur profil intérieur avec les limites du chapiteau, en se rehaussant visuellement. Le profil extérieur de cette pièce est toujours un fragment d'arc en plein cintre, mais avec un centre du cercle différent et donc un raccord brutal avec le chapiteau. L'arc monolithe est décoré par une interprétation de bande lombarde avec les angles biseautés et un petit bandeau supérieur qui souligne son contour. L'encastrement dans la rainure prévue au long du chapiteau est réalisé de manière invisible, ce qui évite tout défaut visuel.

⁶⁶⁷ CAAC. Fonds Besnard. 093 IFA 164, 165, plans béton.

Un deuxième modèle d'éléments soumis à la flexion est appelé entretoise dans les plans d'exécution et remplit le même rôle que le type antérieur. Ces pièces sont présentes au niveau du sanctuaire, où pour des raisons symboliques, l'architecte a décidé d'utiliser un traitement spécial. Les entretoises sont en effet des poutres à section rectangulaire reliant les piliers bordant le sanctuaire. Leur traitement décoratif est le même que celui des arcs.

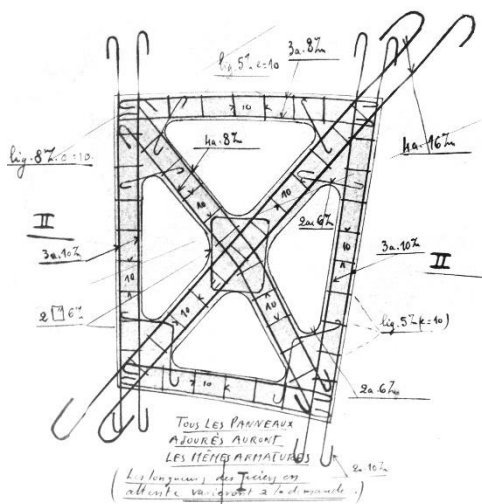
Le troisième type de pièce horizontale de l'ossature est l'arc surbaissé posé sur la direction transversale de l'église, soutenant la couverture des collatéraux. Il est décoré avec le même motif inspiré de la bande lombarde.



114 Saint-Christophe-de-Javel. Arcs et entretoises pendant les travaux. CAAC. BESCH-G-20. 93 IFA 54/7.

Un quatrième type dans la même catégorie est conçu pour le niveau supérieur du vaisseau central, fermant le cadre à l'intérieur duquel sont insérées des rosaces en ciment armé. Nommée aussi entretoise, cette pièce est en forme d'arc surbaissé avec un tablier droit et une décoration en modillons. Le résultat est une pseudo-corniche en ciment armé qui marque la fin de la paroi et la naissance de la voûte. Du point de vue du ferrailage, les plans béton indiquent la présence de deux barres inférieures en acier de 12 mm de diamètre épousant la forme de l'arc et d'une barre droite supérieure en acier de 10 mm. Entre les deux extrémités, il y a quatre rangées de barres de 6 mm diamètre. Les fers en attente qui servent à l'accrochage sont en acier rond de 10 mm de diamètre et sortent de la pièce sur environ 40 cm de longueur. Du côté extérieur, l'entretoise est le seul élément de l'ossature de l'église masqué par un parement de briquettes de terre cuite. Celles-ci sont posées selon un appareillage purement décoratif, avec des joints surdimensionnés.

L'ossature est close par les arcs qui traversent le vaisseau central. Appelés « arcs-diaphragmes », ils sont montés par pièces détachées à leur emplacement définitif. Au nombre de quinze, ces éléments sont des claveaux ajourés en croix de Saint-André, comportant des angles intérieurs arrondis. De dimensions et poids facilement maniables, ils sont moulés à pied d'œuvre et montés sur un cintre en bois. Ici, les fers en attente des pièces juxtaposées sont reliés entre eux et un arc-bandeau en ciment est coulé dans la partie inférieure pour solidariser l'ensemble. Les arcs ont un rôle structurel fondamental



115 Saint-Christophe-de-Javel. Plan de ferrailage en élévation d'un élément d'arc diaphragme. CAAC. BESCH-G-20. 93 IFA.

dans cette l'église, mais portent aussi une charge symbolique. Pourtant, l'architecte hésite sur leur traitement architectural. Analogues à des arcs-doubleaux

en raison du mode de support de la voûte, les minces arcs en ciment armé ont pourtant l'aspect des poutres treillis d'une charpente métallique. Leur forme est également équivoque, avec un intrados à mi-chemin entre l'arc en plein cintre et l'arc ogival et un extrados en segment d'arc en plein cintre, terminé brusquement au-dessus des entretoises.

Pour éclairer l'église, Besnard choisit le système basilical traditionnel, consistant à amener la lumière directement au niveau supérieur de la nef sur les deux côtés longitudinaux. Les collatéraux reçoivent aussi une lumière naturelle par des verrières en pavés de verre coloré placées au-dessus de chaque travée, d'une efficacité limitée. De grandes rosaces en ciment armé sont prévues des deux côtés de la nef. De dimensions trop importantes pour être moulés en une seule fois, les cadres sont divisés en neuf morceaux suivant un dessin à rayons partant d'un octogone central. Les rayons sont pourvus par la suite de vitraux en tons d'orange et jaune, tandis que l'octogone, avec une croix inscrite, dispose d'un vitrail en tons de bleu avec un médaillon central figuratif.

Couverture

L'église dispose de plusieurs confessionnaux au niveau du bas-côté sud-ouest, saillants par rapport au plan vertical de la façade et en porte-à faux à quelques mètres au-dessus du niveau du terrain. À chaque travée correspond un tel dispositif, qui à l'extérieur prend la forme d'un édifice couvert par un toit à deux pentes avec le faîtage arrondi, rappelant le brevet de Besnard et Bessonneau.



116 Saint-Christophe-de-Javel. Vue de l'angle sud-est : confessionnal en porte-à-faux, débords des toitures en ciment et revers du tympan de la façade principale.
Photo : l'auteur, 2013.

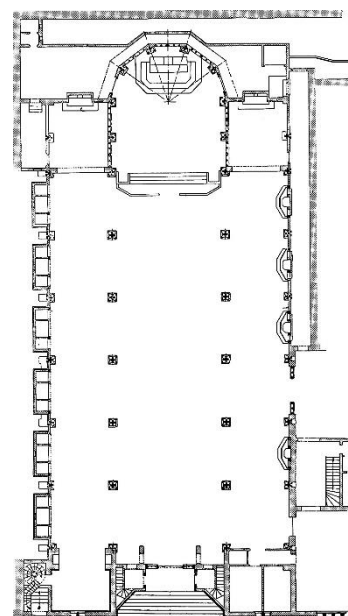
Des plaques en ciment armé moulé de 3 cm d'épaisseur forment la couverture d'origine de l'église. Les rives comportent un relevé en ciment armé qui dirige l'eau vers le bas, mais les gouttières sont absentes et la fine tranche du toit reste visible. Au niveau du faîtage, il faut remarquer une couverture plate en ciment armé qui dépasse la rive avec une extrémité arrondie. En absence de sondage, il peut s'agir d'une protection du raccord des deux versants faits d'éléments préfabriqués dissociés. Cette technique de toiture à dalle mince est employée aussi sur le bâtiment du presbytère, mais les éléments de couverture sont ici larges de 110 cm et longs de 700 cm pour la même épaisseur de 3 cm. Les surfaces de toiture sont par conséquent plus importantes et imposent une prise en charge des eaux pluviales. Respectant la méthode brevetée, chaque pièce est articulée sur le bord d'un chéneau inférieur, lui aussi en ciment armé. Son profil élancé, représenté dans le

brevet de 1917 sur un exemple de construction en axonométrie coupée, est très légèrement révisé, tandis que son mode de scellement sur le muret d'acrotère est adapté pour une pente plus raide. Des lucarnes rampantes sont prévues dans certaines dalles, afin d'éclairer le troisième étage de la construction. Pour assurer l'étanchéité des raccords, des couvre-joints type « tige de botte » en ciment armé sont prévus à la jonction des plaques de couverture. Il s'agit d'un détail emprunté aux tuiles romaines. Si Besnard avait imaginé, dans son brevet, des pièces discrètes, les couvre-joints de cette église sont assez grands. L'architecte met pourtant en avant la simplicité de son système, qu'il considère de conception industrielle par excellence⁶⁶⁸.

Aujourd'hui, les couvertures d'origine en ciment armé et couvre-joints ne sont plus visibles sur l'église proprement-dite, car une couverture en cuivre a été posée ultérieurement. Celle-ci est relativement bien intégrée au toit du vaisseau central, mais ce n'est pas le cas pour le toit couvrant le porche, où les couvre-joints sont enchâssés dans des très ostentatoires et lourds parallélépipèdes. Enfin, les couvertures des bas-côtés sont actuellement protégées par une étanchéité bitumineuse coulée.

Le plan et l'espace intérieur

En plan, l'église est définie par un vaisseau central large de 9 m flanqué de deux collatéraux de 5 m de largeur, sur une profondeur de six travées au-delà desquelles est aménagé le sanctuaire. L'entrée est encadrée par deux salles, à droite le baptistère, à gauche le bureau du vicaire. Ce dernier comporte un petit hall qui assure aussi la circulation vers la sacristie. Premier dispositif de l'entrée, le porche en ciment armé est défini par deux parois pleines et une voûte en berceau traversée par de fines moulures perpendiculaires, avec le même effet visuel que celui des caissons. Un toit à deux pentes en dalles de ciment armé couvre le porche, en laissant apparaître son profil à faitage arrondi sur le pignon. Ce dernier et les piédroits du porche sont décorés par des croix en relief. Du point de vue constructif, la façade du porche est constituée de plusieurs éléments moulés préfabriqués. Le pignon, dessiné par l'arc en plein cintre en intrados et les pentes du toit à l'extrados, est divisé en trois pièces, dont celle centrale présente un grand médaillon à chrisme.

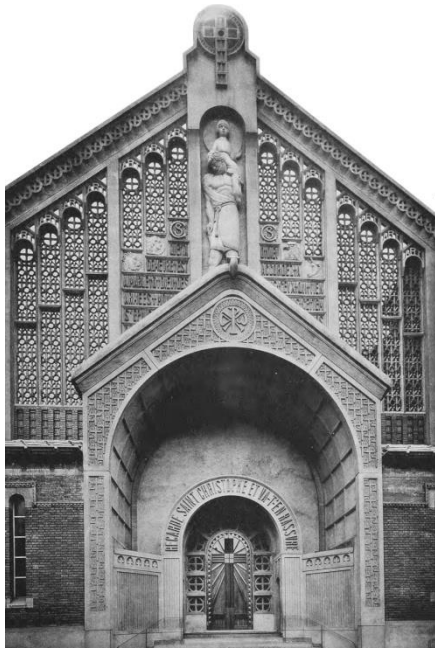


117 Saint-Christophe-de-Javel.
Plan de l'église, version construite.
CAAC. BESCH-G-20. 93 IFA.

Protégé par ce porche, un escalier extérieur monte au niveau de l'église. Ses côtés sont délimités par des parois convergentes qui créent un effet d'entonnoir. Ces murs s'élèvent à la demi-hauteur des piédroits du porche et comportent des cannelures en relief en partie inférieure et des médaillons à croix inscrites en partie supérieure. Un deuxième porche de moindres dimensions est abrité par le premier, renforçant la concentration progressive vers le point focal qui est le portail central, décoré

⁶⁶⁸ BESNARD Charles-Henri, *L'église Saint-Christophe de Javel- Description raisonnée*. Op. Cit., p. 26.

d'une grande croix. Sur son arc, on lit « regarde Saint Christophe et va-t-en rassuré ». Par rapport au grand porche qui l'inclut, le deuxième est volontairement simplifié, car Besnard applique une conception de progression du complexe vers l'élémentaire, du monde profane vers le refuge spirituel.



118 Saint-Christophe-de-Javel.
Le dispositif d'entrée.
Encyclopédie de l'architecture, Morancé, tome 4.

L'architecte prévoit un grand portail réservé aux cérémonies, placé au centre et encadré de claustras en ciment armé, alors que deux autres portails sont dédiés à l'accès quotidien. Dans la composition traditionnelle, les accès secondaires sont symétriques sur la façade principale, à gauche et à droite du portail central. C'est la solution adoptée par Anatole de Baudot à Saint-Jean de Montmartre, mais à Saint-Christophe-de-Javel une telle disposition aurait contredit l'effet de concentration progressive recherché par l'architecte. Comme le fera aussi Émile Bois à Saint-Pierre-de-Chailot, Besnard les insère donc sur les côtés du porche, pour qu'ils soient dissimulés en vue frontale.

L'intérieur présente les éléments de vocabulaire d'un espace religieux traditionnel, interprétés selon la méthode constructive employée, qui leur donne des aspects inédits. La sémiotique de l'espace est la même que dans une église de type basilical, avec un vaisseau central haut éclairé par ses côtés supérieurs et deux collatéraux bas, tous développés sur plusieurs travées, suivant une direction qui aboutit dans l'abside du chœur, où est placé le sanctuaire. Seule l'absence de transept peut être notée. En règle générale, le transept transforme le plan basilical païen pour lui donner la forme de la croix, symbole du sacrifice du Christ. De grand effet dans une vue abstraite en plan, il n'exprime pas cette forme dans les trois dimensions. Anatole de Baudot interprète le transept jusqu'à dissimuler sa présence spatiale, par sa multiplication et son sectionnement par le plan horizontal des tribunes. Comme d'autres architectes au cours du XX^e siècle, Besnard renonce à utiliser le transept et les tribunes, en recherchant l'essence de l'espace religieux catholique, c'est-à-dire de longues nefs orientées vers les sanctuaires, qui symbolisent des navires flottant dans un environnement hostile, sur lesquelles les croyants sont protégés et menés vers une destination paisible.

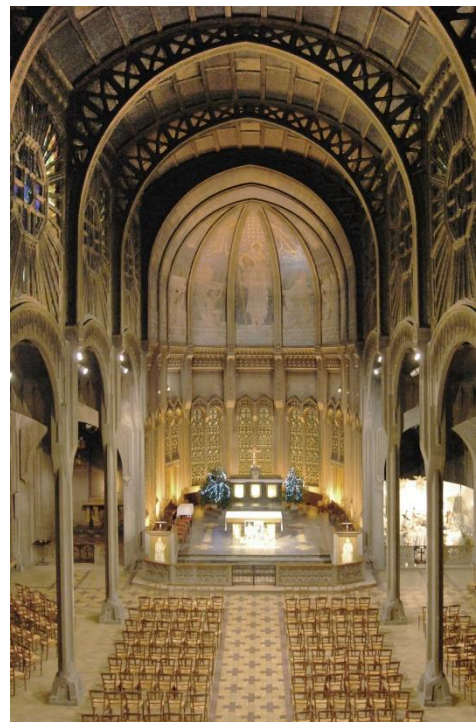
La largeur du vaisseau central est de 9,03 m entre les axes des colonnes, et se développe en profondeur sur six travées prolongées avec le chœur. À son tour, ce dernier est composé d'encore deux travées plus courtes et d'une abside polygonale. Chaque travée courante est profonde de 5,02 m entre les axes des colonnes. Par leur section cruciforme, celles-ci donnent une impression de légèreté et de continuité de l'espace entre la nef et les collatéraux. La vue est peu gênée par les supports verticaux, car leurs nombreuses facettes créent un effet de finesse par le jeu d'ombre et de lumière.

Liées à la section courante des colonnes par des fleurs décoratives en relief, les bases en forme de troncs de pyramide à « griffes » sont habilement utilisées comme unité de mesure visuelle. Elles font en même temps référence à la tradition constructive, à « l'ordre » régissant la composition architecturale. Par le contraste des masses, elles augmentent la gracilité des piliers et invitent à imaginer l'importance du poids qu'elles supportent⁶⁶⁹.

À leur tour, les chapiteaux jouent aussi le rôle de repère issu de la composition classique, mais filtré par la technique constructive adoptée et les effets visuels voulus par l'architecte. Comme pour les bases, Besnard exploite le contraste visuel dans le couronnement des colonnes, afin d'augmenter l'effet de finesse des supports et donc la fluidité visuelle à travers les trois nefs. Pourtant, les chapiteaux n'ont pas le caractère trapu des bases en raison de leur hauteur très importante. Les éléments traditionnels de vocabulaire d'un chapiteau sont interprétés de façon hautement abstraite, par l'effet de volume et la densité ornementale réalisée par l'imprégnation de motifs dans le ciment.

Chacun des chapiteaux remplit aussi le rôle structurel bien défini d'encastrer deux arcs longitudinaux de la grande nef et un arc transversal surbaissé du bas-côté. Ils supportent également les départs des arcs à claustras traversant le vaisseau central. Ces éléments s'apparentent aux treillis des charpentes métalliques, mais font aussi référence aux arcs doubleaux de l'architecture romane. Pourtant, la voûte de cette église ne subordonne pas toute la structure, comme c'est le cas dans l'architecture en maçonnerie. Ici, elle remplit le rôle d'une simple couverture courbe et se compose de onze longues plaques soutenues par des pannes posées sur les arcs transversaux. Seule l'idée de voûte est affirmée symboliquement, tandis que la réalisation technique est de pure inspiration industrielle.

Placées le long de la nef centrale, les baies en ciment armé moulé à rayons disposent de verrières colorées identiques⁶⁷⁰, mais présentent un aspect chargé en vue oblique. En effet, ces dispositifs ont des dimensions relativement importantes dues aux jonctions entre deux éléments constitutifs.



119 Saint-Christophe-de-Javel.
Vue depuis la tribune de l'orgue.
Photo : l'auteur, 2013.

Dans un objectif de symétrie, les confessionnaux situés dans des extensions du bas-côté gauche de type « chapelle latérale jésuite » disposent d'un pendant sur l'autre bas-côté, où sont prévues des niches de dimensions équivalentes en élévation. Inutiles en aussi grand nombre, les confessionnaux

⁶⁶⁹ Par leur forme en tronc de pyramide, ces bases de colonnes s'apparentent à celles de la chapelle Saint-Louis à Longwy.

⁶⁷⁰ L'image de ces « rosaces » est publiée parmi d'autres prouesses en béton armé dans : VITALE François. Le béton armé. À propos de quatre conférences sur « une invention bien française ». In : *L'Architecture française*, N° 30, avril 1943, p. 13.

trouvent leur justification dans un changement du plan qui permet de créer des porte-à-faux au-dessus de l'église basse. Ces espaces tripartites comportent des piédroits, deux linteaux droits et un pignon triangulaire central décoré d'un relief figuratif sculpté, l'ensemble en ciment moulé. Les murs des confessionnaux présentent un parement décoratif en briquettes de terre cuite, posées en mosaïque.

Le sanctuaire se développe en profondeur sur deux travées droites placées dans la continuité de la nef, et se termine par une abside pentagonale. Au niveau inférieur, l'espace est entouré de claustras en ciment moulé, plus élaborés que ceux d'Auguste Perret. La structure du sanctuaire reprend celle du reste de l'église, mais les colonnes sont ici engagées, puisque les claustras sont posés dans l'axe central des colonnes à section cruciforme. Le registre médian du chœur est dédié aux chapiteaux des colonnes, identiques à ceux de la nef, entre lesquelles une plage non décorée est préservée afin de les mettre en valeur. Bordée en partie inférieure par les rampants des claustras et en partie supérieure par les linteaux pourvus de pseudo-bandes lombardes, cette zone est la seule non décorée dans le chœur.

Un décor pour sublimer l'architecture

Les œuvres d'art de cette église sont conçues pour accompagner et mettre en valeur le projet architectural comme expression non seulement de la religion, mais aussi de la société contemporaine. Dès la version initiale du projet, les grands murs des bas-côtés sont destinés à une décoration picturale pour compenser l'aspect neutre du ciment armé. Si l'architecte imagine ici le chemin de croix, le peintre Jac Martin-Ferrières (1893-1972) choisit de représenter la vie de saint Christophe. En effet, le saint patron du transport est jugé en parfaite adéquation avec ce quartier où siègent plusieurs usines de fabrication de véhicules terrestres ou aériens. Les fresques se développent sur un fond paysager occupant toute la longueur d'un mur, en faisant abstraction des colonnes engagées. De cette manière, le peintre subordonne les personnages au paysage surdimensionné et unifie l'ensemble.

La voûte en cul-de-four du sanctuaire est décorée par Henri-Marcel Magne⁶⁷¹ (1877-1944), qui peint la surface divisée en plusieurs segments verticaux par les génératrices de l'ossature porteuse. Au centre se trouve saint Christophe dans le fleuve portant sur son épaule l'enfant Jésus, sur un fond bleu neutre pourvu d'étoiles dorées. À gauche et à droite de cette image la scène est divisée en deux registres horizontaux. En partie haute, des anges portent des objets évoquant les phases de la vie du saint : lanterne, casque, serpent, flèche, meule, branche fleurie. En partie basse, des personnages en posture d'oraison, lèvent diverses maquettes de véhicules. La première scène de gauche représente des skieurs alors que dans la deuxième un personnage offre à l'ange une motocyclette et un autre tient dans ses bras un vélo. Dans la troisième scène, un mécanicien de chemin de fer tient une locomotive, près d'une voyageuse. La quatrième représentation est une allégorie du vol, avec un personnage tenant

⁶⁷¹ Henri-Marcel Magne est issu d'une famille d'architectes qui l'orientent vers ce métier à l'école des Beaux-Arts. Fils de Lucien Magne, qui est ACMH spécialisé dans les édifices religieux, il trouve son propre chemin dans la décoration monumentale : peinture, mosaïque et vitrail. Il travaille sur la basilique du Sacré-Cœur et sur l'église Notre-Dame du Rosaire à Paris, avant de recevoir la commande pour Saint-Christophe de Javel.

un aérostat et un autre un avion. La scène suivante dépeint deux personnages offrant un bateau. Ensuite, un automobiliste accompagné par sa famille tient dans ses mains une voiture. Sur le panneau suivant figure la poste, avec un facteur et des alpinistes, alors que la dernière scène est occupée par un paysan offrant un char à foin. Sur la voûte couvrant la nef, Magne réalise une peinture plus simple, avec un fond bleu à étoiles dorées et des figures d'anges jouant d'instruments de musique. Les personnages sont ici encadrés par les limites de la structure, dans une composition assez désertée.

Magne est aussi l'auteur des cartons pour les vitraux posés dans les baies en ciment armé de la nef. Divers symboles paléochrétiens y figurent : épi de blé, chrisme, phénix, barque, colombe, poisson, pain, agneau, ancre, paon, vigne, fontaine de vie. Leur exécution est confiée aux ateliers Léglise, de réputation internationale pendant les années 1920. Enfin, sur les deux ambons situés dans le sanctuaire, Magne réalise des mosaïques représentant les saints Ambroise, Augustin, Jérôme et Grégoire le Grand.

Au-dessus du portail d'entrée au presbytère, Jacques Gruber (1870-1936) dessine et réalise le vitrail du Christ sur la croix, apparaissant devant trois ouvriers habillés en bleu qui reçoivent l'eucharistie de la main d'un ange.

Max et Jean Brømer réalisent les linteaux et frontons en ciment moulé des confessionnaux et le verre gravé sur le maître autel. Les frontons sont conçus par le caricaturiste Auguste Roubille (1872-1955) et représentent à chaque fois les vices et les vertus en opposition. Chaque fronton triangulaire, avec une base en arc surbaissé, est posé sur deux linteaux inscrits avec la description de divers devoirs catholiques.

La gestion administrative et financière des travaux

Le chantier de Saint-Christophe-de-Javel présente des difficultés financières assez communes pour la construction des églises en béton armé à l'époque de la Grande Dépression, raison pour laquelle nous lui consacrons quelques paragraphes.

En octobre 1922, le sculpteur L. Raynaud présente une facture pour les motifs décoratifs en relief sur les pièces porteuses moulées⁶⁷². Six ans plus tard, dans une lettre de mai 1928 adressée à l'archevêque⁶⁷³, Besnard reconnaît la justesse de ces revendications, d'un montant de 900 francs. Toutefois, entre la date d'émission de la facture et le moment où l'architecte valide le paiement, l'inflation réduit sa valeur réelle de moitié⁶⁷⁴.

⁶⁷² AHDP. Dossier Saint-Christophe de Javel. Mémoire du sculpteur décorateur L. Raynaud. 21 octobre 1922, 1 p.

⁶⁷³ AHDP. Dossier Saint-Christophe de Javel. Lettre de Charles-Henri Besnard au chanoine Dupin, archevêque de Paris. 28 mai 1928.

⁶⁷⁴ Cf. convertisseur historique franc-euro de l'INSEE, URL : <https://www.insee.fr/fr/information/2417794> (Consulté le 10 août 2023).

En avril 1924, un conflit est déjà en cours entre Besnard et l'entreprise « Pradeau frères et fils ». Le constructeur est surpris de la façon de travailler de l'architecte, auquel il reproche des notes de règlement fantaisistes (sous-estimées) et l'absence d'une véritable vérification des devis. Pradeau laisse au vicaire « le soin d'apprécier l'attitude et la correction » de Besnard⁶⁷⁵.

Un différend financier apparaît aussitôt au cours de 1924 entre Pradeau et l'archevêché concernant le règlement des travaux de construction du presbytère. Le curé Delepouve quitte la paroisse en juillet 1923 sans payer l'entreprise, laquelle s'adresse directement au cardinal Dubois⁶⁷⁶. Celui-ci propose un règlement échelonné sur plusieurs années et par tranche de 50.000 francs, solution refusée par l'entreprise⁶⁷⁷ qui obtient un paiement de 200.000 francs le 5 août 1924⁶⁷⁸.

Face à ces difficultés, le nouveau curé Jean-Baptiste Fougère choisit de travailler avec l'entreprise Fourré et Rhodes pour la construction de l'église proprement dite. Il fait appel à une souscription publique en dehors de la paroisse, démarche approuvée par le cardinal Dubois en décembre 1924. Le but est d'obtenir 3.000.000 de francs. Pierre l'Ermite, curé de Saint-François de Sales et futur constructeur de Sainte-Odile, écrit un article dans *La Croix* où il demande aux automobilistes de donner un « bidon d'essence » (dix francs) pour la construction de l'église de leur saint patron. Une souscription de détail est en même temps lancée et peuvent être « achetés » : des pierres à 1000 francs ou des demi-pierres à 500 francs, des rayons de vitraux, des médaillons vitrés des chapelles, des étoiles dorées de la voûte à 10 francs (un succès), des fleurs du bâton de Saint-Christophe, des tuyaux d'orgue. Les sommes souscrites se situent pour la plupart entre 3 et 100 francs, avec une seule offrande plus considérable de 30.000 francs⁶⁷⁹. Deux années plus tard, un montant de 118.000 francs est collecté⁶⁸⁰.

Édouard Delepouve écrit au nouveau curé en juin 1925 depuis le Calvados, où il s'est installé. Il est préoccupé par la gravité de l'affaire, qui peut se terminer par la vente de l'immeuble dans le contexte d'une grande émotion dans le quartier et d'un scandale : « L'église de Javel mise en vente par décision du Tribunal ». Quant à lui, il est serein puisqu'il a quitté définitivement Paris : « Je vis dans la solitude. Je suis insolvable. On ne peut que me condamner à la vente des immeubles pour acquitter les dettes »⁶⁸¹. Delepouve fait des estimations optimistes sur la valeur des bâtiments, qu'il considère par ailleurs appropriés pour les bureaux de l'Imprimerie Nationale. Il avoue avoir été contacté après son départ par Pradeau pour lui réclamer 340.000 francs, une somme trop élevée d'après l'ancien curé, en raison des nombreuses malfaçons et comptes inexacts constatés par Besnard. Delepouve va plus loin, en soutenant que si l'architecte avait accepté de le représenter dans un procès, celui-ci « aurait

⁶⁷⁵ AHDP. Dossier Saint-Christophe de Javel. Lettre de Pradeau au vicaire général Audollens. 12 avril 1924, 2 p.

⁶⁷⁶ AHDP. Dossier Saint-Christophe de Javel. Lettre de Pradeau au cardinal Dubois. 26 mai 1924, 2 p.

⁶⁷⁷ AHDP. Dossier Saint-Christophe de Javel. Lettre de Pradeau au vicaire général Audollens. 12 juillet 1924, 2 p.

⁶⁷⁸ AHDP. Dossier Saint-Christophe de Javel. Bon pour Francs. 5 août 1924, 1 p.

⁶⁷⁹ Histoire religieuse du quartier de Javel. Art. Cit., pp. 19-20.

⁶⁸⁰ MARX Bernard. Op. Cit. AHDP, dossier Saint-Christophe-de-Javel, p. 18. Entre 1925 et 1926 l'inflation est très importante suivant l'occupation de la Ruhr par l'armée française et les prix augmentent considérablement, une instabilité qui va continuer avec la crise des années 1930.

⁶⁸¹ AHDP. Dossier Saint-Christophe-de-Javel. Lettre d'Édouard Delepouve au curé de Saint-Christophe. 25 juin 1925, 8 p.

pris un caractère très ennuyeux pour Mr. Pradeau, qui n'a pas une fameuse réputation à la Ville de Paris »⁶⁸². À la fin, il voit trois solutions pour mettre un terme au conflit : tout ignorer, cas où il serait tenu pour responsable, mais vu son insolvabilité, les constructions seront mises en vente ; faire traîner l'affaire en justice ; aller jusqu'aux plaidoiries et causer le maximum d'ennuis à Pradeau en invoquant des malfaçons, afin d'obtenir un compromis.

L'affaire est encore une fois suspendue en août 1925 par un paiement de 50.000 francs, mais au début de l'année suivante l'entreprise passe à une action judiciaire⁶⁸³. Se considérant obligé par l'inertie de Besnard, l'archevêque Dupin propose un arbitrage en janvier 1926⁶⁸⁴. Pourtant, les mois passent sans que l'architecte remette son dossier aux arbitres et l'entrepreneur écrit en décembre de la même année : « le fait de voir un architecte faire attendre pendant plus de six mois des renseignements qui auraient dû être fournis au maximum dans un délai de 15 jours, vous prouve surabondamment de quoi est capable Monsieur Charles-Henri Besnard. »⁶⁸⁵

En janvier 1927, l'architecte Julien Barbier écrit à l'archevêque Dupin, pour lui remettre le procès-verbal d'arbitrage dans le litige opposant l'architecte Besnard et l'entrepreneur Pradeau au sujet du règlement des travaux⁶⁸⁶. En effet, Besnard demande la suppression des factures de plusieurs sommes liées à des travaux qu'il considère non exécutés ou incomplets, malgré leur prévision dans le devis initial.

Barbier représente l'entreprise, tandis qu'Ernest Billecocq défend l'architecte. Les deux étudient les pièces écrites et se rendent sur place pour évaluer le chantier. Après la déduction des travaux non exécutés, les arbitres se mettent d'accord sur le fait qu'au forfait initial de 850.000 francs il faut ajouter des travaux supplémentaires non discutés de 63.483 francs, que l'architecte ne conteste pas. En plus, pour un retard de paiement qui engendre une augmentation des impôts, le maître de l'ouvrage doit régler encore environ 7.000 francs.

L'objet du différend porte sur plusieurs types de travaux. Si l'architecte réclame que les vingt-et-une cheminées prévues dans le devis ont été réduites à dix-neuf, les arbitres considèrent que la qualité d'exécution leur donne une valeur égale. Besnard proteste contre la non-exécution de l'enduit sur ciment armé prévu au forfait, mais en l'absence d'un chiffrage précis, Barbier et Billecocq ne prennent pas en considération la demande. La peinture de la chapelle est confiée à une autre entreprise et payée directement par le curé. De même, Pradeau ne réalise pas la vitrerie et les vitraux, estimés à 5.500 francs accordés à l'architecte. En revanche, l'entrepreneur gagne sur la miroiterie, où Besnard réclame toutefois des glaces omises ou plus petites que prévues. Si Pradeau avait prévu pour ce lot 6.200 francs, il justifie une différence de 348 francs payée au sculpteur sous-traitant. L'entreprise peut

⁶⁸² Ibidem.

⁶⁸³ Christian Gautier est l'avocat du maître de l'ouvrage et Henri Cazier celui de l'entrepreneur.

⁶⁸⁴ AHDP. Dossier Saint-Christophe-de-Javel. Lettre du chanoine Dupin à Christian Gautier. 13 janvier 1926, 1 p.

⁶⁸⁵ AHDP. Dossier Saint-Christophe-de-Javel. Lettre de Pradeau au chanoine Dupin. 8 décembre 1926, 2 p.

⁶⁸⁶ AHDP. Dossier Saint-Christophe-de-Javel. Lettre de Julien Barbier au chanoine Dupin, accompagnée d'un procès-verbal. 31 janvier 1927, 12 p.

également justifier des plus-values sur les travaux de fondations en raison d'une contradiction sur la profondeur prévue sur les plans et celle prévue dans le devis descriptif. En même temps, Pradeau réclame et obtient partiellement un paiement pour des différences de quantités avérées après vérification de l'étude du métreur.

Le chef d'entreprise écrit aussi à l'archevêque pour réclamer d'être payé, en évoquant son « très grand esprit de conciliation (...) dans le règlement de cette malheureuse affaire qui, vous le savez parfaitement, a été particulièrement mauvaise pour notre maison. »⁶⁸⁷ Quelques semaines plus tard, il revient avec la même demande, mentionnant son déficit sensible et ajoutant l'espoir que l'archevêché « voudra bien faire appel à notre maison pour des travaux qu'il pourrait avoir à faire. »⁶⁸⁸

L'entreprise Fourré et Rhodes intervient sur les fondations de l'église à partir du printemps 1926⁶⁸⁹. Ses factures indiquent séparément la variation des prix des matériaux, différence mise à la charge du maître de l'ouvrage. La provenance des matériaux est également renseignée. Ainsi, le sable et le gravillon sont achetés chez Tromot et Lecluse, le ciment de marque « Beaumont super » chez Lettelier, qui fournit aussi la chaux, les aciers chez Coop. C. A. et les briques « Domont » chez Censier⁶⁹⁰. Pour le bois de coffrage entrant ou sortant, charpente ou échafaudage, l'entreprise précise les chantiers de provenance ou de destination. Entre 1926 et 1930, 243 m³ arrivent sur le chantier de l'église, tandis que 128 m³ sont utilisés et renvoyés sur d'autres chantiers. Il faut remarquer la précision de ces factures, qui montrent la transparence et l'économie de moyens par la réutilisation.

La société facture entre 8,70 et 9,45 francs l'heure pour le compagnon et entre 7,20 et 7,95 francs pour un manœuvre. Le prix moyen de l'heure est prévu initialement à 3,40 francs, mais le constructeur soumet à la fin du chantier un tableau expliquant une augmentation de 2,17 francs intervenue pendant les travaux, sans doute liée à la grande crise économique. Pour les 16.251 heures travaillées entre mars et novembre 1930, la différence demandée au maître de l'ouvrage s'élève à 35.264 francs⁶⁹¹ (environ 22.000 euros valeur de 2022).

Le gardiennage du chantier est facturé à part par Fourré et Rhodes, de juillet 1926 à octobre 1930, sur la base d'un forfait très variable d'un mois à l'autre⁶⁹². Si la surveillance assurée par « Les Vigiles de la Seine » est estimée au début à 582 francs par mois, elle augmente jusqu'à 925 francs en août 1930. La palissade fermant le chantier est montée par Dufayel, qui l'exploite pour l'affichage publicitaire. L'entreprise Fourré et Rhodes demande un bénéfice de 10% pour avoir coordonné ces prestations.

Un mémoire de 1928 nous indique que la construction de la tribune de l'orgue était prévue initialement pour un prix forfaitaire de 45.300 francs, comprenant fouilles, semelles, ossature et

⁶⁸⁷ AHDP. Dossier Saint-Christophe de Javel. Lettre de Pradeau au chanoine Dupin. 26 janvier 1927, 1 p.

⁶⁸⁸ AHDP. Dossier Saint-Christophe de Javel. Lettre de Pradeau au chanoine Dupin. 18 février 1927, 1 p.

⁶⁸⁹ CAAC. Fonds Besnard. 093 IFA. Mémoire 5956. 16 juillet 1926.

⁶⁹⁰ CAAC. Fonds Besnard. 093 IFA. Mémoire 8903. 10 mai 1930 ; Mémoire 9402, 5 janvier 1931.

⁶⁹¹ CAAC. Fonds Besnard. 093 IFA. Mémoire 9348. 11 décembre 1930.

⁶⁹² CAAC. Fonds Besnard. 093 IFA. Mémoire 9371. 5 janvier 1931.

moulage en béton armé. Les moules étant modifiés, l'architecte donne son accord pour une plus-value de 2.800 francs⁶⁹³.

Dix ans plus tard, en avril 1938, l'entreprise Fourré et Rhodes réclame le règlement définitif de ses factures⁶⁹⁴. Pour l'ensemble des travaux sur l'église, la société rappelle que le forfait initial était en 1926 de 804.600 francs (572.000 euros valeur 2022), mais des travaux supplémentaires ont été réalisés, notamment sur la tribune de l'orgue. Si la simplification de la conception architecturale produit une économie, la hausse des prix des matériaux augmente le prix de 240.284 francs. Le montant total s'élève, au final, au double de celui prévu initialement. Il faut retenir l'augmentation importante du coût de la construction pendant les années 1930. Par exemple, les moules coûtent au final 327.236 francs⁶⁹⁵, ce qui en 1926 représente l'équivalent de 232.000 euros valeur de 2022, mais en 1938 de seulement 186.000 euros valeur de 2022, une variation considérable.

3.5 Béton armé à l'âge adulte : Saint-Pierre-de-Chailot, Paris, 1927-1938

Cette église, tout comme le Saint-Esprit à Paris, illustre l'atteinte d'une parfaite maîtrise du béton armé dans l'architecture religieuse, mais sur une voie différente de celle d'Auguste Perret.

Sur le vaste terrain limité par l'avenue Marceau et la rue de Chailot, il existe encore en 1927 une église en pierre datant de la deuxième moitié du XVII^e siècle et une chapelle de 1884. Comme elles sont devenues trop étroites, la décision est prise de construire un nouvel édifice à la place de cet ensemble. Le chanoine Auguste Sicard devient curé en 1907, mais ne peut pas démarrer la reconstruction en raison des conséquences équivoques de la Séparation. L'ancienne église appartient à la ville de Paris, tandis que la chapelle implantée sur l'avenue Marceau est privée, une situation juridique qui retarde le projet. Un consensus est seulement trouvé après la Première Guerre mondiale, par l'acquisition de quelques terrains contigus à la parcelle d'origine et par l'arrivée du chanoine coadjuteur Paquier, venu aider le curé Sicard. Les deux lancent en 1926 un appel d'idées pour la nouvelle église, avec la demande suivante :

« Tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, l'édifice doit avoir un caractère de grandeur, de simplicité et de noblesse, digne d'un monument religieux destiné à l'un des plus beaux quartiers de Paris. Le sentiment qu'il doit exprimer ne viendra pas tant de sa richesse que de sa pieuse et noble simplicité. »⁶⁹⁶

⁶⁹³ CAAC. Fonds Besnard. 093 IFA. Mémoire 8253. 29 mai 1929.

⁶⁹⁴ CAAC. Fonds Besnard, 093 IFA. Proposition de règlement des travaux exécutés. 30 avril 1938, 2 p.

⁶⁹⁵ CAAC. Fonds Besnard, 093 IFA. Règlement : Fourré et Rhodes, présentation à l'abbé Faugère : 1601.802. 30 avril 1938.

⁶⁹⁶ PAROISSE DE SAINT-PIERRE-DE-CHAILLOT. Histoire de Saint-Pierre-de-Chailot. URL : https://chailot.pagesperso-orange.fr/7_HISTOIRE/histoire.html (Consulté le 10 août 2023).

3.5.1 Le concours et le choix du projet

Cinq projets sont transmis au début de l'année 1927. Pour sélectionner trois finalistes, l'avis est demandé à plusieurs spécialistes. Paul Tournon exprime sa préférence pour le projet de Hulot, qu'il considère comme meilleur en plan et plus élégant en façade, en harmonie avec le quartier et avec le plus grand potentiel de monumentalité⁶⁹⁷. L'architecte de l'église du Saint-Esprit est pourtant prudent quant à la possibilité de financement du chantier, en écartant la possibilité d'une subvention donnée par la Ville de Paris. Pourtant, elle sera accordée en 1932, comme on le verra plus loin.

Consulté également, le prêtre catholique et peintre Paul Buffet (1864-1941), écrit au vicaire général Dupin que le projet d'Émile Bois⁶⁹⁸ est de loin le meilleur et le plus équilibré. Néanmoins, il demande plus d'importance pour la partie centrale, en l'élargissant mais sans élever la coupole. Buffet met en avant « l'extrême bon goût et l'originalité des deux façades, d'une sobriété voulue qui impressionne ». Enfin, il balaye les attaques contre les prétendues convictions antireligieuses d'Émile Bois, sans aucun fondement d'après lui, car l'architecte, « dans la délicieuse église qu'il a construite à Marrault⁶⁹⁹, [y] se montrait assidu aux offices »⁷⁰⁰.

Julien Barbier (1869-1949), architecte spécialisé dans la construction d'églises, est aussi invité par le curé Paquier à examiner les projets. Il est surpris par cette « façon d'opérer tout à fait anormale »⁷⁰¹. On lui dit que les projets, accompagnés de maquettes blanches anonymes, ont été fournis spontanément par les architectes, sans programme prédéfini et qu'un des auteurs a déjà été appelé pour faire des modifications. Il s'agit d'Émile Bois, selon les écrits de Buffet, qui évoque deux projets successifs présentés par l'architecte. Barbier s'exprime en faveur du projet de Bois, qu'il trouve le plus audacieux, mais avec un plan très mauvais et une façade inappropriée pour Paris. C'est pourquoi il propose l'organisation d'un véritable concours officiel.

Le projet de M. Forest et L. Nibodeau n'est pas retenu⁷⁰², mais les deux reçoivent une rémunération de 2000 francs. Un montant identique est attribué à l'architecte Bruel, qui est l'auteur d'un autre projet écarté⁷⁰³.

La Commission Diocésaine d'Architecture se réunit le 6 juillet 1927 sous la présidence du cardinal Dubois afin d'analyser les trois projets retenus, dessinés par les architectes Bevière, Bois et Hulot⁷⁰⁴.

⁶⁹⁷ AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chailot 1D-3D. Lettre de Paul Tournon au vicaire général. 27 janvier 1927.

⁶⁹⁸ Émile Bois (1875-1960), est successivement sous-inspecteur des travaux de la Ville de Paris, sous-inspecteur des Bâtiments civils et palais nationaux en 1904, architecte de la Préfecture de la Seine en 1909, architecte en chef des Bâtiments civils et palais nationaux en 1910, architecte en chef de la Ville de Paris en 1935, retraité en 1937 : CROSNIER LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique d'Émile Bois. URL : <https://agorha.inha.fr/ark:/54721/4aac970b-1220-43d7-b064-38cb41e9eeeb> (Consulté le 10 août 2023) ; AN. AJ/52/401. Dossier d'élève d'Émile Bois.

⁶⁹⁹ Chapelle Sainte-Jeanne située à Marrault, hameau de Magny (Yonne), construite en 1921.

⁷⁰⁰ AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chailot 1D-3D. Lettre de Paul Buffet au vicaire général datée 27 janvier 1927, 3 p. et une deuxième lettre de Paul Buffet au même destinataire, s.d.

⁷⁰¹ AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chailot 1D-3D. Lettre de Julien Barbier au vicaire général. 25 janvier 1927, 2 p.

⁷⁰² AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chailot 1D-3D. Lettre de Forest et Nibodeau au vicaire général. 8 février 1927, 1 p.

⁷⁰³ AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chailot 1D-3D. Lettre du vicaire général à Bruel, 42 rue Decamps, Paris. 29 janvier 1927, 1 p.

⁷⁰⁴ AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chailot 1D-3D. Procès-verbal. 15 juillet 1927.

Dans le jury siègent Paul Boeswillwald⁷⁰⁵, Louis Marie Cordonnier⁷⁰⁶ et Albert Tournaire⁷⁰⁷. Les plans incluent dans cette phase une église principale et une chapelle, reprenant le fonctionnement de la vieille église.

Appréciée pour son plan clair offrant une grande surface, la proposition de Bevière est critiquée pour le traitement de la chapelle en « sorte de bas-côté », qui implique un isolement insuffisant par rapport à l'église principale, sans offrir la possibilité d'une utilisation simultanée des deux espaces. La commission entre dans des détails plus techniques, jugeant que la coupole proposée n'est pas réalisable sans une solide ceinture. Elle suppose que l'architecte l'a imaginée en béton armé, en lui donnant pourtant l'aspect de la pierre.

Le projet d'Émile Bois est bien évalué pour la nette séparation entre la chapelle et l'église principale, qui ont leurs accès sur deux rues différentes. Le plan en croix grecque permet la réservation de deux vastes chapelles dans les deux absides latérales et la commission remarque une originalité qui sera conservée dans les plans définitifs. Il s'agit du mode de couverture des absides en cul-de-four par des coupes hémisphériques, qui nécessitent un artifice constructif à l'intérieur, où elles ne sont pas supportées par les murs. Des trompes sont ici nécessaires, et la solution sera gardée quand l'architecte transformera les formes rondes en octogones. Sur la façade principale, les qualités artistiques et décoratives de la composition sont remarquées, avec une réserve par rapport à la massivité « peut-être un peu fruste sous le ciel de Paris »⁷⁰⁸.

Dessiné par Hulot, le troisième projet est apprécié pour la clarté du plan, mais il n'échappe pas aux critiques liées à la relation entre l'église principale et la chapelle. Cette dernière est estimée en communication trop directe avec l'église, en vue d'une utilisation commune lors des jours de fête. L'habileté de l'architecte dans l'agencement des dépendances est aussi critiquée.

La commission confie les travaux à Émile Bois avec sept voix sur neuf. Hulot reçoit deux voix, tandis que le projet de Bevière n'est préféré par personne. Vu le contenu des discussions retracées très brièvement dans le procès-verbal, on doit remarquer que le seul critère rappelé dans les trois jugements est celui de la relation entre la chapelle et l'église proprement dite. Or cette chapelle ne sera jamais construite.

Dans une lettre du 4 novembre 1927 adressée au préfet⁷⁰⁹, le cardinal Dubois demande l'autorisation de construire, en précisant que le chantier se fera en trois phases, afin d'assurer la continuité du

⁷⁰⁵ Paul-Louis Boeswillwald (1844-1931). Elève et collaborateur de Viollet-le-Duc, architecte diocésain et inspecteur général des édifices diocésains, membre de la commission des monuments historiques. Collabore avec le jeune Charles-Henri Besnard.

⁷⁰⁶ Louis Marie Cordonnier (1854-1949). Président de la société centrale des architectes, membre des jurys de Beaux-arts etc. Ses principales réalisations sont des églises, comme Saint-Édouard de Lens (MH), la Basilique Sainte Thérèse de Lisieux, ou Notre-Dame-de-Pellevoisin de Lille, toutes d'une expression formelle inspirée de l'architecture romane, interprétée d'une façon très personnelle.

⁷⁰⁷ Albert Tournaire (1862-1958). Grand prix de Rome 1888, architecte en chef de la ville de Paris et de l'exposition coloniale de 1931, enseignant à l'école des Beaux-Arts etc.

⁷⁰⁸ AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chailot 1D-3D. Procès-verbal. 15 juillet 1927.

⁷⁰⁹ AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chailot 1D-3D. Lettre du cardinal Dubois au préfet de la Seine. 4 novembre 1927.

service religieux dans les locaux existants. Dans un autre courrier, début 1928, le cardinal remet de nouveau le projet d'Émile Bois au service compétent de la Ville pour solliciter l'autorisation de travaux comprenant la démolition de l'ancienne église. Il espère qu'un plan approuvé par l'administration aura plus de chance d'être financé par les « générosités de ce quartier fortuné »⁷¹⁰.

Dans la séance du 29 mars 1928, le Comité Technique et d'Esthétique de la Ville de Paris (CTE) examine le projet d'Émile Bois. Nenot reproche au projet « un caractère un peu funéraire »⁷¹¹, considérant que la vaste façade ne s'harmonise pas avec l'environnement construit et que cette église paroissiale devenue église votive n'a pas un plan suffisamment cohérent en raison de tous les espaces annexes qui entourent l'espace principal. Albert Tournaire rappelle qu'il existe à Paris une architecture d'inspiration romano-byzantine (Saint-Pierre de Montrouge) et que les annexes sont demandées par le programme et bien intégrées dans la volumétrie. L'avis rendu est favorable, avec des observations qui sont transmises via le cardinal Dubois à l'architecte. Nous pouvons remarquer qu'il ne s'agit pas d'une instruction purement réglementaire, mais d'un véritable jugement architectural et urbain.

Le 24 novembre 1928, le CTE de la Ville analyse de nouveau le projet et le 23 mars 1929 le conseil municipal autorise l'association diocésaine à faire reconstruire l'édifice à ses frais. Dans la délibération il est mentionné que l'église deviendra, après son achèvement, la propriété de la Ville de Paris⁷¹². Le projet est présenté dans le cadre de l'exposition « L'art et le mobilier religieux modernes » au musée Galliera en 1929, à côté d'œuvres de Perret (église du Raincy), Dom Bellot (église de Comines), Brunet (église Saint-Léon de Paris), Marguerite Huré, Mauméjean etc.⁷¹³.

Après la démolition de l'ancienne église, les vitraux récupérés sont donnés par le curé Paquier pour être réutilisés dans l'aménagement de la chapelle de Sainte-Jeanne-de-Chantal-hors-les-murs à Antony⁷¹⁴. Le modeste édifice, financé par les Chantiers du Cardinal est, lui aussi, récupéré à partir d'un pavillon provenant de l'Exposition coloniale de 1930 et remonté par l'architecte Barnabe.

L'église construite à partir de 1931 est, après le Sacré-Cœur, l'une des plus grandes érigées à Paris⁷¹⁵. Architecte en chef honoraire de la Ville, Émile Bois collabore sur ce chantier avec son confrère Bernard Lissalde et l'ingénieur conseil P. Simphal⁷¹⁶. La surface totale du terrain est de 3260 m², alors que la surface construite de l'église haute est de 1960 m² auxquels s'ajoutent les 820 m² de la crypte⁷¹⁷.

⁷¹⁰ AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chaillot 1D-3D. Lettre du cardinal Dubois au préfet de la Seine. 12 mars 1928.

⁷¹¹ AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chaillot 1D-3D. Procès-verbal de la séance du 29 mars 1928 du Comité Technique et d'Esthétique de la ville de Paris, intitulé « Reconstruction de l'église Saint-Pierre-de-Chaillot », 3 p.

⁷¹² AHDP. Dossier Saint-Pierre-de-Chaillot 1D-3D. Extrait du Registre des procès-verbaux des séances du conseil municipal de la Ville de Paris, séance du 23 mars 1929, 1 p.

⁷¹³ LOUVET Albert. L'art et le mobilier religieux modernes. In : *L'Architecture*, vol. XLIII, N° 3, 1930, p. 81.

⁷¹⁴ Nos chantiers d'Églises...et autres - à Paris. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 3, 1932, p. 9.

⁷¹⁵ OLLIVIER Félix. La nouvelle église Saint-Pierre de Chaillot. In : *L'Architecture*, N° 11, 1938, pp. 361-370.

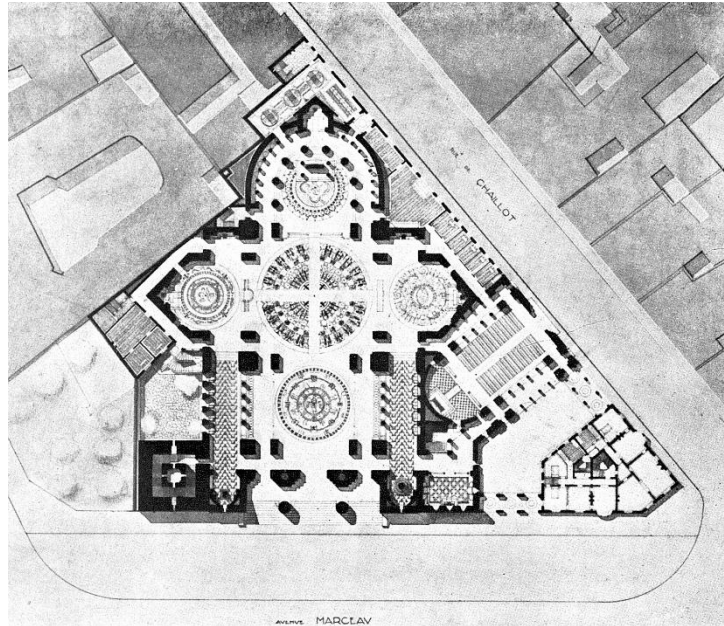
⁷¹⁶ BRAIVE Georges. La nouvelle église Saint-Pierre de Chaillot. In : *La Construction moderne*, N° 7, 1938, pp. 75-78.

⁷¹⁷ GOISSAUD Antony. Église Saint-Pierre de Chaillot. In : *L'Architecture*, N° 37, 1935, pp. 998-1010.

L'évolution du projet architectural

Une première tâche de l'architecte est d'inscrire un plan de forme symétrique dans un terrain en polygone irrégulier⁷¹⁸ ouvert sur deux rues non parallèles. Si l'ancienne église a son accès principal sur la rue de Chaillot, le projet d'Émile Bois profite de la profondeur plus importante disponible perpendiculairement à l'avenue Marceau pour créer ici la façade principale. L'église est parfaitement installée sur l'axe est-ouest, mais à l'envers de la pratique traditionnelle, avec sa façade principale à l'orient et le chœur à l'occident.

Le plan d'origine est déjà en croix grecque, mais ses éléments sont épurés par la suite. L'édifice a la façade principale sur l'avenue Marceau. Une entrée monumentale sur trois travées inégales est soutenue par deux épaisses colonnes qui marquent un porche. Un escalier monumental longe tout le porche en saillie sur l'espace public. À gauche de l'entrée, la tour-clocher sur plan carré abrite un escalier à quatre rampes séparées par des paliers intermédiaires. Vers l'intérieur de la tour, l'escalier est délimité par un mur créant un vide central. À droite de l'entrée de l'église, l'architecte dessine une salle paroissiale et sur la rue de Chaillot il prévoit une chapelle



120 Saint-Pierre-de-Chaillot, Paris.
Plan du rez-de-chaussée dans son contexte urbain.
La Construction moderne, N° 46, 1935.

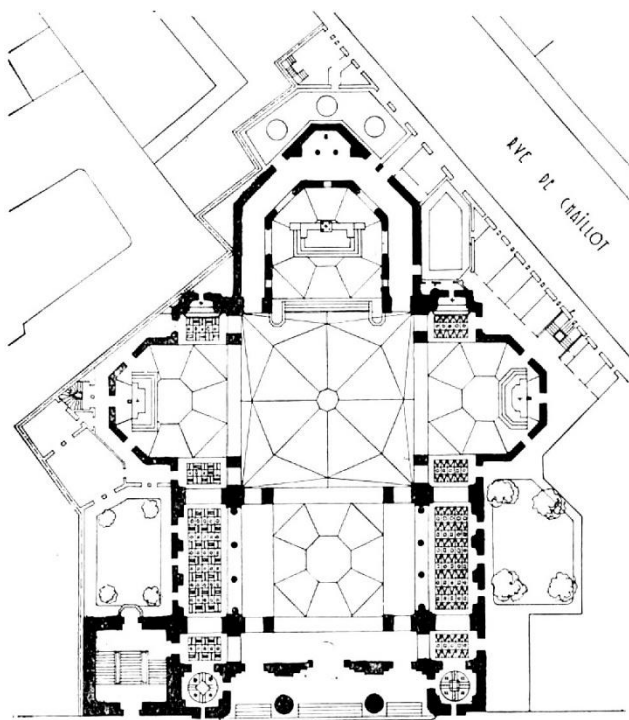
terminée par une abside circulaire. Le presbytère est implanté à l'angle de la rue de Chaillot et de l'avenue Marceau, séparé de l'église et de la chapelle par des portiques. En revanche, il n'y a aucune maîtrise foncière sur ce terrain. De l'autre côté, à l'angle de l'avenue Marceau et de l'avenue Pierre 1^{er} de Serbie, le terrain voisin apparaît comme planté d'arbres par-dessus l'emprise d'un immeuble. Pourrait-il s'agir d'une suggestion de démolir cet immeuble privé afin de mettre en valeur le clocher de l'église par un jardin ?

Pour l'église principale, le plan est un compromis entre le site qui demande un découpage triangulaire des absides latérales et la tradition architecturale qui veut une abside circulaire à déambulatoire pour le chœur. Ainsi, les deux espaces latéraux se terminent par la rencontre de deux murs à un angle aigu qui inscrivent des cercles, mais non sans difficulté. La courte nef de l'église issue d'un type de plan centripète est flanquée de deux collatéraux. Ils se séparent du vaisseau par cinq travées déterminées

⁷¹⁸ Parcelles cadastrales actuelles 58 et 65, Feuille FO 01.

par l'espacement égal de quatre colonnes supportant les tribunes. Vers l'avenue Marceau, chacun des bas-côtés se termine par une absidiole (chapelle). Dans l'autre direction, des autels secondaires correspondant à l'axe de chaque collatéral s'implantent dans des niches rectangulaires. Un double déambulatoire est créé autour de l'autel, avec une séparation par colonnes de grand diamètre vers l'intérieur et de moindre dimension vers l'extérieur. Ce plan manque encore de détermination et rien de ce qu'il contient n'indique, à ce stade, l'emploi du béton armé.

La version définitive du projet exprime un progrès dans la clarté de la conception. Elle maintient l'accès sur l'avenue Marceau avec ses travées inégales et augmente le diamètre des deux colonnes du porche. Les deux absidioles qui terminaient les bas-côtés deviennent des vestibules pour les entrées secondaires de l'église, avec un accès latéral du porche. Les autels secondaires du côté du chœur sont conservés dans des niches rectangulaires. L'escalier est moins imposant car il est coupé en trois parties sur la longueur, alors que le clocher conserve son plan carré, mais avec un escalier intérieur plus économique. Cet escalier en béton apparent se développe dans un espace complètement ouvert et spectaculaire par sa hauteur et l'emploi de la brique bouchardée sur les murs. La chapelle secondaire disparaît et l'attention de l'architecte se concentre sur le raffinement du plan de l'église principale.



121 Saint-Pierre-de-Chailot. Version finale du plan de l'église.
Travaux, février 1939.

Émile Bois introduit notamment un nouveau paramètre directeur de la composition - l'octogone - absent de la première solution. C'est un objet géométrique qui permet la conservation du parallélisme partiel avec les limites séparatives exigües qu'Émile Bois avait cherchées dans son premier projet au niveau des absides latérales. Ainsi, les anciens triangles deviennent les côtés d'un octogone en cohérence avec la couverture de l'espace. Deux dômes secondaires en tronc de pyramide octogonale sont aussi introduits au-dessus du chœur et de la nef, dans un remarquable travail de modularité ayant des conséquences dans les proportions de tout l'espace intérieur. Les colonnes qui séparent le vaisseau central des collatéraux et soutiennent les tribunes ne conservent pas le rythme d'origine.

Au lieu des cinq travées égales définies par quatre colonnes, l'architecte conserve le nombre de supports mais réduit à trois les travées en agrandissant les passages. Pour ce faire, il adosse les premières colonnes aux piles principales, en respectant la règle de composition classique qui impose un nombre impair de travées, donc un vide dans l'axe. Un autre changement notable se trouve au

niveau du chœur, qui prend aussi une forme polygonale. Le plan final comporte un seul déambulatoire à chapelle unique, séparé de l'autel par le mur supportant la coupole en pyramide octogonale. Ce mur forme une division très présente entre les deux espaces, malgré son percement par trois baies et deux petits passages.

Les choix de la maîtrise d'ouvrage

Depuis sa position de maître de l'ouvrage, le clergé a un fort impact sur le projet architectural et notamment sur l'apparence extérieure de l'édifice, qui fait l'objet d'hésitations et de craintes. Il est intéressant de consacrer quelques lignes au cas de Saint-Pierre-de-Chailot, car ces travaux peuvent illustrer des situations similaires à d'autres chantiers d'églises en béton armé, qui expliquent des incohérences ou inaboutissements stylistiques.

Un court article malicieux publié le 4 février 1929 dans *Le Figaro* rend de notoriété publique les dilemmes qui précèdent le début des travaux : l'indécision sur le projet initial en raison d'une façade « peu digne de l'avenue Marceau »⁷¹⁹, l'absence de validation par le cardinal et l'insuffisante contribution financière des fidèles. En effet, trois jours plus tard a lieu une séance de la commission financière du diocèse au sujet de la reconstruction de l'église⁷²⁰. Elle commence par débattre de la position de la façade principale, car le terrain à l'angle des voies a été acheté entre temps, ce qui permettrait de modifier le projet. Toutefois, la commission considère qu'une façade d'angle donnerait trop d'importance à la rue de Chailot et l'élévation aurait des dimensions insatisfaisantes et des retraits disgracieux. L'angle est trop aigu pour implanter une façade monumentale sans un retrait très important. Sur le plan pratique, la modification impliquerait une augmentation du prix de 4.000.000 de francs, avec l'impossibilité de maintenir le service religieux pendant les travaux. Comme le terrain est occupé par des logements et commerces, la loi civile imposerait des délais intenable. La commission, dans laquelle siège Albert Tournaire, décide à l'unanimité de proposer au cardinal Dubois la préservation de la solution initiale proposée par Émile Bois, tout en laissant ouverte la question des modifications sur la façade. Le conseil paroissial qui a lieu deux semaines plus tard confirme la décision, avec la proposition de démolition de l'immeuble situé au 31 avenue Marceau (à l'emplacement de l'actuel clocher), pour des raisons de lourde imposition et pour montrer aux paroissiens que les travaux de construction de la nouvelle église démarrent⁷²¹.

Le curé Paquier rédige le 2 avril 1929 un rapport adressé à l'archevêque, au sujet des arguments pour et contre le changement d'orientation de l'église⁷²². Parmi les raisons esthétiques et économiques, il estime que l'avenue Marceau convient mieux que l'étroite rue de Chailot pour le stationnement des

⁷¹⁹ Saint-Pierre de Chailot. In : *Le Figaro*, 4 février 1928, p. 1.

⁷²⁰ AHDP. Dossier Saint-Pierre de Chailot 1D-3D. Commission financière pour la reconstruction de l'église de St. Pierre de Chailot, séance du 7 février 1928.

⁷²¹ AHDP. Dossier Saint-Pierre de Chailot 1D-3D. Procès-verbal de la séance du 22 février 1929 du conseil paroissial, signé par le curé Paquier et le duc de Caraman.

⁷²² AHDP. Dossier Saint-Pierre de Chailot 1D-3D. Rapport du curé J. Paquier. L'orientation de la future église de St. Pierre de Chailot. 2 avril 1929.

voitures lors des cérémonies et qu'une modification du projet retarderait la construction de vingt ans, temps pendant lequel le quartier se transformerait. Il se demande rhétoriquement si les touristes résidant dans les hôtels voisins seraient intéressés par la construction de cette église. Paquier met en avant l'opposition du conseil paroissial et de l'architecte pour conclure qu'un nouveau projet est impossible et non souhaité. Il propose toutefois de réduire la hauteur de la façade principale et d'inclure dans le programme des travaux le remaniement des constructions situées sur les terrains acquis, afin d'aménager une sacristie ou salle d'œuvres avec un jardin de 10 à 15 m de largeur qui permet l'éclairage naturel de l'église. Ces travaux sont planifiés après environ deux décennies nécessaires pour payer les crédits engagés. À l'angle de l'avenue Marceau et de la rue de Chaillot, le curé prévoit un presbytère de quatre étages maximum, dans le même style que l'église, justifiant la composition de cet ensemble par un « grandiose et harmonieux » effet de croissance des volumes lisible à partir du presbytère en direction des coupes de l'église, pour culminer avec la tour. Pourtant, ces plans ne s'arrêtent pas à l'emprise disponible dans l'immédiat, puisque Paquier estime qu'un de ses successeurs pourra acheter l'immeuble situé à l'angle des avenues Marceau et Pierre de Serbie pour en « raser » deux ou trois étages afin d'éliminer l'impression d'une église resserrée entre les maisons. Pour finir, le curé invoque le découragement des donateurs face à l'indécision qui dure depuis un an et demi et demande l'accord rapide du cardinal Dubois, en citant l'article du *Figaro* : « Il ne manque, avec l'approbation du cardinal, que l'argent des fidèles. Conditions indispensables »⁷²³.

Le secrétaire du comité paroissial, l'abbé Bohan, rédige le 6 mai 1929 un rapport sur l'hésitation qui persiste sur l'orientation de la façade. En effet, l'archevêque n'est pas convaincu de l'effet produit par cette église « donnant directement sur la voie publique »⁷²⁴. Il nomme une autre commission pour trancher la question. Parmi les neuf membres figurent Paul Tournon et Albert Tournaire, à côté des membres du clergé et des représentants de la paroisse. L'architecte Émile Bois est invité avec les plans des deux versions.

Dans la séance du conseil municipal de Paris du 28 décembre 1931 à l'occasion des discussions sur les financements, un certain M. Godin propose le budget pour l'entretien et la conservation des édifices religieux appartenant à la Ville, travaux qui exigent pour 1932 un montant de 6.453.000 francs, dont 500.000 sont nécessaires pour l'exécution d'une deuxième tranche de travaux à Saint-Pierre-de-Chaillot⁷²⁵. Sur l'ensemble de la somme destinée à cinquante-huit constructions, 1.800.000 francs doivent être alloués pour de grands travaux de restauration. Parmi tous les édifices, Saint-Pierre-de-Chaillot reçoit la subvention la plus consistante. Pour Saint-Jean de Montmartre le conseil approuve un budget de 100.000 francs, tandis que les autres édifices religieux, en majorité anciens, reçoivent entre 800 (Temple de la Rédemption) et 406.000 francs (église Saint-Séverin). La proposition est adoptée, mais avec le report de la somme destinée à Saint-Pierre-de-Chaillot au début 1933.

⁷²³ Saint-Pierre de Chaillot. *Le Figaro*, 4 février 1928, p. 1.

⁷²⁴ AHDP. Dossier Saint-Pierre de Chaillot 1D-3D. Rapport de M. Bohan. L'orientation de la nouvelle église de St. Pierre de Chaillot. 6 mai 1929.

⁷²⁵ *Bulletin Municipal Officiel de la Ville de Paris*, 6 janvier 1932, pp. 86-87.

Paquier écrit en 1932 une note sur la nouvelle construction, au moment où les travaux sont en cours pour la façade avenue Marceau. Il soutient que le choix des matériaux de revêtement a été abordé très tardivement, lui-même étant induit en erreur par le projet et la maquette de l'église, d'un blanc uniforme qui ne laissait pas soupçonner les couleurs et parements. Le curé prévoit un béton apparent à l'intérieur « sans doute avec des caissons, dont les nervures seront favorables à une bonne acoustique »⁷²⁶. Concernant l'extérieur, il s'oppose au béton apparent pour ne pas ajouter un autre matériau à la brique et à la pierre prévues. En effet, Émile Bois prévoit au départ un parement extérieur en brique qui n'est pas rejeté. Pourtant, quand l'architecte présente un échantillon de brique en grès de couleur flammée et de dimensions 22/11/3 cm, le curé est déçu, parce qu'il s'attendait à un ton plus rouge et à une taille plus grande. Des échantillons plus grands d'aspect flammé sont aussi rejetés par le maître de l'ouvrage.

Le baron de Fontenay, président du conseil municipal et conseiller du quartier, demande le 15 mai 1932 un parement extérieur en brique, mais sa requête est refusée par le curé en ce qui concerne la façade sur l'avenue Marceau. Il se montre ouvert à la brique ou à un aggloméré de grès pour le reste des façades, mais sur la voie principale il ne souhaite pas montrer une image de la maison de Dieu « plus pauvre que les maisons profanes »⁷²⁷. Soumis aux diverses pressions, le curé justifie avec un « cri du cœur » la nécessité absolue de ne pas laisser l'aspect d'une église catholiques moins noble que celui de l'église protestante ou de l'église arménienne construites récemment dans les environs. Pour répondre à ceux qui soutiennent que la maladie de la pierre de Paris va altérer l'apparence des façades, Paquier propose la mise en œuvre de la pierre de Balzac ou de savonnière, une pierre employée au Palais de justice, qu'il considère comme suffisamment résistante.

En effet, le curé craint l'impression que la façade va donner aux paroissiens, qui pourraient être déçus et ne financeraient plus la construction. Selon lui, dans ce quartier « on y aime mieux le beau que le difficile et le grandiose plus que les jeux de briques inattendus, avec des ornements superflus et artificiels. Quel effet y produiraient ces petites briques ? L'effet d'une forteresse des Flandres, transportée au sein de l'Île de France. Ce serait le fourneau, l'usine ou le four à chaux de Chaillot »⁷²⁸.

Après avoir rejeté un mélange de pierre et brique sur les façades en raison du mode différent de vieillissement des deux matériaux, Paquier met en avant sa propre solution. Le socle de la façade sur l'avenue Marceau sera en grands blocs de pierre dure sur une hauteur de 1 à 2 m, avec un fronton en pierre sculptée. Dans le contexte d'un quartier bâti en pierre, le fond de la façade doit aussi être revêtu de ce matériau, malgré le besoin d'alléger avec des ouvertures et nervures une composition de grandes masses opaques mieux adaptée à la brique, qui correspondait au choix initial d'Émile Bois. Par conséquent, le curé prévoit des moellons d'environ 30 cm de hauteur, avec des joints épais et la face

⁷²⁶ AHDP. Dossier Saint-Pierre de Chaillot 1D-3D. Rapport du curé J. Paquier. Les matériaux de la nouvelle église de Chaillot. 14 mai 1932, 12 p.

⁷²⁷ Idem, p. 5.

⁷²⁸ Idem, p. 7.

rustiquée. La conclusion est directe: « qu'immédiatement M. Bois se mette à l'œuvre, sans arrière-pensée ni esprit de contradiction »⁷²⁹.

Dans le même rapport du curé se trouvent des informations sur les autres façades. Au début, le conseil paroissial accepte un parement en briques ou agglomérés de grès, de 30 à 70 cm de longueur sur 22 à 35 cm de hauteur et d'un ton blanc écru ou flammé pâle. La couverture est d'abord imaginée par l'architecte en brique ou agglomérés de hauteur moins importante pour diminuer le poids. L'emploi de la pierre est oublié pour l'instant à cause du prix et du poids sur les coupoles. À la demande du curé, des échantillons de brique sur mesure sont exécutés pour être présentés à une commission formée de responsables de la paroisse et d'architectes, parmi lesquels Tournon, Tournaire et Bois.

Le financement des travaux

Au début, les crédits pour la construction de l'église Saint-Pierre-de-Chailot sont assurés par une souscription auprès des paroissiens, via la société anonyme « Union de Chaillot », qui dispose en 1933 d'un capital social de 580.000 francs divisé en 5850 actions de cent francs⁷³⁰ (450.000 euros 2022)⁷³¹. Ce montant est vraisemblablement utilisé en priorité pour la première tranche de travaux.

L'archevêque de Paris indique dans sa lettre du 4 novembre 1927 adressée au préfet que « des généreux donateurs, par leurs offrandes, nous ont permis d'acheter les terrains et de réunir en outre une somme de 600.000 francs »⁷³². Pourtant, dans le document conservé dans les archives du diocèse, ce texte est rayé, sans doute parce qu'il ne correspondait pas à la réalité.

Début 1928, la balance générale⁷³³ relève un crédit de 449.406 francs. Du total de 1.052.060 francs obtenus par des dons et coupons, un montant de 534.441 francs est dépensé pour l'achat de divers titres, qui sont vendues à hauteur de 531.786 francs. Ces titres représentent des obligations (292), des bons de trésor (48) et des titres communaux (800). Seulement les bons de trésor sont cédés sans perte, mais en raison de l'augmentation de leur valeur, le déficit sur l'ensemble des titres est plus important que la différence entre la quantité achetée et la quantité vendue. Dans une rubrique « virement » est inscrite la somme de 600.00 francs, ce qui représente l'achat des terrains autour de la parcelle d'origine. Assurée depuis novembre 1927, l'acquisition du terrain à l'angle de la rue de Chaillot et de l'avenue Marceau se formalise seulement le 12 juillet 1928, en raison de « l'âge de la venderesse », la comtesse de Contades. Le prix d'achat est de 2.200.000 francs (1.500.000 euros 2022), avec des frais de mutation de 560.000 francs⁷³⁴.

⁷²⁹ Idem, p. 8.

⁷³⁰ Action de Cent Francs au Porteur N° 05496. AHDP. Dossier Saint-Pierre de Chaillot 1D-3D.

⁷³¹ INSEE. Convertisseur historique franc-euro. URL cité. (Consulté le 10 août 2023).

⁷³² AHDP. Dossier Saint-Pierre de Chaillot 1D-3D. Lettre du cardinal Dubois au préfet de la Seine. 4 novembre 1927.

⁷³³ AHDP. Dossier Saint-Pierre de Chaillot 1D-3D. Balance générale depuis la Fondation de l'Œuvre. 25 février 1928.

⁷³⁴ AHDP. Dossier Saint-Pierre de Chaillot 1D-3D. Rapport. L'orientation de la future église Saint Pierre de Chaillot. 2 avril 1929.

3.5.2 Analyse architecturale de l'église

Émile Bois recherche une écriture architecturale placée dans la continuité historique de l'architecture religieuse, sans compromis par rapport à la contemporanéité. Le jugement des critiques actuels est filtré par les théories modernistes. Ainsi, dans un des guides d'architecture de Paris les plus complets⁷³⁵, l'auteur considère que l'architecte de Saint-Pierre-de-Chailot est incapable de proposer des formes nouvelles, se bornant à copier celles du passé. C'est une appréciation qui ne comprend pas profondément l'époque qui a produit cette architecture. Les conditions de création, surtout dans le domaine de l'architecture religieuse ne sont pas, pendant les années 1920 et 1930, celles des années 1950 et 1960, beaucoup plus favorables à la liberté totale de l'architecte, et il ne faut pas perdre de vue les énormes changements introduits par le Concile Vatican II. Dans un programme d'architecture aussi imprégné par la tradition et dans les conditions d'un culte stable depuis le Concile de Trente, il n'est pas pertinent d'exiger dans l'entre-deux-guerres un progrès des formes similaire à d'autres programmes comme le logement. Les exigences de la maîtrise d'ouvrage, les habitudes des entrepreneurs, le goût public et l'attitude envers la religion ne sont pas encore prêts pour un bouleversement formel. Une évaluation raisonnée doit tenir compte du changement plus subtil qui a lieu, car les nouvelles idées et techniques pénètrent néanmoins dans la construction des églises.

Dans le cas de l'église de Chailot, il ne s'agit pas d'une simple copie, mais de l'interprétation d'une tradition millénaire selon une technique constructive jeune de quarante ans. Des exégèses formelles sont présentes tout au long de l'histoire, comme celle de Saint-Front de Périgueux qui s'inspire de Saint-Marc de Venise, sans pour autant donner lieu à un plagiat. L'intérêt de l'architecture d'Émile Bois réside dans sa capacité d'intégration dans la continuité, en restreignant l'expression de sa personnalité, sans pour autant la réprimer.

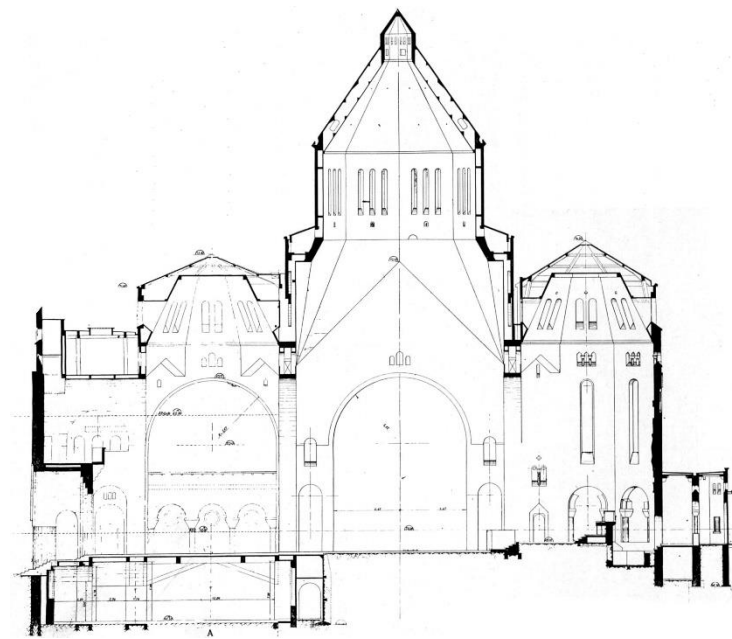
La composition générale

Comme d'autres constructeurs d'églises de son époque, l'architecte retient les principes de la modernité et les applique à des formes consacrées. Pour exprimer la simplicité volumétrique, la nudité des surfaces et l'emploi économique et franc des nouvelles techniques, il va chercher dans l'histoire un style qui, à son époque, s'est basé sur les mêmes préceptes. Le style roman paraît à Émile Bois le mieux adapté pour mettre en valeur le béton armé des années 1930, qui n'est plus le maigre ciment armé de Paul Cottancin et d'Anatole de Baudot. Même dans les travaux contemporains de Charles-Henri Besnard en béton moulé, les formes reçoivent plus de masse, en s'adaptant à l'évolution technique et réglementaire du béton armé. Sur les formes compactes du roman, l'architecte de Saint-Pierre-de-Chailot met à l'œuvre le monolithisme du béton armé laissé apparent à l'intérieur. Une vision sensorielle du matériau détermine un travail décoratif raffiné sur la peau du béton. Aussi, à l'intérieur du clocher, la brique est utilisée en parement. La surface bouchardée de la brique, l'intensité

⁷³⁵ LAPIERRE Eric. *Guide d'architecture Paris 1900-2008*. Paris : Pavillon de l'Arsenal, 2008. Article Saint Pierre de Chailot.

chromatique et le contraste créent, ici, un effet à la fois fort et délicat. À l'extérieur, les façades et les toitures sont recouvertes de pierre de taille exprimant le poids des volumes.

En raison du mauvais sol situé au-dessus d'anciennes carrières, la construction repose sur trente puits en béton armé de 18 m de profondeur⁷³⁶ qui correspondent au périmètre de l'église et aux principaux points d'appui, exerçant une pression sur le sol de 4 kg/cm². Ces puits descendent jusqu'au niveau bas des galeries abandonnées, qui sont remplies de terre, alors que les failles découvertes encore en-dessous sont remplies de béton. Le clocher est fondé sur un radier en béton armé de forme carrée, placé dans le sol à 16 m de profondeur, soutenant par des poteaux et murs en béton armé la dalle de départ de la superstructure⁷³⁷.



122 Saint-Pierre-de-Chaillot. Coupe longitudinale.
Travaux, février 1939.

L'église est organisée sur un niveau de sous-sol (église basse), un niveau principal et des tribunes. Un étage supplémentaire est aménagé dans l'épaisseur de la façade avenue Marceau pour exposer les modèles en plâtre des hauts-reliefs qui décorent l'ample tympan. Cet espace est par ailleurs en discordance stylistique complète avec le reste du bâtiment à cause de sa modernité. Ici, les poteaux de section circulaire détachés des murs soutenant un réseau de poutres et l'éclairage naturel zénithal s'inspirent davantage des théories de Le Corbusier que des traditions du Moyen Âge.

Dans tous les aspects de cette construction, le rôle directeur de l'ossature en béton armé est manifeste et subordonne la composition des formes. L'église basse (crypte) est un espace haut de 5 m couvert par une dalle de 13 m de portée, mais qui suggère de façon remarquable une voûte et par conséquent la fonction religieuse de l'édifice. Ainsi, les piliers carrés qui encadrent la croisée soutiennent des dalles inclinées de béton apparent qui se rencontrent comme les deux pentes d'une toiture sous un angle obtus. Leur fonction dans la structure est aussi importante que le rôle symbolique, parce qu'ils permettent de transférer aux piliers la charge de la dalle du rez-de-chaussée qui, malgré une faible épaisseur, a une surface de plus de 100 m² et un poids considérable. Au centre, la dalle est renforcée par quatre poutres croisées rappelant une croix. La massivité des éléments constructifs crée une ambiance de catacombe et laisse soupçonner l'énorme charge portée. Avec un rapport de 3/1 entre

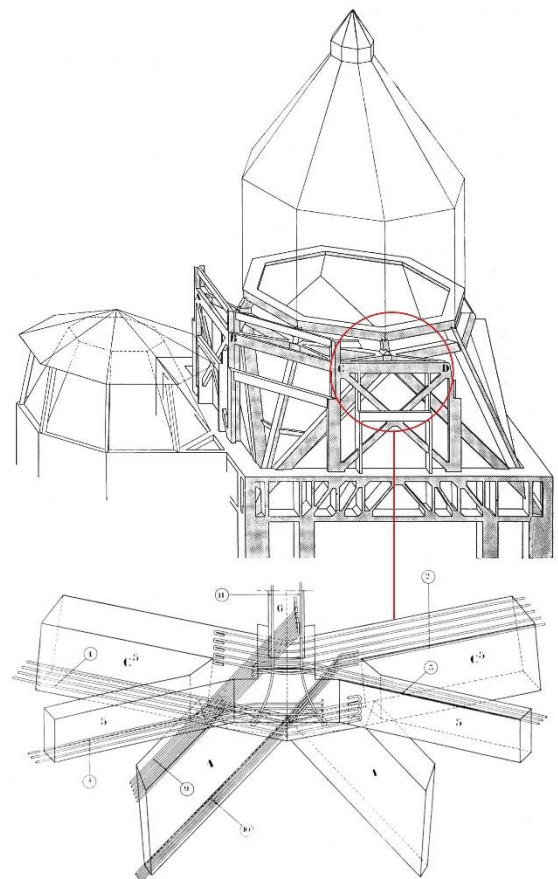
⁷³⁶ GOBILLOT René. La nouvelle église Saint-Pierre de Chaillot. In : *L'Architecture*, N° 8, 1935, pp. 277-284.

⁷³⁷ BRAIVE Georges. L'église Saint-Pierre-de-Chaillot à Paris. In : *Travaux*, N° 79, 1939, pp. 59-65.

hauteur et largeur des poteaux, avec des dimensions horizontales assez grandes pour une faible hauteur sous plafond, l'espace de la crypte semblerait écrasé en l'absence de l'artifice architectural créant les pseudo-voûtes. Au-delà de la décoration des piliers en béton apparent qui portent des chapiteaux, les surfaces de cette salle sont généralement recouvertes d'enduit, tandis que le plafond est peint.

L'église haute est construite selon un principe de dualité, pierre à l'extérieur - béton à l'intérieur, deux matières solidarisiées par des harpages prévus dans le béton armé pour éliminer la possibilité de travail différencié. Cinq coupoles couvrent l'espace de l'église, dont une joue le rôle principal par son positionnement et ses dimensions. L'espace intérieur est dominé par ce grand dôme en pyramide octogonale soutenue par quatre lourds arcs en plein cintre, pourvus de passages qui allègent leur épaisseur à la base, de la même façon qu'à Saint-Front de Périgueux. En réalité, les arcs ne sont pas aussi massifs, car leur structure interne est une ossature fermée par des parois de béton apparent, laissant la place à des escaliers et gaines. Les piédroits se prolongent au-delà de la clef de l'arc pour se relier les uns aux autres par des poutres treillis en béton armé, également comprises entre deux parois et formant une ceinture carrée.

De ce plan carré vers la base octogonale de la coupole centrale, la transition est assurée par des pendentifs en étoile. Aucun côté de l'octogone n'est parallèle aux côtés du carré, car Émile Bois prend une position originale en tournant le polygone, ce qui engendre la rupture en deux de chacun des quatre pendentifs. Il faut remarquer que les constructeurs médiévaux évitaient ce genre de détail impossible à réaliser en pierre. À Saint-Ours de Loches par exemple, qui dispose d'une coupole à parois rectilignes similaire, l'octogone est le résultat d'une rotation à 45° du carré de la croisée sur lui-même. Quatre côtés de l'octogone coïncident ainsi avec la base carrée et les tympan sont des surfaces simples inclinées⁷³⁸. Émile Bois effectue une opération géométrique supplémentaire par rapport aux bâtisseurs de Loches, en tournant l'octogone de 22,5°, pour perdre ainsi tout parallélisme avec les côtés de la croisée. En raison du positionnement et des surfaces rectilignes employées, les pendentifs de Saint-Pierre-de-Chaillot s'éloignent en montant de la verticale du tympan de chaque arc, alors que le détail

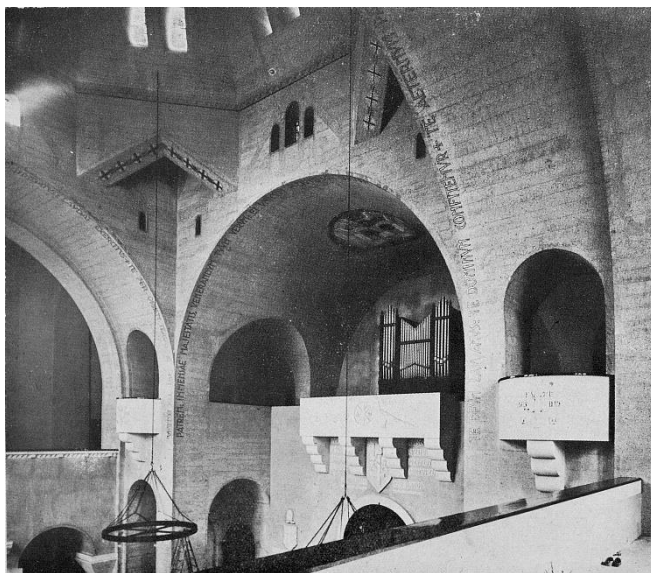


123 Saint-Pierre-de-Chaillot.
Schéma de l'ossature en béton armé de la coupole.
Détail d'armatures d'un nœud.
Travaux, février 1939.

⁷³⁸ Cf. coupe axonométrique. CHOISY Auguste. *Histoire de l'Architecture*, tome 2. Paris : Gauthier-Villars, 1899, p. 200.

qui en résulte est un raccord à deux pentes pénétrant la paroi de l'arc. La structure interne des pendentifs est un squelette inspiré des charpentes et le béton des parois visibles à l'intérieur, gratté à l'aide d'un appareil pneumatique, porte l'empreinte des planches de coffrage posées horizontalement. La rencontre supérieure des pendentifs est une poutre-ceinture à plan octogonal qui soutient le départ des parois de la coupole.

Nous retrouvons une méthode constructive déjà employée à Saint-Jean de Montmartre ou Saint-Esprit, la réalisation en double paroi des voûtes. Concrètement, la coupole dispose d'une ossature d'arêtiers fonctionnant comme des poutres inclinées ou des arbalétriers de charpente. Chacun est percé en partie basse d'une ouverture de 1 m sur 45 cm qui permet la circulation de service et le passage des réseaux. Les arêtiers sont reliés entre eux par un réseau de pannes en béton armé ayant une section triangulaire en raison du découpage par les plans inclinés des sections originaires en rectangles positionnés verticalement. Une paroi inférieure est ensuite coulée en béton armé gratté comme le reste des surfaces murales. La deuxième paroi sert de support pour la couverture en pierre de 35 cm d'épaisseur.



124 Saint-Pierre-de-Chaillot.
Vue des pseudo-trompes de la coupole secondaire couvrant la nef.
La Construction moderne, N° 46, 1935.

Les quatre coupoles secondaires couronnent les absides latérales, le chœur et la nef. Pour les deux absides et le chœur, le contour polygonal des murs extérieurs correspond à cinq des huit côtés de chaque voûte, ce qui élimine en partie la nécessité de raccords entre les murs et les parois de la voûte. L'implantation est simple pour ces coupoles, les octogones n'étant pas tournés. Seule la coupole secondaire située au-dessus de la nef est superposée à un plan carré parfait. Pour assurer le passage du carré à l'octogone, des pseudo-trompes sont utilisées. Il s'agit en effet de poutres en béton armé découpées en partie basse afin de les alléger visuellement.

Ces dispositifs ne donnent pas lieu à une surface de raccord avec les angles formés par les supports des arcs, laissés ouverts en partie haute jusqu'à une dalle supérieure. C'est de nouveau un choix architectural permis par l'emploi du béton armé, mais l'inspiration d'Émile Bois pour ce type d'articulation vient des cuisines de l'abbaye de Fontevraud, où la coupole octogonale est posée sur un système quasi-identique de supports assurant le passage du plan carré au plan polygonal. Ici, la fermeture supérieure du triangle créé entre le côté de l'octogone et les deux côtés perpendiculaires du carré sur lesquels il repose est percée pour laisser sortir la fumée.

Dans la composition des tribunes et de leurs supports, l'architecte met en œuvre une méthode utilisée par les constructeurs médiévaux sous l'inspiration de l'architecture byzantine, consistant à utiliser des chapiteaux tronconiques très volumineux qui transmettent les charges verticales aux colonnes en les concentrant sur une surface moindre que celle du départ de l'arc. Nous retrouvons cette technique au cloître de Moissac, achevé vers la fin du XI^e siècle⁷³⁹. Les colonnes ont un faible diamètre par rapport à la masse supportée, mais cette habileté architecturale permet entre elles un espace plus large que la portée de chaque arc, d'autant plus que les bases des colonnes sont absentes.



125 Saint-Pierre-de-Chaillot. Chapiteau sculpté.
Photo : l'auteur, 2015.

Du point de vue de la matérialité, les colonnes et les arcs sont en béton armé, alors que les chapiteaux sont soit en pierre sculptée, représentant les symboles des quatre évangélistes, soit sans aucun autre décor outre un polissage. Entre les deux matières il y a un contraste et un dialogue assez discrets qui font appel à la sensibilité visuelle, mais ils sont actuellement faussés par l'encrassement du béton brut. Du point de vue de la mise en valeur des surfaces brutes et ciselées, ainsi que de la combinaison fine des matériaux, Émile Bois s'approche ici de la démarche qu'aura plus tard l'Italien Carlo Scarpa.

La décoration comme parachèvement de l'architecture

L'ambiance sobre créée par l'architecte retrouve une réponse dans les œuvres qui présentent une géométrisation des formes, des personnages hiératiques, des couleurs pâles.

La peinture intérieure présente une originalité technique. Nicolas Untersteller (1900-1967) pratique la peinture monumentale religieuse sur divers supports : béton à l'église Saint-Pierre-de-Chaillot, verre à l'église Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus de Metz, fer à l'église Sainte-Barbe de Crusnes. À Saint-Pierre-de-Chaillot il travaille sur les quatre arcs monumentaux de la croisée. Trois décennies auparavant, Louis-Charles Boileau avait préconisé la fresque pour les surfaces en béton. Mais la particularité de la technique d'Untersteller est d'appliquer la couleur directement sur le béton apparent, sans autre couche d'enduit. En revanche le béton est gratté au marteau pneumatique pour accentuer le relief des formes peintes à la chaux. L'intérieur des figures est peint sur la surface brute du béton, qui reste visible par transparence. Ces œuvres représentent les quatre attributs de l'Église selon le Symbole de la foi : une, sainte, catholique et apostolique. Les compositions sont symétriques et divisées en registres horizontaux et verticaux, recherchant une stabilité monumentale.

Henri Bouchard (1875-1960) réalise les bas-reliefs du chemin de la croix. Les figures sont badigeonnées et les auréoles dorées pour un effet décoratif plus vif. Des deux côtés de la nef, au-

⁷³⁹ COLL. *Dictionnaire des églises de France*, tome III b - Guyenne. Paris : Robert Laffont, 1967, p. 100.

dessus des colonnes soutenant les tribunes, sont placées les statues en pierre blanche de saint Jean Baptiste, saint Joseph, saint Jude et saint Jean reposant sur des corbeaux. Dans l'abside du chœur, le sculpteur positionne la représentation du Calvaire, tandis que dans les deux absides du transept, Bouchard met la Vierge avec l'Enfant Jésus et le Sacré Cœur de Jésus, les deux en pierre dorée. L'artiste réalise également le grand tympan en haut-relief sur l'avenue Marceau, inspiré de la tradition médiévale.

Pierre Seguin est l'auteur des grands chapiteaux pyramidaux de la nef, portant les symboles des évangélistes (le tétramorphe): le lion, l'aigle, l'homme-ange, le taureau. Ceux-ci sont représentés en parfaite symétrie sur chaque angle du chapiteau respectif, sur un fond de décor géométrique sur plusieurs registres horizontaux. Seguin réalise aussi les chapiteaux de la crypte, ainsi que plusieurs inscriptions.

Pierre Ducos de la Haille⁷⁴⁰ (1889-1972) peint le plafond de la crypte, représentant le Christ entouré des symboles des évangélistes, les attributs de Saint Pierre et du Saint Esprit. Il peint également le plafond de la nef, figurant la Trinité. Les deux œuvres se caractérisent par un ton généralement terne, rehaussé de rouges et dorures.



126 Saint-Pierre-de-Chaillot.
L'arc triomphal et l'œuvre peinte sur béton par N. Untersteller.
L'Architecture, N° 11, 1938.

Les verres des frères Mauméjean⁷⁴¹ se remarquent par leur qualité. Le verre moulé, ciselé, écaillé ou imprimé présente des formes et épaisseurs différentes, avec des effets de lumière très profonds. Pour certaines pièces, lors de la cuisson du verre, de l'or est introduit pour se confondre avec la masse. Les vitraux n'ont pas de grandes dimensions par rapport à l'espace. Comme la lumière est très filtrée, seuls les jaunes produisant une note dominante. Les verriers créent aussi les symboles des apôtres dans le chœur, les mosaïques de la crypte et le décor en relief de la porte d'accès rue de Chaillot.

Enfin, la cour intérieure est décorée par des sculptures en calcaire du même Henri Bouchard, une lanterne des morts et une grille en fer forgé s'ouvrant vers la crypte. Les vitraux ici présents sont l'œuvre des frères Mauméjean.

⁷⁴⁰ Spécialisé dans la décoration monumentale, il est remarqué pour son travail dans la grande salle du palais de la Porte Dorée construit pour l'Exposition coloniale de 1931.

⁷⁴¹ Entreprise fondée à Pau par Jules-Pierre Mauméjean (1837-1909), dont les successeurs Henri (1871-1932), Léon (1878-1921) et Charles (1888-1957) lui assurent un essor international jusque dans les années 1950 ; MANAUTÉ Benoît. *La manufacture du vitrail et mosaïque d'art Mauméjean- Flambe ! Illumine ! Embrase !* Bordeaux : Le Festin, 2015, 288 p.

4. Aperçu typologique, architectural et constructif des églises en béton armé

Ce chapitre présente un corpus d'édifices sélectionnés pour mettre en avant les valeurs d'innovation, architecturales et sociales qui prouvent la qualité de ce patrimoine bâti. Le texte de présentation analytique de chaque église est accompagné d'illustrations représentatives de leurs principales qualités architecturales. Donner un caractère exhaustif à ce corpus présenterait le risque de la redondance. Pour cette raison, nous choisissons notamment les églises remarquées déjà à l'époque de leur achèvement, ainsi que celles ayant des caractéristiques emblématiques. Des éléments sur l'activité des architectes permettent, dans certains cas, de comprendre les voies par lesquelles le béton armé pénètre dans la construction des églises et de donner plus de relief au contexte de l'époque. Pour la logique et la fluidité de la présentation, les exemples sont regroupés en familles, selon leur type de plan et selon l'année de début de leur construction. L'idée d'une présentation typologique s'inspire du cours de théorie de l'architecture de Julien Guadet, qui classe les églises selon la relation entre la couverture de l'espace et le plan, avec un regard attentif aux phénomènes structurels.

4.1 Églises à plan allongé et coupe basilicale

La famille des églises de type basilical en béton armé comporte une diversité de solutions architecturales, entre l'emploi de formes traditionnelles et l'expérimentation de volumes cubiques sous l'influence des mouvements d'avant-garde.

4.1.1 Saint-Jean-Baptiste-de-La-Salle, Paris, 1908-1910

Né en 1873 à Metz dans une famille d'architectes, Édouard Jacquemin fréquente l'atelier de Victor Laloux à l'école des Beaux-Arts⁷⁴². Il est probable qu'il ait rencontré Hennebique lors d'une intervention ponctuelle sur un portail à l'école de filles rue Étienne Dolet, en 1907⁷⁴³. Ils réalisent ensemble en 1909 un immeuble d'habitation au 84 rue du Faubourg Saint-Antoine⁷⁴⁴, avec l'entreprise Ferrand et Pradeau, qui réalise à la même époque les travaux de béton armé pour Saint-Jean-Baptiste-de-la-Salle. La même année, les trois collaborent pour une autre commande de pont roulant au 60-62 avenue Daumesnil⁷⁴⁵.

Construite sur le site de l'ancienne biscuiterie Guillot dans le XV^e arrondissement, cette église illustre certaines hésitations de l'architecture religieuse qui persistent après la Séparation des Églises et de l'État. L'architecte dessine un plan basilical traditionnel, défini par un vaisseau central et deux bas-côtés symétriques. Pour la détacher des immeubles voisins sur ce terrain ouvert sur un seul côté, l'église est placée en retrait par rapport à l'alignement et aux limites latérales. Ces dernières sont occupées par deux immeubles-presbytère dissymétriques.



127 Saint-Jean-Baptiste-de-La-Salle, Paris. Vue intérieure.
Photo : Patrimoine-Histoire.

La façade de l'église est en dissonance avec ce choix stylistique. En brique apparente et pierre, avec très peu d'ornementation au niveau des baies, elle signale une vague inspiration médiévale. C'est aussi le cas du clocher en pierre de taille, couronné d'une flèche. L'ensemble du traitement extérieur se révèle donc équivoque d'un point de vue stylistique.

À l'intérieur, l'espace est dominé par la simplicité. La sveltesse des divers éléments indique l'usage du béton armé dans la structure. Le vaisseau central est couvert par une voûte en berceau à pénétrations

⁷⁴² CROSNIER LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique d'Édouard Jacquemin. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00278317> (Consulté le 10 août 2023).

⁷⁴³ Travaux du mois de mars, N° d'affaire 33764. In : *Le Béton armé*, N° 107, avril 1907, p. 62.

⁷⁴⁴ Travaux du mois de décembre 1908, N° d'affaire 37030. In : *Le Béton armé*, N° 129, mars 1909, p. 31.

⁷⁴⁵ Travaux du mois de juillet 1909, N° d'affaire 42581. In : *Le Béton armé*, N° 136, mars 1909, p. 141.

et arcs doubleaux. Ces derniers trouvent leur appui sur des consoles à trois degrés incurvés, soutenues par des pilastres descendant au long des piles rectangulaires. Des voûtes d'arêtes surbaissées couvrent les bas-côtés. Le collatéral supplémentaire sur la gauche est délimité de son voisin par des poutres sur poteaux carrés. Au bout de la nef, le chœur est aménagé dans une niche arrondie, terminée à la partie supérieure par un arc en anse de panier, forme présente aussi sur les travées de la nef.

L'éclairage naturel de l'espace peint en blanc est assuré par des fenêtres doubles en plein cintre dans un des bas-côtés et triples au niveau supérieur du vaisseau central. Des vitraux réalisés par Charles Champigneulle remplissent ces baies, racontant la vie du saint patron. Marcel Imbs réalise en 1935 une grande mosaïque qui marque le chœur, sur un fond de jaune orangé mettant en valeur les personnages de facture art-déco habillés en tons de bleu.

L'étude de la structure en béton armé est assurée par le bureau Hennebique, pour les fondations et ossature de la nef⁷⁴⁶, mais aussi pour le plancher de la tribune⁷⁴⁷. Ferrand et Pradeau sont les concessionnaires parisiens qui assurent la mise en œuvre du projet conservé aujourd'hui dans les archives Hennebique⁷⁴⁸.

En parallèle avec la construction de cet édifice, Jacquemin construit l'église Notre-Dame-du-Sacré-Cœur-de-Charentonneau à Maisons-Alfort. Dans ce cas, le béton armé rend possible une structure fine de poteaux, poutres, arcs et planchers, qui reste pourtant cachée derrière un vocabulaire de formes traditionnel. Ainsi, la tribune de l'orgue est une dalle plate, à son tour supportée par des poutres. Ces dernières reposent sur les colonnes de faible section carrée, auxquelles elles sont reliées par des quarts de cercle suggérant un arc. L'épaisseur des arcs délimitant la nef et les collatéraux est aussi faible et dénote l'utilisation du béton armé, mais l'architecte choisit de peindre des faux-joints qui laissent croire à une maçonnerie en pierre de taille.

4.1.2 Saint-Médard, Aizy-Jouy (Aisne), 1920-1933

Jean Lapeyre dessine en 1920 les plans pour la nouvelle église Saint-Médard d'Aizy Jouy, à l'emplacement d'un lieu de culte médiéval classé mais détruit lors de la guerre⁷⁴⁹. Suivant la mort de l'architecte au début des travaux, la commande du chantier est prise par l'ACMH Jean Trouvelot⁷⁵⁰, qui achève les travaux en 1933. De l'église ancienne, seul le portail est conservé et intégré dans le projet sur la façade latérale sud.

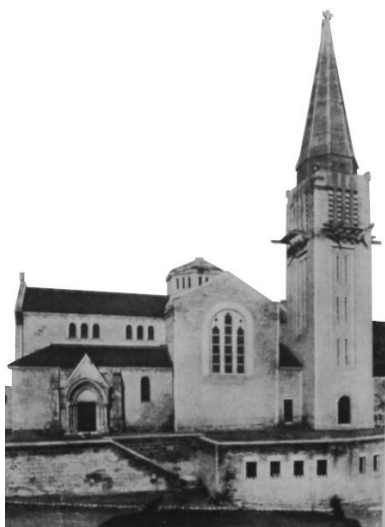
⁷⁴⁶ Travaux du mois de février 1909, N° d'affaire 38679. In : *Le Béton armé*, N° 131, avril 1909, p. 62.

⁷⁴⁷ Travaux du mois de juin 1909, N° d'affaire 38679. In : *Le Béton armé*, N° 135, août 1909, p. 125.

⁷⁴⁸ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-12-1908-56260. 76 IFA 1310/16. Église Saint-Jean-Baptiste-de-la-Salle, Paris.

⁷⁴⁹ INVENTAIRE Hauts-de-France. Église Paroissiale Saint-Médard d'Aizy-Jouy. URL : <https://inventaire.hautsdefrance.fr/dossier/eglise-paroissiale-saint-medard-d-aizy-jouy/763a25dc-1867-453f-8bb6-8e8117984d3e> (Consulté le 10 août 2023).

⁷⁵⁰ COMPAGNIE des ACMH. Fiche biographique Jean Trouvelot. URL : <http://www.compagnie-acmh.fr/trouvelot/> (Consulté le 10 août 2023).



128 Saint-Médard, Aizy-Jouy.
Photo : Vergnol, années 1930.

En croix latine et de type basilical, le plan comporte une nef sur deux travées, flanquée de collatéraux bas, et un chœur terminé en abside. Des arcs diaphragmes en plein cintre délimitent les travées et soutiennent les pannes apparentes de la charpente en béton armé. À la croisée, quatre arcs supportent par des pendentifs une lanterne octogonale couverte d'une coupole plate. Ce dispositif spatial issu de la tradition byzantine et le plan centré s'accompagnent des colonnes néo-romanes en pierre de la nef, dans une ambiance hétérogène. Au sol, des dalles en béton couvrent toute la surface, mais ce matériau est à peine perceptible sur les murs recouverts de pierre ou d'enduit. En effet, l'ossature en béton armé est remplie et habillée en pierre de taille, à l'intérieur comme à l'extérieur.

Situé près du chœur, le clocher hors d'œuvre sur plan carré dispose de modénatures verticales qui soulignent son élancement. Il dispose d'un escalier hélicoïdal intérieur en béton armé, ainsi que d'une flèche dans le même matériau laissé apparent. De la même manière, les couvertures de la lanterne centrale et de l'abside du chœur sont réalisées en béton brut. Un détail se remarque au niveau du chœur, où la couverture intègre des pastilles de verre apportant la lumière à l'intérieur. Ce béton translucide est aujourd'hui fortement soumis aux pathologies engendrées par les infiltrations d'eau. Pour le reste, les couvertures de la nef et du transept sont en tuiles rouges traditionnelles.

4.1.3 Sainte-Thérèse, Montmagny (Val d'Oise), 1926-1927

L'église Sainte-Thérèse de Montmagny est construite par Auguste Perret entre 1926 et 1927, après l'expérience de l'église du Raincy et de la tour d'orientation de Grenoble. Le commanditaire, l'abbé Garnier, dispose d'un budget presque deux fois moins élevé que celui pour Notre-Dame du Raincy⁷⁵¹. Un plan basilical simple est retenu, avec une nef centrale couverte d'une voûte surbaissée et deux petits bas-côtés de seulement 1,65 m de largeur. Les dimensions générales du bâtiment sont de 35 m en longueur et 12 m en largeur. Comme le terrain est mitoyen et ne dispose que d'une seule ouverture sur la voie publique, la réponse architecturale vise à éloigner au maximum la nef des limites séparatives latérales afin de lui assurer un éclairage satisfaisant en cas de constructions voisines, tout en acceptant que les bas-côtés restent aveugles⁷⁵².

Dans la composition architecturale de type pyramidal, Perret utilise trois volumes principaux. Les bas-côtés, la sacristie et le baptistère sont abrités dans un volume inférieur, de faible hauteur, mais d'emprise plus importante que les autres. De cette base émerge le volume de la nef, d'aspect

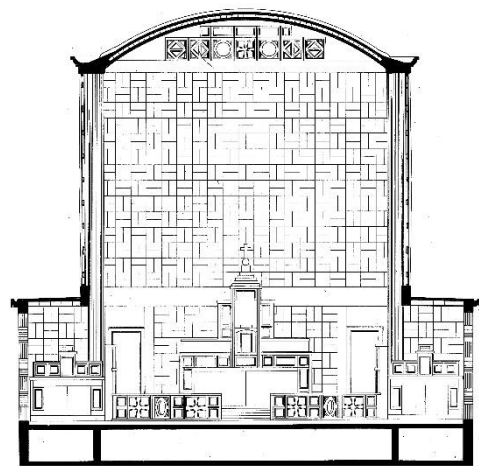
⁷⁵¹ CHAMPIGNEULLE Bernard. *Perret*. Paris : Arts et métiers graphique, 1959, p. 144.

⁷⁵² Église Sainte-Thérèse à Montmagny (Seine-et-Oise). Planches 13-16. In : *L'Architecte*, N° 3, 1927, p. 23.

parallélépipédique et percé de claustras qui l'allègent. Enfin, le clocher de 32 m de haut sur plan carré domine l'ensemble au niveau de la façade sur rue. Pour Peter Collins, ce clocher est plus abouti que celui du Raincy en raison de l'usage de seulement deux ressauts qui affirment mieux la rigidité et la continuité de l'ossature en béton armé⁷⁵³.

L'entrée est mise en valeur avec des moyens purement compositionnels, mais brillamment utilisés. Par son emplacement sous la grande ligne de force verticale des claustras du clocher qui la signale, par l'usage de deux colonnes, de toute façon inévitables pour l'encadrer, par les murs en biais du volume bas qui orientent sans équivoque le visiteur et par la dalle-auvent qui réunit ces murs et protège tout le dispositif, cette solution se situe parmi les réponses les plus qualitatives pour ce thème dans l'architecture religieuse de l'époque.

En raison des contraintes économiques, l'ensemble est réalisé sur une ossature en béton armé, remplie de blocs creux ou de claustras vitrés en cinq modèles⁷⁵⁴. Les blocs de maçonnerie fermant le chœur sont posés soit verticalement soit horizontalement afin de créer un motif décoratif. Aucun autre matériau n'est utilisé, à part une quantité limitée de briques pour les sols. Le terrain argileux et humide est mauvais pour la construction, ce qui mène Perret à imaginer des fondations en voûtes inversées en béton armé reliées par des poutres. À la différence de l'église du Raincy, le sol est ici horizontal. Dans la nef, huit colonnes de 45 cm de diamètre supportent un réseau de poutres longitudinales doublées de poutres transversales cintrées et percées de claustras. Sur cette structure repose la voûte en berceau surbaissé formant également couverture, qui fonctionne du point de vue statique comme une dalle. Elle est constituée d'un intrados en béton armé coffré sur planches de bois posées dans la direction longitudinale, sur lequel une deuxième couche en briques creuses est posée afin d'assurer une isolation thermique. Cette dernière est habillée par une troisième épaisseur réalisée en mortier de ciment à joints de dilatation protégés contre les infiltrations d'eau.



129 Sainte-Thérèse, Montmagny. Coupe transversale. *L'Architecte*, N° 3, 1927.

Les claustras de la nef prennent place dans une paroi soutenue en partie basse par une poutre inversée, incluse dans la dalle couvrant chacun des deux bas-côtés et jouxtant les colonnes du côté extérieur. Cette solution classique de colonne adossée permet de cacher les appuis intermédiaires de la poutre, qui donne ainsi l'impression de filer sur toute la longueur de la nef. En partie haute, les claustras sont encadrés et suspendus par un prolongement de la voûte formant chéneau et corniche. Pour Collins, il s'agit d'une suspension pure de la façade à la poutre supérieure de la nef⁷⁵⁵. Toutefois,

⁷⁵³ COLLINS Peter. Op. Cit., p. 442.

⁷⁵⁴ GOISSAUD Antony. Une église à Montmagny (Seine-et-Oise). In : *La Construction moderne*, 17 avril 1927, p. 337.

⁷⁵⁵ COLLINS Peter. Op. Cit., p. 444.

les charges des poutres basses sont reprises par les colonnes. L'édifice est inscrit en 1993, puis classé en 1997 au titre des monuments historiques⁷⁵⁶.

4.1.4 Notre-Dame-de-l'Assomption, Wintzenheim (Haut-Rhin), 1926-1927

Cette église est la première réalisée exclusivement en béton armé en Alsace⁷⁵⁷ et compte parmi les plus épurées de la période, au niveau national. Située dans la banlieue de Colmar, elle est construite par l'architecte-entrepreneur Camille Rudloff sur les plans des architectes Ulysse Bertsch et Joseph Muller, après l'abandon d'un projet initial d'Auguste Perret.



130 Notre-Dame-de-l'Assomption, Wintzenheim-Logelbach.
Photo : l'auteur, 2023.

Conçu selon une disposition basilicale à nef centrale flanquée de deux collatéraux et chevet plat (mais avec des pans coupés à l'intérieur), le plan se traduit par une volumétrie très simple⁷⁵⁸. La tour-porche sur plan carré est surmontée d'une pyramide à degrés qui assure l'articulation avec le tambour octogonal des cloches. Ce dernier est couronné de deux niveaux de colonnes en « tempietto » en retraits successifs, afin de créer l'effet d'une flèche. De part et d'autre de la tour, la façade principale se termine par des acrotères.

Fondée sur une logique orthogonale, la structure de la nef est constituée de colonnes cannelées à section carrée, de dalles et de poutres droites, alors que les baies s'inscrivent dans des rectangles. Quelques frises forment le seul décor intérieur. L'enduit général qui habille et protège le béton armé, à l'intérieur comme à l'extérieur, rappelle par sa peinture blanche la création de l'avant-garde architecturale contemporaine.

L'édifice est situé à quelques mètres de la chapelle néo-gothique protégée, bâtie par la famille Herzog⁷⁵⁹, « manifeste néo-gothique de l'âge d'or industriel alsacien »⁷⁶⁰, réalisé en grès rose des Vosges. Dans son avis sur la demande de protection de l'église en béton armé, l'ABF remarque la qualité de son insertion urbaine, ainsi que

⁷⁵⁶ Inscrite en 1993, classée en 1997. Référence Mérimée PA00125477

⁷⁵⁷ SÉARA Frédéric. Avis du conservateur régional de l'archéologie sur la demande de protection de l'église Notre-Dame de l'Assomption. SRA. 7 juin 2021. Archives DRAC Grand Est.

⁷⁵⁸ Dans la famille d'églises « blanches », on peut comparer Notre-Dame de l'Assomption de Wintzenheim avec Saint-Jean-Bosco de Paris et Saint-Joseph de Seattle (États-Unis), ce dernier étant un exemple plus grandiose mais imprégné du même esprit art-déco.

⁷⁵⁹ Inscription par arrêté du 6 décembre 1984. Placée en instance de classement le 22 octobre 2009 en raison de travaux non autorisés. Référence Mérimée PA00085737. La chapelle est construite dans les années 1860 pour la filature Herzog par Johann van Soolen. Charles Winkler dessine ultérieurement un projet jamais réalisé de transformation en église, mais qui anticipe la construction de l'église en béton armé.

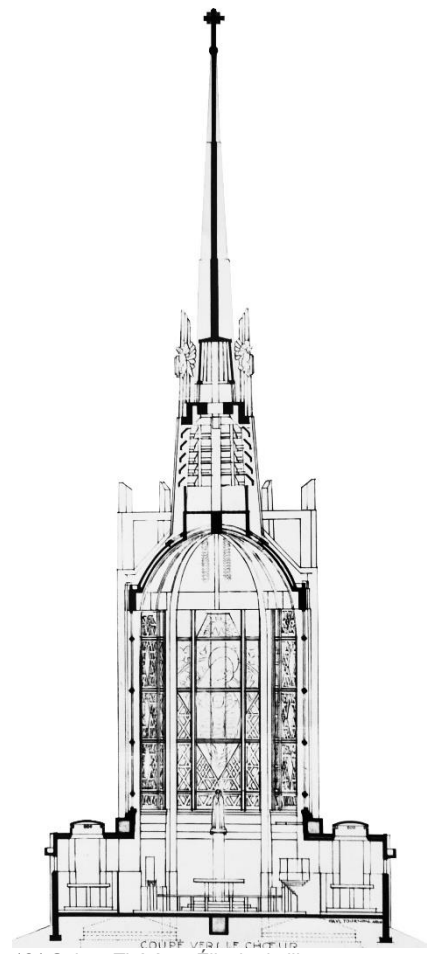
⁷⁶⁰ PANEL Louis-Napoléon. Avis du conservateur des monuments historiques sur la demande de protection de l'église Notre-Dame de l'Assomption. CRMH. 10 juin 2021. Archives DRAC Grand Est.

son expression épurée qui « présente une forme de révérence »⁷⁶¹ au monument voisin. À la même occasion, le service de l'inventaire considère que cette église exprime l'influence du projet initial de Perret, mais que l'emploi du béton armé relève plutôt « du manque de moyens que du manifeste architectural »⁷⁶². Au printemps 2022, « l'église blanche » et sa parcelle sont inscrites en totalité au titre des monuments historiques⁷⁶³.

4.1.5 Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus, Élisabethville (Yvelines), 1927-1928

Paul Tournon dessine l'église d'Élisabethville (au début, une chapelle votive) dans le cadre des travaux de la nouvelle cité de villégiature au bord de la Seine. La construction a lieu entre 1927-1928. Elle est financée par des contributions franco-belges, en signe de l'amitié entre les deux nations. De taille réduite, cet édifice est conçu en totalité en béton armé sur un plan basilical disposant d'une nef centrale très éclairée et de deux bas-côtés sombres⁷⁶⁴, comme dans la chapelle de Montmagny réalisée par Perret. À son tour, l'édifice de Tournon inspire René Vasselon⁷⁶⁵ pour la volumétrie de l'église commémorative de Sidi-Ferruch (Sidi-Fredj) en Algérie, exécutée également en béton armé⁷⁶⁶.

En plan, le portail central est aussi large que la nef qui se développe sur trois travées délimitées de piles de section rectangulaire. Le chœur est placé dans une abside trapézoïdale se terminant par un chevet plat. Autour de l'autel sont installées les annexes, dans un volume bas qui continue celui des collatéraux. L'ensemble des murs de la nef est constitué de claustras en béton armé portant les vitraux de Marguerite Huré, d'après les cartons de Marcel Imbs. Une voûte en berceau couvre le vaisseau, interrompue par des arcs doubleaux continuant les piles porteuses et des nervures transversales à demi-travée. Des percements apportant la lumière naturelle flanquent les arcs et longent la voûte, un détail assez rare dans la construction



131 Sainte-Thérèse, Élisabethville.
Coupe transversale.
CAAC. TOURN-D-28-2. 351 AA 6/3.

⁷⁶¹ SCHOTT Grégory. Wintzenheim-Logelbach. Église Notre-Dame de l'Assomption. Avis de l'architecte des Bâtiments de France pour une protection au titre des monuments historiques. UDAP du Haut-Rhin, 4 juin 2021. Archives DRAC Grand Est.

⁷⁶² BOUVET Mireille-Bénédictine. Avis du service régional de l'inventaire du Grand Est sur la demande de protection au titre des monuments historiques de l'église Église Notre-Dame de l'Assomption. 13 décembre 2021. Archives DRAC Grand Est.

⁷⁶³ Inscription par arrêté du 4 mai 2022. Référence Mérimée PA68000071.

⁷⁶⁴ CAAC. Fonds Tournon. 351 AA. TOURN-D-28-2. Église Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus, lieu-dit d'Élisabethville, Aubergenville (Yvelines). 1928-1930.

⁷⁶⁵ René Vasselon (1902 - ?) est actif en Algérie entre 1926-1962. CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de René Vasselon. URL : <https://agorha.inha.fr/ark:/54721/9b7fac64-9050-443b-9e1a-2776f36f3c2b> (Consulté le 10 août 2023).

⁷⁶⁶ *Encyclopédie de l'architecture. Constructions modernes*. Tome 10. Op. Cit., planches 69-71.

religieuse de cette époque. Il s'agit certainement d'un acte démonstratif afin de mettre en avant les avantages du béton armé.

Dans la volumétrie, la nef et le chœur surgissent du socle modeste formé par les bas-côtés et les annexes couvertes de toitures plates⁷⁶⁷. Des références gothiques sont présentes, comme les piles-contreforts couronnées de pinacles et les faux-arcs-boutants sous forme de poutres, placés de manière originale au niveau de la clé de voûte et non près de sa naissance. Elles créent des triangulations avec les sur-poutres inclinées prévues sur l'extrados en béton apparent de la voûte. Un clocher sur plan carré tourné à 45° couronne le centre de l'édifice, avec une flèche très élancée encadrée de quatre anges monumentaux. La façade principale est un monumental relief sculpté en béton par Sarrabezolles, représentant des anges sur des piles verticales, Saint Michel et Sainte Jeanne d'Arc encadrant les blasons français et belges, Sainte Thérèse et Jésus sur la croix au sommet. Inscrite depuis 1977 au titre des monuments historiques⁷⁶⁸, l'église est dans un état sanitaire inquiétant. La commune en devient propriétaire en 1983 et un chantier de restauration de 4.200.000 de francs est lancé trois ans plus tard afin de reprendre les vitraux et de réparer les bétons⁷⁶⁹. En 1997 l'église est désacralisée.

4.1.6 Saint-Géry, Brie (Somme), 1929-1930

Jacques Debat-Ponsan (1882-1942) est l'élève de Victor Laloux à l'école des Beaux-Arts⁷⁷⁰ et se consacre à la Reconstruction après 1920, notamment dans la Somme où il est agréé. Architecte en chef des Bâtiments civils et palais nationaux, il a en charge le Panthéon et l'Opéra de Paris, puis assure le suivi de chantier de l'hôtel de ville de Boulogne-Billancourt pour Tony Garnier. Parmi ses nombreux projets d'équipements⁷⁷¹, il reconstruit cinq églises dans la Somme.

La première dans l'ordre chronologique, Saint-Pierre d'Estrées à Mons-en-Chaussée (1923-1927) dispose d'un plan basilical en croix latine, d'un clocher-porche très robuste en pierre et de façades en brique⁷⁷². Sainte-Radegonde de Driencourt (1924-1933) représente une approche plus personnelle du même type de plan, dans une composition où le triangle est omniprésent : pignons, contreforts triangulaires, détails du clocher, tympan sculpté⁷⁷³. Saint-Martin à Cléry-sur-Somme (1926-1933) reprend le type de plan, ainsi que la prédilection pour la brique et le motif du triangle, mais avec une ossature en béton armé plus conséquente et sans usage de voûtes. Ces dernières sont remplacées par

⁷⁶⁷ Un aperçu de la volumétrie dans : *Encyclopédie de l'architecture. Constructions modernes*. Tome 3. Paris : Albert Morancé, s.d. (1929-1939), planches 18-21.

⁷⁶⁸ Référence Mérimée PA00087361.

⁷⁶⁹ DELHUMEAU Gwenaël. La nouvelle jeunesse de Sainte-Thérèse d'Élisabethville. In : *La Construction moderne*, N° 49, mars 1987, pp. 9-13.

⁷⁷⁰ Notice biographique de Jacques Debat-Ponsan (1882-1942), 031 IFA. URL : https://archiwebture.citedelarchitecture.fr/fonds/FRAPN02_DEBJA (Consulté le 10 août 2023); CROSNIER LÉCONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Jacques Debat-Ponsan. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00276113> (Consulté le 10 août 2023).

⁷⁷¹ *Jacques Debat-Ponsan architecte en chef du gouvernement. Travaux d'architecture*. Strasbourg : EDARI, s.d. (années 1930), 44 p.

⁷⁷² Église de Mons-en-Chaussée. In : *La Construction moderne*, N° 19, 9 février 1930, page de couverture.

⁷⁷³ Église de Driencourt. In : *La Construction moderne*, N° 19, 9 février 1930, p. 279.

des dalles à inflexions en béton armé, inclinées en bas, où elles épousent la forme de la charpente, et horizontales en partie haute⁷⁷⁴. La tour est couronnée d'un tambour octogonal qui s'articule avec sa base carrée d'une manière originale, grâce à des triangles verticaux en retraits successifs posés aux angles. L'absence de flèche évoque la volumétrie rectangulaire de la tour de l'église ancienne détruite.

Ces trois premières églises comportent une structure mixte en maçonnerie et béton armé, mais sans mettre en valeur ce dernier. En revanche, l'architecte accorde beaucoup de soin à la composition de volumes et au traitement des parements. Le béton apparent est réservé au soubassement, gargouilles ou réseaux de baies vitrées. À Cléry-sur-Somme, le Christ au-dessus du portail est réalisé en béton moulé. Selon les plans des deux premiers édifices, les voûtes sont en béton armé, en raison de la faible épaisseur prévue⁷⁷⁵. Pourtant, leur type traditionnel - en berceau ou d'arêtes - ne trahit pas le matériau. C'est dans deux réalisations plus tardives que Debat-Ponsan est plus à l'aise avec le béton armé : Saint-Géry de Brie et Saint-Martin de Roisel.

L'architecte prévoit de reconstruire l'église de Brie selon un projet d'avant-garde modérée⁷⁷⁶. L'étude de structure en béton armé est réalisée par le représentant de Hennebique dans la région, l'ingénieur L. Monchau de Compiègne. L'entreprise Carpentier-Nazin de Nesle exécute l'ossature porteuse. Pour la remplir, une double paroi est prévue, en plaques de comblanchien de 3 cm, agrafées par des crochets en cuivre à l'extérieur⁷⁷⁷, un vide intermédiaire et des briques creuses à l'intérieur⁷⁷⁸.

Le plan de type basilical⁷⁷⁹ comporte une nef sur trois travées flanquée de deux collatéraux. Un faux-transept développé sur un seul niveau fait la transition vers le chœur en abside polygonale, alors qu'à l'opposé, le clocher-porche chevauche le plan sur une travée supplémentaire créant un narthex. En volumétrie, une



132 Saint-Géry, Brie. Vue générale (nord-est).
Photo : l'auteur, 2023.

⁷⁷⁴ AD Somme. 99 O 1182. Église paroissiale Saint-Martin de Cléry-sur-Somme - Coupe transversale, Jacques Debat-Ponsan (architecte), 10 décembre 1926.

⁷⁷⁵ AD Somme. 10 R 896. Église paroissiale et ancien cimetière Saint-Pierre de Mons-en-Chaussée (Estrées-Mons) - Coupe transversale, projet de reconstruction de l'église, Jacques Debat-Ponsan (architecte), 12 juillet 1923 ; AD Somme. 99 O 1468. Église paroissiale Sainte-Radegonde de Driencourt - Projet de reconstruction de l'église : coupe longitudinale, Jacques Debat-Ponsan (architecte), 16 février 1924.

⁷⁷⁶ FRÉMAUX Céline. *La Reconstruction dans l'est de la Somme. L'architecture religieuse et son décor*, Région Picardie-Inventaire général, p. 24.

⁷⁷⁷ CAPPRONNIER, Jean-Charles, FOURNIS, Frédéric, GÉRARD, Alexandra, TOUZET, Pascale. Art. Cit.

⁷⁷⁸ INVENTAIRE Hauts-de-France. Église Paroissiale Saint-Géry de Brie. URL : <https://inventaire.hautsdefrance.fr/dossier/eglise-paroissiale-saint-gery-de-brie/117e7767-c087-4299-8f88-932d5381e96b> (Consulté le 10 août 2023).

⁷⁷⁹ AD Somme. 10 R 243. Plan après 1919, Jacques Debat-Ponsan (architecte).

composition de parallélépipèdes définit cette église qui ne dispose que de toits plats traduits par des plafonds à l'intérieur. La coupe transversale révèle trois niveaux de plafonds en retraits successifs symétriques, un pour les bas-côtés et deux pour la nef, de manière à créer l'illusion d'une voûte. Dans cette disposition, l'éclairage naturel se fait de la même manière qu'à Saint-Jean Bosco de Paris, avec des baies à chaque niveau créé. Il est clair que l'architecte recherche des volumes purs⁷⁸⁰, car pour obtenir des plafonds lisses à l'intérieur, il prévoit des sur-poutres qui rajoutent en complexité pour l'exécution et l'entretien de l'étanchéité⁷⁸¹. Comme à l'église parisienne de Rotter, l'intérieur de Saint-Géry est pourvu d'un placage en marbre des colonnes de section circulaire, mais sans la même richesse sur les murs, où de simples bandeaux et pilastres, de la même matière, sont réalisés sur un fond enduit.

L'extérieur est caractérisé par la pureté des volumes cubiques, par la lisibilité de l'ossature en béton apparent encadrant les plaques de remplissage en pierre, ainsi que par les baies à remplages géométriques en béton armé supportant de simples vitrages⁷⁸².

Sur un plan carré, la tour-clocher est originale par le traitement du niveau intermédiaire et du niveau supérieur. Si le premier reçoit une baie en forme de croix traversée de lamelles, le dernier dispose de quatre abat-sons, sous forme de grandes lames horizontales saillantes. Elles encadrent l'espace des cloches, surmonté d'un volume en retrait pour l'horloge et d'un édicule creux qui couronne l'ensemble. L'influence de Perret est certaine. Pourtant, l'architecte mise sur l'horizontalité et réussit à créer un signal par ce traitement du sommet donnant l'impression de légèreté. En mauvais état de conservation, ce témoin de l'avant-garde dans l'architecture religieuse mériterait une protection au titre des monuments historiques⁷⁸³.

4.1.7 Sainte-Agnès, Maisons-Alfort (Val-de-Marne), 1932-1933

L'église Sainte Agnès est construite à Maisons-Alfort par les architectes Marc Brillaud de Lajaurdière et Raymond Puthomme⁷⁸⁴ grâce à une souscription des paroissiens et aux dons des industriels voisins, notamment la société Suze. La première pierre est posée en présence du cardinal Verdier qui scelle le procès-verbal de la cérémonie à l'aide d'une truelle d'argent massif offerte par l'entrepreneur⁷⁸⁵.

⁷⁸⁰ Il convient de comparer cette église aux autres réalisations plus traditionnelles de Debat-Ponsan : Saint-Pierre de Mons-en-Chaussée (achevée en 1927) et Saint-Martin de Roisel (achevée en 1930).

⁷⁸¹ AD Somme. 10 R 243. Projet de reconstruction de l'église : coupe longitudinale, Jacques Debat-Ponsan (architecte). 15 octobre 1924.

⁷⁸² Pour l'église de Roisel (Somme), Debat-Ponsan utilise la brique comme parement extérieur. INVENTAIRE Hauts-de-France. Église paroissiale Saint-Martin de Roisel. URL : <https://inventaire.hautsdefrance.fr/dossier/eglise-paroissiale-saint-martin-de-roisel/18e8a524-cdd6-4d6c-b703-5dd30d52f066> (Consulté le 10 août 2023).

⁷⁸³ Dans la notice référence Mérimée IA80000819 les auteurs BAILLY Gilles-Henri, CAULLIEZ Stéphanie, LAURENT Philippe avancent cette proposition.

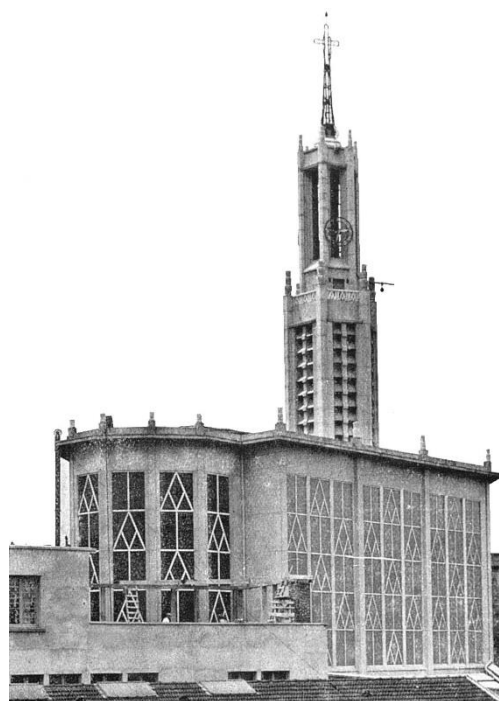
⁷⁸⁴ Bénédiction le 11 juin 1933 : *Le Christ dans la banlieue*. N° 7, 1933, p. 14.

⁷⁸⁵ Nos chantiers d'églises et autres - en banlieue. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 3, 1932, p. 11.

Un curé sensible à l'architecture moderne, l'abbé David, est responsable du choix des deux architectes⁷⁸⁶. Grand prix de Rome en 1920, Brillaud de Lajaurdière (1889-1973) mène une activité de maîtrise d'œuvre sur des projets d'immeubles d'habitation à Paris avant de dessiner Sainte-Agnès⁷⁸⁷. Quant à Puthomme (1892-1976)⁷⁸⁸, il est plutôt connu pour être l'associé de Brillaud de Lajaurdière de 1930 à 1967, ainsi que pour son titre d'architecte en chef des Bâtiments civils et palais nationaux⁷⁸⁹.

L'implantation de la construction doit se réaliser sur un terrain résiduel en forme de losange, vendu par le patron de Suze, Fernand Moureaux. Il est situé près de la Marne, entre deux immeubles⁷⁹⁰. Au sud, un appendice bas d'un bâtiment existant obstrue en partie l'ouverture sur la voie publique. En raison de la faible profondeur du terrain sur la direction perpendiculaire à la rue, d'environ 25 m, les architectes exploitent la diagonale qui permet de gagner au moins 5 m supplémentaires. Par conséquent, l'orientation nord-ouest - sud-est de l'église engendre une difficulté d'intégrer la façade oblique sur la rue qui, elle, est orientée nord-sud.

Un premier projet de façade sans accent vertical et de composition traditionnelle est établi en 1929. Il est abandonné, car les architectes lui trouvent deux défauts majeurs : son absence dans le paysage de la ville et sa banalité. Pour résoudre la complexité de l'implantation et signaler le statut urbain de l'église, le choix est fait d'utiliser une articulation entre le volume du vaisseau central et le clocher. L'élévation principale est dominée par cet élément vertical sur plan hexagonal, inspiré de Perret. Placé dans l'axe de la façade, il est soutenu à la base par quatre colonnes, dont deux engagées, définissant un porche. À gauche et à droite, les murs aveugles de la façade sont en retrait pour créer un léger dégagement. Pour créer une symétrie par rapport au pignon de l'appendice existant évoqué ci-dessus, la façade se plie sur le côté gauche et ferme le front bâti. Des plaques de comblanchien sont agrafées et collées sur les façades qui, pour le reste, sont enduites en poudre de pierre⁷⁹¹.



133 Sainte-Agnès, Maisons-Alfort. Vue depuis l'est.
La Construction moderne, N° 48, 1933.

Le clocher comporte une structure en ossature béton armé remplie de briques, tandis que le reste de l'église bénéficie d'un remplissage en moellons⁷⁹². L'accès au clocher est difficile et s'effectue par une

⁷⁸⁶ GOISSAUD Antony. Église Sainte-Agnès d'Alfort (Seine). In : *La Construction moderne*, N° 38, 1933, pp. 721-728.

⁷⁸⁷ Il se remarquera plus tard dans la reconstruction de Saint-Malo et couronnera sa carrière avec la nomination en tant qu'architecte en chef de la reconstruction de Caen.

⁷⁸⁸ COLL. *Le patrimoine des communes du Val de Marne*. Paris : Flohic, 1993, 444 p.

⁷⁸⁹ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Raymond Puthomme. URL : <https://agorha.inha.fr/ark:/54721/ec9b1979-8a69-40a7-b084-ee49465b1bae> (Consulté le 10 août 2023).

⁷⁹⁰ L'annonce que le terrain a été acheté est faite dans *Le Christ dans la banlieue*, N° 2, 1932, p. 25.

⁷⁹¹ Enduit appelé aussi « steinputz » en allemand.

série d'échelles métalliques jusqu'à environ 33 m. À partir de cette terrasse et jusqu'à la pointe de la flèche à 53 m, l'accès est extérieur. Les colonnes présentes à l'extérieur et à l'intérieur sont identiques dans leur conception. De section hexagonale dans une version de plan⁷⁹³ publiée en 1933, elles s'approchent plus du cercle dans la variante finale grâce à une multiplication des facettes. Les chapiteaux palmiformes s'inspirent de l'architecture égyptienne interprétée dans les années art-déco.

Si le plan est en principe de type basilical, la forme irrégulière du terrain oblige à une adaptation. L'entrée est placée de façon oblique sur la nef, tandis que les bas-côtés ont une forme qui suit celle des limites de propriété. À droite de la nef sont prévus deux espaces triangulaires, dont un destiné aux fonts baptismaux près de l'entrée. À gauche de la nef, un bas-côté plus spacieux prend aussi une forme triangulaire en plan. Le sol de l'église est traité en Comblanchien et en dalles de caoutchouc, une innovation du point de vue acoustique qui amortit le bruit du passage et des chaises⁷⁹⁴.

Le vaisseau central se développe sur trois travées, avec deux colonnes de chaque partie du niveau inférieur, surmontées d'une ossature verticale formant le cadre des grandes baies pourvues de vitraux sur toute la surface des murs gouttereaux. Des planchers droits couvrent la nef et les bas-côtés, solution retenue aussi pour le chœur sur plan heptagonal. Derrière l'autel, dans l'espace resté disponible sur le terrain, des annexes sont aménagées dans un volume bâti bas (sacristie, bureau, WC).

La statue de Sainte Agnès, haute de 4 m et posée au-dessus du porche, est réalisée par Gabriel Rispal⁷⁹⁵. Les panneaux en cuivre rouge et jaune décorant le portail en chêne teinté sont l'œuvre du ferronnier Richard Desvallières et représentent les quatre saisons et des vertus théologiques. L'orgue fabriqué par Isambart, rare exemple de cette époque, est dissimulé derrière trois grillages décoratifs réalisés par Desvallières en bronze encadré de marbre. Les deux parties de la table de communion portent aussi sa signature, ainsi que la croix en fer forgé qui couronne le clocher. Les vitraux sont réalisés par Max Ingrand, élève du verrier Jacques Gruber et membre des Ateliers d'Art Sacré fondés par Maurice Denis. Depuis 1984, l'édifice est classé en totalité au titre des monuments historiques⁷⁹⁶.

4.1.8 Saint-Jean Bosco, Paris, 1933-1937

Située à l'emplacement d'une ancienne chapelle, cette église doit constituer le cœur d'un centre spirituel Salésien, mais ne bénéficie pas du financement initial des Chantiers du Cardinal⁷⁹⁷. Son architecte, Dumitru Rotter, est né à Bucarest en 1878 et suit l'enseignement d'Henri Deglane et

⁷⁹² HÉRAUT Henri. L'église Sainte-Agnès d'Alfort. In : *L'Art Sacré*, N° 6, décembre 1935, pp. 18-21.

⁷⁹³ GOISSAUD Antony. Église Sainte-Agnès d'Alfort (Seine). Art. Cit., p. 727.

⁷⁹⁴ *Le Christ dans la banlieue*, N° 9, 1934, p. 16.

⁷⁹⁵ *Le Christ dans la banlieue*, N° 6, 1933, pp. 21-21.

⁷⁹⁶ Référence Mérimée PA00079888.

⁷⁹⁷ Toutefois, à partir des années 1980, les Chantiers du Cardinal passent des marchés de maîtrise d'oeuvre pour des travaux d'entretien lourd. ACC, fond Saint-Jean Bosco. Devis, correspondance, marchés.

Gustave Umbdenstock à l'école des Beaux-Arts⁷⁹⁸. Il associe son fils René sur ce chantier réalisé en ossature de béton armé remplie de briques, dont la première pierre est posée le 10 décembre 1933 par le cardinal Verdier⁷⁹⁹. Début 1938, ce dernier crée une nouvelle paroisse autour de l'église achevée⁸⁰⁰.

En raison de la mauvaise qualité du sol, les cinquante-et-un puits de fondation en béton doivent descendre à 10 m de profondeur⁸⁰¹. L'église est ensuite construite sur deux niveaux pour répondre au programme conçu pour inclure, dans un deuxième temps, une école primaire. Au niveau inférieur qui donne accès à la cour se trouve la chapelle des élèves. Son espace est seulement animé par les piles et poutres en béton armé qui forment l'ossature porteuse. L'église haute est accessible au public par un double escalier, comme à Saint-Jean-Baptiste-de-la-Salle.

Le plan général est en croix latine, mais le transept est deux fois moins large que la nef et dispose d'une faible saillie par rapport aux deux collatéraux, ce qui donne peu de lisibilité à cette disposition, à la fois à l'intérieur et en volumétrie. La nef a une profondeur de six travées dont la première est occupée par le porche d'entrée, surmonté de la tour-clocher et encadré de deux escaliers à vis. À l'opposé, le chœur à pans coupés présente de proportions carrées. Il est flanqué d'une salle de mariages, d'une sacristie et d'annexes.



134 Saint-Jean Bosco, Paris. Vue depuis la rue Alexandre Dumas (nord-est). Photo : l'auteur, 2015.

En coupe transversale, l'église présente un caractère basilical interprété, inspiré du modèle de la première église salésienne, Notre-Dame-Auxiliatrice de Nice. Des tribunes sont prévues au-dessus des collatéraux et la hauteur de ces derniers s'approche de celle de la nef qui les dépasse avec un artifice architectural permis par l'emploi du béton armé. Ainsi, deux plans rampants peints par Mauméjean⁸⁰² sont prévus de part et d'autre de la nef pour créer l'effet d'une voûte. Les piles porteuses prennent un profil incliné à partir des tribunes, afin d'accompagner cette idée, selon le modèle dessiné par Dom Bellot à Notre-Dame-de-la-Paix de Suresnes. Au-dessus, l'espace est fermé par une dalle surélevée posée sur une ceinture périmétrale vitrée et des poutres-caissons à claustras qui lui donnent l'effet de lévitation.

⁷⁹⁸ GAUDARD Valérie. Éloge du décor : l'église Saint-Jean-Bosco à Paris, sanctuaire national du père des orphelins. In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009. URL : <http://insitu.revues.org/6849> ; DOI : 10.4000/insitu.6849 (Consulté le 10 août 2023). Rotter devient en 1920 membre de la Société centrale des architectes. Il est architecte de la Banque de France, architecte du département de l'Aisne et architecte de la ville d'Ajaccio depuis 1909. À Paris, il construit trois immeubles de logements. Il est également l'auteur d'une école primaire rue Maciet à Château-Thierry, à mi-chemin entre régionalisme et modernisme.

⁷⁹⁹ AHDP. Dossier Saint-Jean Bosco. Pose de la première pierre de l'église paroissiale du bienheureux Don Bosco (dépliant).

⁸⁰⁰ AHDP. Dossier Saint-Jean Bosco. Acte de création de la paroisse Saint-Jean Bosco. 20 février 1938.

⁸⁰¹ FAVIER Jean. Église Saint-Jean de Bosco. In : *La Construction moderne*, N° 15, 6 février 1938, pp. 255-259.

⁸⁰² Avec les autres mosaïques de l'église, c'est l'une des dernières œuvres religieuses figuratives d'avant 1940.

La volumétrie est dominée par la tour-clocher sur plan carré qui intègre les deux escaliers dans une composition pyramidale. Leur plan octogonal en saillie, de même que les claustras qui suivent le mouvement des rampes, donnent un caractère dynamique à la façade principale. Par les tambours octogonaux superposés au sommet et les piles qui les dépassent comme de faux-pinacles, le clocher est tributaire à la fois de Perret et de la tradition gothique. C'est également le cas pour le volume de la nef rythmée de piles et baies droites qui lui donnent un aspect anguleux. Pour uniformiser ses façades en béton et briques, l'église est enduite et peinte en blanc. Depuis 2001, elle est inscrite au titre des monuments historiques⁸⁰³.

4.1.9 Saint-Jacques-le-Majeur, Montrouge (Hauts-de-Seine), 1934-1940

Grâce à sa structure en béton armé à portiques articulés mise au point par Freyssinet, l'église de Montrouge est l'une des réalisations les plus novatrices des Chantiers du Cardinal. L'architecte Eric Bagge (1890-1978) rend son projet en janvier 1934, mais il faut attendre le printemps pour démarrer les travaux⁸⁰⁴. La nouvelle construction, dont la responsabilité est confiée à l'abbé de Boissieu⁸⁰⁵, remplace une ancienne église d'inspiration classique datant de 1828, dessinée par Simon Vallot, élève de Durand et polytechnicien⁸⁰⁶, par ailleurs.

En raison du porche qui empiète sur l'alignement prévu pour la future place de l'hôtel de ville, l'église doit être démolie et reconstruite sur un terrain proche. Grâce au décalage entre les deux emplacements, les travaux pour la nouvelle église peuvent se dérouler au-delà de l'abside de l'ancienne construction sans la démolir dans un premier temps. Sur les photographies qui documentent les travaux de terrassement, l'église de Vallot est visible dans l'axe longitudinal des fosses de fondation⁸⁰⁷. En même temps, le projet de Bagge prévoit un léger changement d'orientation cardinale, pour rendre la façade longitudinale parallèle à la rue.

Dans la maquette du projet⁸⁰⁸ se distingue une conception de type basilical avec des collatéraux sous-dimensionnés par rapport au vaisseau central, comme ceux dessinés à Montmagny par Perret. L'édifice se caractérise par des volumes rectangulaires rythmés de fins et denses pilastres en béton armé qui soulignent la verticalité des façades. Un clocher central flanqué de deux volumes bas est accolé à la façade principale et sa flèche à retraits successifs rappelle celle de l'église du Raincy.

Sur cette maquette, le vaisseau central en béton apparent est couvert d'une toiture à deux pans et à faibles pentes, avec un faitage au même niveau que l'acrotère. Les versants sont traversés de poutres

⁸⁰³ Référence Mérimée PA75200002.

⁸⁰⁴ *Le Christ dans la banlieue*, N° 9, 1934, p. 4.

⁸⁰⁵ *Le Christ dans la banlieue*, N° 13, 1935, p. 22.

⁸⁰⁶ L'église de Vallot était de type halle à six travées. Le chevet se composait d'une abside semi-circulaire du diamètre de la nef. Un porche classique à fronton était présent sur la façade principale, dominée d'un clocher central sur plan octogonal.

⁸⁰⁷ Photographie du chantier, 1934, Archives M. Depaw, cf. GATIER Pierre-Antoine. L'église Saint-Jacques-le-Majeur, Montrouge. Conférence. *Les édifices religieux du XX^e siècle en Ile-de-France, 1900-2010*. Journée d'études. École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Belleville, 22 mai 2013.

⁸⁰⁸ BLANQUIS Pierre (dir.) *Montrouge 1934*. Montrouge : La Platinogravure N. de Tommaso, 1934.

horizontales au niveau de chaque travée, créant un effet de toit partiellement submergé. Cette solution, qui présente des inconvénients en termes d'étanchéité, n'est pas retenue. Sur les plans de janvier 1935, réalisés par la Société des grands travaux en béton armé (SGTBA), la toiture prend une disposition plus traditionnelle à quatre versants à faible pente en zinc. Les bas-côtés sont, en revanche, couverts de toits plats traversés de sur-poutres correspondant aux travées.

En bord de la rue, la façade du collatéral nord se décompose en deux tronçons, l'un qui correspond à la longueur de la nef et l'autre à celle du chœur, abritant des espaces annexes. Des piles et pilastres rythment le mur aveugle du bas-côté, alors que l'autre partie utilise un vocabulaire moderniste assez contradictoire avec l'ensemble (hublot, fausses fenêtres en bande). Au sud, le terrain disponible permet de doubler le bas-côté avec une sacristie de mariages et des locaux administratifs. Pour ne pas annuler la symétrie de la façade principale de l'église, la zone en surépaisseur est placée en léger retrait. La façade présente les mêmes caractéristiques que celle du bas-côté nord.

Selon les plans de structure⁸⁰⁹, la construction repose sur des semelles isolées en béton à 3,8 m de profondeur, prolongées par des piles en béton armé, ferrillées de douze barres verticales de 15 mm diamètre posées entre cadres de 5 mm diamètre tous les 20 cm. Ces piles dépassent de 49 cm le sol fini de la nef pour recevoir l'ossature de la superstructure articulée. Un vide sanitaire et une galerie technique se trouvent sous la dalle du rez-de-chaussée, qui est soutenue par des poutres principales et secondaires en béton armé. La conception des fondations permet de creuser à une faible profondeur, en réalisant des économies. En revanche, les constructeurs ne savent pas que cette terre est polluée et qu'elle aura un effet destructif sur le béton.



135 Saint-Jacques, Montrouge. Vue générale (nord-ouest).
Photo : l'auteur, 2015.

Hauts de plus de 20 m, les portiques de la nef et du chœur sont posés sur les piles de fondation au moyen des articulations Freyssinet. Les joints horizontaux qui en résultent créent un léger effet de lévitation de la structure. Des piles plus minces, également articulées en partie basse, accompagnent les portiques principaux et raidissent la structure. Sur la direction horizontale, l'ossature est contreventée par des bandeaux fins en béton armé. Les cassettes ainsi obtenues sur les façades sont simplement remplies de panneaux préfabriqués en béton désactivé. Tous ces éléments constructifs participent de l'esthétique des façades, vibrées par leurs jeux de relief, de rythme et de parement, suffisants pour créer le caractère architectural de ce bâtiment sans aucun autre décor extérieur.

⁸⁰⁹ Archives Municipales de Montrouge. SGTBA. Église Saint-Jacques-le-Majeur. Affaire 1038, plans d'exécution.

4.1.10 Notre-Dame-de-la-Trinité à Blois (Loir-et-Cher), 1935-1949

Créée en 1917, l'archiconfrérie des Trois-Ave-Maria de Blois a comme objectif la construction d'une basilique dédiée à la Vierge. C'est plus tard, en 1930, que Charles-Henri Besnard est nommé maître d'œuvre de ce projet ambitieux. Le montant annoncé par l'architecte en 1931 est de 6.000.000 de francs pour une église en ciment armé moulé similaire à Saint-Christophe-de-Javel, mais beaucoup plus grande. Elle disposer d'un porche profond, d'une nef développée sur dix travées et d'un long sanctuaire polygonal. Besnard se rend compte trop tard que le sol est instable, ce qui l'oblige à prévoir des fondations qui doivent coûter 2.000.000 de francs supplémentaires.



136 Notre-Dame-de-la-Trinité, Blois.
Chantier de construction du projet de Ch.-H. Besnard.
Montage d'un pilier en ciment armé préfabriqué.
CAAC. BESCH-G-30-393. IFA 54/8.

L'entreprise Fourré et Rhodes refuse de travailler à Blois, peut-être en raison du non-paiement de ses factures pour le chantier de l'église de Javel⁸¹⁰. Par conséquent, Besnard choisit d'employer le constructeur local Tricon, sans mise en concurrence, sans marché et sans accord de la maîtrise d'ouvrage sur le prix. Les moules des pièces en ciment armé utilisés à Paris sont vendus par Fourré et Rhodes à Tricon⁸¹¹, car Besnard mise sur leur réutilisation pour justifier la rentabilité de la préfabrication. Si les travaux commencent à l'été 1932, seuls dix piliers sont moulés en deux ans. Ils sont identiques à ceux de Javel par la section cruciforme et les chapiteaux, mais leur base est simplifiée. Les arcs et poutres sont aussi les mêmes que ceux de l'autre église de Besnard. Une photographie du chantier prise en août 1935 montre que l'ossature de la nef et des collatéraux est montée en totalité, mais il s'agit d'un squelette qui ne crée pas de volume bâti⁸¹². Arrivé au bout de sa patience,

l'abbé Leborgne, directeur de l'archiconfrérie, saisit le tribunal pour agir contre l'entrepreneur et l'architecte. Au bout du procès, ils sont tous les deux condamnés en 1942 pour fautes et négligences graves⁸¹³. Conscient désormais des risques de la préfabrication, l'abbé Leborgne est néanmoins certain que le béton armé reste le moyen le plus économique pour la réalisation du projet et demande à Paul Rouvière⁸¹⁴ de l'utiliser, cette fois coulé en place selon la méthode devenue traditionnelle.

⁸¹⁰ Voir plus haut les paragraphes dédiés aux dissensions financières sur le chantier de l'église Saint-Christophe-de-Javel.

⁸¹¹ Règlement : Fourré et Rhodes, présentation à l'abbé Faugère : 1601.802. 30 avril 1938. CAAC. Fonds Besnard. 093 IFA.

⁸¹² Panneaux d'information dans l'église Notre-Dame-de-la-Trinité de Blois. Photographie d'août 1935. Archives départementales du Loir-et-Cher.

⁸¹³ PONSOT Patrick. Basilique de la Trinité - Etude préalable à la restauration. DRAC Pays de la Loire, 2003.

⁸¹⁴ Rouvière est l'un des élèves les plus passionnés du cours de technique du bâtiment enseigné par Édouard Arnaud, l'architecte de l'immeuble Hennebique, à l'école des Beaux-Arts : CAUE du Loir-et-Cher. *L'architecture religieuse au début du XX^e siècle. Essai de chronologie*. Blois, s.d., p. 39.

Reprenant les fondations commencées par Besnard, sur lesquelles il doit supprimer l'ossature déjà élevée à une dizaine de mètres, Rouvière construit l'une des églises catholiques les plus représentatives de la fin des années 1930, qui avec Sainte-Odile de Paris est l'exemple qui marque la fin d'une époque dans l'architecture religieuse. Ces deux édifices illustrent le point culminant de la synthèse des arts dans l'espace sacré avant la Deuxième Guerre mondiale. Rien ne demeure pareil après ce cataclysme : ni les références typologiques qui basculent vers le plan centré⁸¹⁵, ni l'approche artistique précieuse, ni la manière de célébrer la messe⁸¹⁶. Affecté dans l'armée, Rouvière décède en 1939 lors de l'offensive française de la Sarre. La décoration intérieure de l'église est terminée sous la direction de l'ACMH Yves-Marie Froidevaux.

Situé sur un point haut dominant la vallée de la Loire, le terrain est exceptionnel. Rouvière est obligé de respecter un plan préexistant, mais il fait preuve d'une remarquable habileté dans la maîtrise de l'insertion urbaine. La solution qu'il adopte rappelle le Wallhalla de Leo von Klenze. Une rue en pente et en escalier, perpendiculaire à la façade principale, est valorisée dans le dispositif paysager d'accès. L'édifice est assis sur un socle imposant constitué de deux grands escaliers rampe sur rampe symétriques qui sont complétés par de très vastes paliers formant des parvis surélevés, accueillant le visiteur et lui proposant un panorama sur la vallée de la Loire.



137 Notre-Dame-de-la-Trinité, Blois. Vue générale (sud-ouest).
Photo : l'auteur, 2015.

La tour clocher sur plan carré de 60 m de hauteur est implantée à droite du grand pignon plein qui ferme le vaisseau central. Trois hautes rangées verticales d'abat-sons sur chaque façade de la tour soulignent la verticalité de l'objet et cachent un carillon exceptionnel de quarante-huit cloches réparties sur 30 m de hauteur, réalisé par les fondeurs Paccard d'Annecy.

Le plan de type basilical comporte une nef de 12 m sur 38 m à sept travées, flanquée de deux collatéraux prolongés chacun par des chapelles rectangulaires. Par les dimensions de ces dernières, le plan donne l'impression d'une disposition à cinq vaisseaux. Les colonnes dans le vaisseau central sont de section cruciforme quasi-carrée⁸¹⁷ et encadrent, de chaque côté au niveau supérieur, les grandes verrières de Luis Barillet qui longent la nef. Après un arc en plein cintre, un joint de dilatation et trois

⁸¹⁵ Cf. À la recherche d'un plan. In : *L'Art Sacré*, N° 5-6, janvier-février 1957.

⁸¹⁶ BLANCHET Christine, VÉROT Pierre. *Architecture et arts sacrés de 1945 à nos jours*. Paris : Archibooks, 2015, p. 12.

⁸¹⁷ Il peut s'agir d'un détail inspiré des colonnes à section cruciforme initiales que Rouvière démolit.

travées supplémentaires pour le chœur, une abside pentagonale ferme l'espace. Dans un pseudo-déambulatoire sont aménagées, des deux côtés, les stalles puis la sacristie située au sein de l'abside derrière l'autel. L'église est accompagnée d'un cloître, réalisé sous forme de portique en béton armé à colonnes carrées côté intérieur et murs pleins percés de fenêtres côté rue. Sur la limite d'un deuxième cloître, de dimensions plus restreintes, se trouve la maison des chapelains juxtaposée à la sacristie.



138 Notre-Dame-de-la-Trinité, Blois.
Vue de la nef vers la tribune de l'orgue.
Photo : l'auteur, 2015.

Des voûtes surbaissées en béton apparent couvrent le nef, séparées par des poutres droites⁸¹⁸ reliant les colonnes deux à deux, alors qu'au niveau des collatéraux les poutres sont en arc surbaissés et la couverture se fait avec des planchers. Le chœur dispose d'une voûte en cul-de four, remarquable pour un édifice aussi rationnel où la courbe est employée de manière frugale. À la différence de Dom Bellot qui préfère des surfaces planes plus compatibles avec les coffrages du béton armé, Rouvière fait un effort constructif justifié par la mosaïque monumentale de Barillet appelée à être réalisée sur ce support et représentant le couronnement de la Vierge.

Le béton armé contient le sable et le gravillon exploités dans le lit de la Loire⁸¹⁹. L'ensemble des détails est étudié de manière à assurer une rigueur d'exécution qui se traduit dans l'esthétique : calibrage différent des gravillons en fonction de l'effet recherché sur les différentes surfaces, vibration, joints de reprise de coulage et de coffrage dessinés d'avance, bouchardage. La société Baffrey-Hennebique réalise les études béton et s'assure d'une technologie de chantier visant l'économie et la logique d'exécution⁸²⁰.

Les murs extérieurs sont réalisés en double-parois en béton armé séparées par des panneaux isolants posés en coffrage perdu. La couverture de l'église est en cuivre, comme à Sainte-Odile, à l'exception des portiques du cloître qui ont des toitures plates à étanchéité bitumineuse gravillonnée. Le bouchardage pneumatique, en effet la même technique que celle utilisée à Saint-Pierre-de-Chaillot, met en valeur les teintes des agrégats utilisés, entre blanc, jaune, ocre, rose et noir. Sur les zones fragiles, notamment les arêtes, cette technique assez agressive est remplacée par l'usage d'une meule carbondurum.

Sur la façade principale, les sculptures en béton des frères Martel emploient une technique spéciale qui les solidarise à l'architecture. Le haut-relief représentant la Trinité sur 17 m de hauteur est réalisé

⁸¹⁸ Ce motif est une inspiration de Sainte-Thérèse de Montmagny par Perret.

⁸¹⁹ PICHARD Joseph. Notre-Dame de la Trinité à Blois. In : *L'Art Sacré*, N° 35, novembre 1938, pp. 349-350.

⁸²⁰ O.V. Notre-Dame de la Trinité à Blois. In : *L'Architecture*, N° 3, 1939, pp. 85-94.

dans un moule en staff monté en plusieurs pièces sur le mur dans lequel un creux est réservé d'avance. Les agrégats mis en œuvre sont plus fins et les assises de coulage doubles. Afin d'éviter le déséquilibre du mur de façade lors du coulage du béton de la sculpture, un deuxième coffrage est monté sur la face opposée. Il est rempli progressivement de sable humide pendant le coulage du béton et permet de diminuer ainsi la poussée considérable sur le moule, et de limiter la possibilité d'absorption d'eau par le staff. Un bouchardage est prévu en finition, avec une attention particulière aux arêtes. Les deux piliers situés au niveau de l'entrée sont également réalisés par coulage en moules en staff. Anne-Marie Roux-Colas réalise trois bas-reliefs au niveau du porche, représentant l'Immaculée Conception, l'Annonciation et l'Assomption, alors que M. Gualino est l'auteur de la statue de l'archange Saint-Michel recouvert de cuivre, couronnant la toiture de l'abside.

Notre-Dame-de-la-Trinité est inscrite au titre des monuments historiques en 1994, puis classée partiellement deux ans plus tard⁸²¹. Ce classement s'applique à la quasi-totalité de l'édifice. Seule la crypte semble non concernée (en raison des fondations créées par Besnard ?). Les éléments protégés sont le soubassement de la basilique, les escaliers et parvis, la basilique dans son ensemble, le cloître, les galeries et le préau, les bâtiments conventuels et la salle de conférence. Par sa rationalité dans les formes, cet édifice annonce avec quinze ans d'avance les basiliques de la deuxième Reconstruction.

4.2 Églises à plan allongé et travées paraboliques

Ces églises comportent des plans allongés, en général à coupe basilicale et plus rarement à nef unique, qui utilisent l'arc parabolique pour couvrir l'espace. L'emploi de cette forme géométrique exprime à la fois la continuité avec l'héritage gothique et la performance structurelle permise par le béton armé.

4.2.1 Sainte-Famille de Croix-Luizet, Villeurbanne (Rhône), 1926-1927

Conçue pour la communauté italienne par Gabriel Mortamet (1865-1924?) et son fils Louis⁸²², l'église de la Sainte-Famille de Croix-Luizet à Villeurbanne s'inspire des réalisations de Dom Bellot. En effet, Mortamet avait travaillé dans l'atelier du moine-architecte à Oosterhout, après sa formation à Lyon dans la classe de Tony Garnier⁸²³.

Le projet annonce une vision plus globale de l'Église qui lance la construction de nouvelles églises, écoles ou dispensaires dans les banlieues des grandes villes, associant le message religieux au message social, sous l'inspiration des écrits de Pierre Lhande. Dans le diocèse de Lyon, la création en 1927 de

⁸²¹ Référence Mérimée PA00132568.

⁸²² CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Gabriel Mortamet [en ligne]. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00280096> (Consulté le 10 août 2023).

⁸²³ CHALABI Maryannick, SAVEREUX-COURTIN Violaine. Op. Cit., p. 101.

l'organisme de maîtrise d'ouvrage l'*Œuvre du Christ dans la banlieue*⁸²⁴ précède les Chantiers du Cardinal de la région parisienne, par une mission similaire de promotion de nouvelles paroisses dans les quartiers ouvriers.



139 Sainte-Famille, Villeurbanne.
Églises du XX^e du diocèse de Lyon.
Photo : L. Claus / M. Couderette.

La construction de la nouvelle église de Croix-Luizet a lieu entre 1926-1927 sur la base d'un plan basilical à une seule nef et trois fausses chapelles latérales de chaque côté, séparées par des travées moins larges et reliées par des passages qui créent l'effet de bas-côtés. Ces travées inégales sont l'élément d'originalité de cette église, car peu de lieux de culte construits sur ce modèle disposent d'un rythme similaire. Le chœur à chevet plat est situé dans un volume homologue à celui de la nef, mais situé derrière un découpage dans le mur terminant la nef.

Une ossature d'arcs paraboliques en béton armé définit l'espace intérieur du vaisseau central. Le profil extérieur des arcs est en arc pentagonal tronqué supportant la charpente réalisée, elle aussi, en béton armé. Les pénétrations (lunettes) se greffent sur la nef par des arcs paraboliques. Détail remarquable, le remplissage entre les éléments de la charpente est réalisé en terre cuite réalisée, en partie, en appareil décoratif. En volumétrie, la nef, le chœur et les chapelles latérales s'expriment par de simples pignons sans autre décoration que les baies vitrées avec des réseaux en béton armé. Le clocher sur plan carré juxtaposé à la nef près du chœur n'a jamais été couronné de sa flèche⁸²⁵.

4.2.2 Saint-Martin, Roisel (Somme), 1928-1930

L'église de Roisel est détruite en totalité lors de la Première Guerre mondiale. Après un premier projet de reconstruction rejeté en 1925 car trop coûteux, Jacques Debat-Ponsan présente, l'année suivante, une variante de plans plus économique, qui est appréciée par Paul Léon⁸²⁶. Les travaux sont réalisés entre 1928-1930 par l'entreprise de gros-œuvre Raphaël Morreti de Péronne⁸²⁷. Ce projet précède l'église de Brie du même architecte.

Le plan en croix latine⁸²⁸ inclut un clocher-porche central et une nef sur trois travées flanquée de collatéraux. Des voûtes paraboliques en béton armé couvrent ces espaces principaux. Après la croisée

⁸²⁴ BERNARD Jean, LAURINI Robert. *L'église de la Sainte-Famille. Journées du patrimoine 2021. Villeurbanne*. Livret, 68 p. URL : <https://ndfraternite.fr/wp-content/uploads/2021/08/JEP-SteFamille.pdf> (Consulté le 10 août 2023).

⁸²⁵ VIDELIER Philippe. L'église des italiens : une paroisse de la banlieue de Lyon. In : *Diasporas*, N°12, 2008, p. 130-144 (Archives municipales de Villeurbanne, cote AMV 3C339).

⁸²⁶ AD Somme. 99 O 3247. Roisel. Travaux communaux. Église, presbytère ; MPP N° 80/3/18. État des dommages aux édifices civils et culturels. Roisel (église 1925-1926).

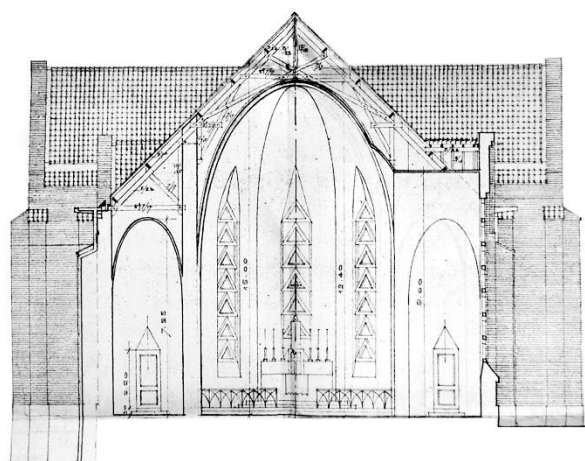
⁸²⁷ INVENTAIRE Hauts-de-France. Église Paroissiale Saint-Martin de Roisel. URL cité.

⁸²⁸ AD Somme. 10 R 1086. Plans, coupes, élévations de l'église de Roisel, 2 février 1926.

du transept, le chœur pentagonal ferme l'espace. La toiture à deux pans est conçue sur une charpente en bois englobant les voûtes, dans une recherche d'économie qui supprime les combles. Sur la voûte de la nef se détachent des arcs diaphragmes légèrement saillants qui affirment le rythme des points d'appui. Trois pénétrations de chaque côté matérialisent les travées et couvrent les collatéraux avec un même profil parabolique, cette-fois perpendiculaire à la nef. Dans l'environnement épuré de l'intérieur, le chemin de croix est réalisé en béton coloré par l'atelier Darras-Delahaye d'Amiens.

À l'extérieur, la volumétrie simple et symétrique est subordonnée au clocher sur plan carré à structure en béton armé⁸²⁹ habillée en brique, matière qui recouvre toutes les façades. Le sommet du clocher présente une imbrication dense de volumes, alors que des contreforts rythment toutes les élévations en rappelant des éléments traditionnels. L'arc en triangle est le motif qui se répète partout dans la composition des façades. Le caractère rectiligne et raide de celles-ci tranche avec les courbes sinueuses de l'intérieur. Ainsi, les trois travées de la nef se traduisent en autant de pignons disposant de baies de forme homologues, réparties en réseaux de triangles et losanges de béton armé. Mis à part les baies, les abat-sons et très peu d'autres détails extérieurs sont réalisés en béton armé.

L'intérêt de cette église non protégée réside dans la qualité du résultat architectural, malgré ses contradictions d'expression entre plan, coupe et élévation. Le plan pourrait être celui d'une église médiévale, avec son type en croix latine, les contreforts et les sections importantes des points d'appui. En revanche, la coupe indique des éléments de modernité dans les voûtes et la charpente, invisibles en plan. Enfin, les élévations graphiques et rectilignes en brique apparente de l'église ne laissent pas soupçonner l'intérieur à courbes fines, recouvert d'un sobre enduit blanc.



140 Saint-Martin, Roisel. Coupe transversale. Premier projet.
AD Somme. 10 R 1086. Photo : G.-H. Bailly, Inventaire Hauts de France.

4.2.3 Saint-Martin, Martigny-Courpierre (Aisne), 1928-1932

Dans ce village entièrement détruit par la guerre, Albert-Paul Müller (1889-1966) reconstruit l'église sur un plan en croix latine triconque, à coupole et nef flanquée de collatéraux. Si le type est très proche du plan centré avec une influence spatiale byzantine manifeste jusque dans le décor, elle ne se traduit pas dans l'expression extérieure qui demeure ancrée dans la tradition occidentale. Symétrique, la composition des volumes est dominée, au centre de la façade principale, par la grande tour-porche en béton armé. Sa forme en plan est un carré avec des cylindres engagés à chaque angle, dont la

⁸²⁹ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-19-1928-34954. 76 IFA 2055/33. Église de Roisel (Somme) : clocher. 1928.

verticalité est soulignée par des entailles triangulaires. Au niveau supérieur, huit anges debout en béton moulé par Émile-Just Bachelet (1892-1928) constituent les piliers entourant le clocher. Leurs bras élevés soutiennent une couronne végétale stylisée qui circonscrit la tour. Au-dessus d'elle, trois fûts octogonaux ajourés et deux autres édicules en retraits successifs assurent l'effet d'élanement. Des cylindres en béton rythment tous les niveaux de l'ouvrage. Cette tour représente l'une des synthèses les plus abouties entre architecture et décor en béton armé brut pour l'époque.

Les autres façades sont traitées en parement de pierre. Seuls les réseaux des baies sont en béton armé, ainsi que les couvertures des deux tourelles basses d'escalier encadrant la tour-porche. La coupole a une présence trop discrète au croisement des toitures pour indiquer un plan centré franc. Son apparition dans la volumétrie semble un accident que l'architecte n'a pas su éviter. Sa partie supérieure, originairement en pavés de verre, est actuellement couverte en cuivre, en raison des défauts d'étanchéité. Ces problèmes sont ignorés à l'époque par l'ensemble des architectes⁸³⁰.



141 Saint-Martin, Martigny-Courpierre.
Vue depuis la tribune de l'orgue.
Photo : l'auteur, 2023.

À l'intérieur, la courte nef centrale dispose d'une voûte lisse parabolique développée sur une longue travée unique. Des dalles reposant sur poutrelles transversales couvrent les deux collatéraux peu profonds, qui sont éclairés sur toute leur longueur par des baies vitrées insérées dans un réseau en béton armé. Les points d'appui sont d'épaisses colonnes en béton de section octogonale incluant des appliques art-déco au niveau de leurs chapiteaux et portant des arêtes soulignées en mosaïque jaune. Au niveau de la croisée, une coupole en béton translucide⁸³¹ repose sur les hauts pendentifs créés entre les voûtes paraboliques. Toutefois, l'apport de lumière sur les pavés ronds est aujourd'hui annulé par la couverture en cuivre posée à l'extérieur. L'abside du chœur est entourée de lumière grâce à une baie dont les vitraux portent les signatures de Louis Barillet, Jacques Le Chevallier et Théodore Hanssen⁸³².

Dans une tonalité de rouges avec des accents en bleu pâle presque monochrome, Eugène Chapleau (1882-1969) réalise les peintures sur ciment du chemin de croix autour de la nef, les tétramorphes sur les pendentifs et le Christ pantocrator dans le chœur. La mosaïque de l'autel est l'œuvre de Maurice Dhomme. En 1997, l'église est classée au titre des monuments historiques⁸³³.

⁸³⁰ Par exemple les dômes en pavés de verre de la piscine des Amiraux, construite à Paris par Henri Sauvage, redécouverts lors de la restauration par François Châtillon.

⁸³¹ CAPPRONNIER, Jean-Charles, FOURNIS, Frédéric, GÉRARD, Alexandra, TOUZET, Pascale. Art. Cit.

⁸³² CORBIER Florian. Art. Cit.

⁸³³ Référence Mérimée PA00132909.

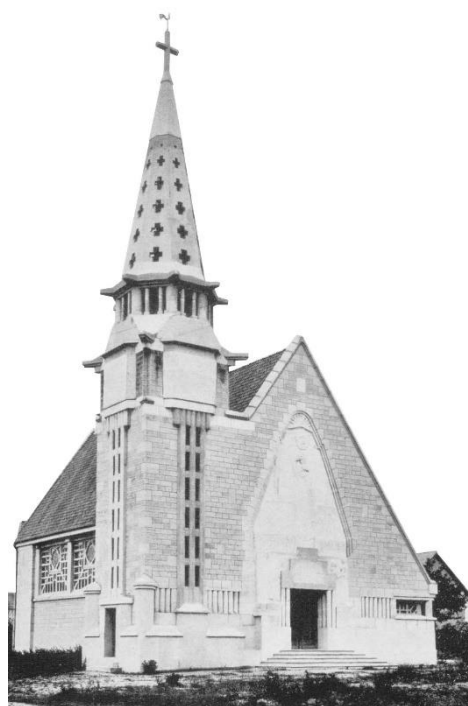
4.2.4 Saint-Martin, Monthenault (Aisne), 1932-1933

L'église Saint-Martin de Monthenault est également dessinée par Albert-Paul Müller⁸³⁴. À l'instar de l'église de Brancourt-en-Laonnois du même architecte, le plan en T renversé comporte ici une nef unique et une façade principale en pignon incluant la tour-clocher d'un côté et le baptistère de l'autre. En revanche, la volumétrie générale est simplifiée et le chœur est à trois pans. Les trois travées de la nef ne se traduisent que par des baies rectangulaires plus larges que hautes. Elles occupent presque en totalité les façades latérales, en donnant encore plus de poids à la grande toiture en tuiles mécaniques rouges et brunes posées en motif losangé décoratif. Seul le chœur dispose de baies en arc triangulaire, divisées comme les autres selon un remplage en béton armé.

Les façades en pierre apparente n'indiquent pas l'usage du béton armé, sauf dans les détails et sur la flèche. Cette dernière passe du plan carré de la tour à une base octogonale, où le tambour ajouré formé de colonnes trapues enferme les cloches. Il est surmonté d'une corniche à gargouilles et d'une toiture élançée en béton apparent percée de croix sur chacune de ses faces. Moins raffiné dans ses détails par rapport aux autres réalisations de Müller, ce clocher retrouve ses qualités dans la sobriété et la bonne exécution. Si aujourd'hui les parties en dalle inclinée de la toiture présentent des traces de rouille, des éclatements et dépôts de sels, il convient de remarquer que le bon recueillement des eaux pluviales et leur évacuation éloignée par les gargouilles contribuent à retarder les désordres.

Un arc parabolique incrusté sur la façade principale encadre le bas-relief en béton représentant un saint Martin de facture art-déco, et annonce par sa forme la structure intérieure de l'église. Cette dernière est constituée d'une ossature en arcs à profil parabolique qui prennent naissance sur des colonnes engagées cannelées. La saillie des arcs se retrouve au niveau de la voûte de forme similaire et lisse. Afin d'effectuer la transition vers le chœur, l'arc situé à cet endroit reçoit une largeur plus importante et repose sur deux paires de colonnes au-dessus desquelles des pénétrations en plein cintré sont créées. Ce dispositif crée, ainsi, un arc triomphal.

Comme à Saint-Maurice de Brancourt, Barillet est l'auteur des vitraux réalisés en tonalités bleues, alors que Chapleau réalise les fresques du chemin de croix. En 2001, l'église de Monthenault est inscrite au titre des monuments historiques⁸³⁵.



142 Saint-Martin, Monthenault. Vue (sud-ouest).
Albert-Paul Müller. Œuvres architecturales 1926-1932.

⁸³⁴ Albert Paul Müller, *Laon. Œuvres architecturales 1926-1932*. Strasbourg : EDARI, s.d. (années 1930), pp. 13-14.

⁸³⁵ Référence Mérimée PA02000030.

4.2.5 Chapelle Saint-Joseph, Lannion (Côtes d'Armor), 1935-1938

James Bouillé (1894-1945), architecte régionaliste breton, est l'auteur des plans de la chapelle de l'institution Saint-Joseph à Lannion, construite à partir de 1935. Le peintre Xavier de Langlais, cofondateur avec Bouillé de l'Atelier breton d'art chrétien en 1929, réalise ici le chemin de croix⁸³⁶.



143 Saint-Joseph, Lannion. Vue intérieure.
Photo : Pauline Bourdet, Ouest-France.

Cette chapelle est un exemple d'édifice religieux de taille modeste construit sur une structure en béton armé habillée d'un parement en pierre à l'extérieur. Elle s'inscrit dans une logique de programme et de composition similaire aux exemples de Saint-Brieuc et Voreppe, en tant que chapelle d'un grand complexe d'enseignement. Des arcs paraboliques créent l'espace de la nef centrale. Ils sont posés sur des colonnes octogonales basses, disposant de simples chapiteaux construits par l'évasement de la section. De part et d'autre de la nef, les collatéraux sont couverts de planchers sur poutres reposant sur les mêmes colonnes. Entre les grands arcs, sont posés de grands claustras carrés en béton armé, composés sur des meneaux en diagonale. Au niveau supérieur, les arcs sont reliés par des pannes en béton armé qui longent la face intérieure de couleur bleue de la pseudo-voûte incluse dans la toiture à deux pans.

À l'extérieur, les assises alternées en pierres de deux types et les chaînages d'angle animent les façades par leur texture et leur contraste. Un remarquable clocher en béton apparent sur plan octogonal est placé à côté de l'édifice, dans la composition générale du complexe bâti devenu aujourd'hui collège. Ses façades sont légèrement inclinées et percées de claustras, alors que le sommet comporte une flèche élancée dont les faces sont emplies de faux-abats-sons. La chapelle est inscrite depuis 1995 au titre des monuments historiques⁸³⁷. En 2015, une campagne de restauration est démarrée, visant la reprise des bétons et l'étanchéité des auvents autour du clocher, ainsi que la réparation des bétons au niveau des claustras et des vitraux⁸³⁸. L'État apporte une subvention de 25%, alors que la Fondation du Patrimoine lance une souscription.

4.2.6 Sainte-Thérèse-de-l'Enfant Jésus, Metz (Moselle), 1935-1954

Dans son projet de 1933 soumis au concours pour l'église Sainte-Thérèse de Metz, Auguste Perret envisage un plan centré, à l'opposé de Roger-Henri Expert qui s'imposera avec un type basilical réinterprété. Sur la base de ses recherches antérieures, notamment pour l'église Sainte Jeanne d'Arc de

⁸³⁶ MONNIER Jean-Jacques. La chapelle Saint-Joseph, une création bretonne moderne ». In : *Bécédia*, 30 novembre 2016. URL : <https://bcd.bzh/becedia/fr/la-chapelle-saint-joseph-une-creation-bretonne-moderne> (Consulté le 10 août 2023).

⁸³⁷ Référence Mérimée PA00135254.

⁸³⁸ Restauration de la chapelle. In : *Le Lien (anciens et anciennes de Saint-Joseph Bossuet et Jeanne d'Arc Lannion)*, N° 1, avril 2015, nouvelle série), p. 2.

Paris, Perret subordonne la composition des volumes à une tour-lanterne formant signal dans le paysage⁸³⁹. En plan, un triangle équilatéral s'élargit sur les côtés avec des espaces rectangulaires ou circulaires dessinant à l'intersection un octogone circonscrit. Les points d'appui scindés à chaque fois en groupes de trois colonnes supportent des poutres en diagonale qui, comme plus tard à Saint-Joseph du Havre, doivent soutenir la tour par un ingénieux système de descente des charges.

Roger-Henri Expert, qui méprise le travail de « l'entrepreneur Perret »⁸⁴⁰, obtient la commande pour Sainte-Thérèse de Metz par un simple concours de circonstances. Initialement retenu, le projet d'Émile Besch⁸⁴¹ est rejeté par la Ville en raison de son style jugé trop historiciste. En octobre 1935, les nouveaux plans dessinés par Expert sont validés. Sur un plan basilical traditionnel, l'architecte propose un édifice unique en son genre, à la fois novateur et situé dans la tradition gothique.



144 Sainte-Thérèse, Metz. Vue générale (nord-est).
Carte postale, années 1950, Archives du diocèse de Metz.

Un narthex couvert par la tribune d'orgue précède la nef rythmée par les arcs ogivaux à piédroits inclinés s'élevant à 30 m. À l'autre extrémité, l'abside abrite le chœur entouré d'un déambulatoire donnant sur trois absidioles pour les chapelles⁸⁴².

La structure est composée d'une succession de voiles en béton armé apparent, découpés à l'intérieur par un arc parabolique brisé très élancé et, à l'extérieur, par un profil rectiligne créant des piédroits inclinés à 9°. Cette élévation rappelle celle de l'arc de l'entrée principale de la Sagrada Família à Barcelone. Dans la version initiale, l'architecte imagine des façades verticales qui circonscrivent les arcs à l'intérieur en leur donnant un aspect léger et sculptural, dans la manière du Belge Joseph Diongre pour l'église Saint-Joseph de Molenbeek⁸⁴³. Un niveau de tribunes qui accentue cet effet est aussi prévu⁸⁴⁴. En revanche, l'enveloppe finalement retenue simplifie radicalement le volume extérieur⁸⁴⁵. Elle contribue pour autant à l'originalité de l'édifice, par l'allure de carène renversée ou

⁸³⁹ CNAM/SIAF/CAP/CAAC/Auguste Perret/UFSE/SAIF/2014. Fonds Perret. PERAU-183/2. Une église à coupoles est aussi étudiée dans ce contexte: PERAU-183. Dossier 535 AP 183/2. Doc. CNAM-32-06-0015.

⁸⁴⁰ ABRAM Joseph. *Dénuement et splendeur du béton*. Conf. Cit., min. 127.

⁸⁴¹ Carte postale, s.d. Future Église de Sainte-Thérèse de l'Enfant-Jésus à Metz/ projet de M. Émile Besch, architecte à Metz, Lauréat du Concours/Façade postérieure.

⁸⁴² MASSEL Christiane, MAURER Pierre, PIGNON-FELLER Christiane. *Metz 1919-1939/ Au temps de l'Art Déco - Urbanisme & architecture*. Vaux : Serge Domini, 2016, pp. 132-139 ; HEBER-SUFFRIN Anne-Marie. *Église Sainte-Thérèse de l'Enfant-Jésus. Metz, 1929-2010*. Metz : Colin frères, 2012.

⁸⁴³ STEFFENS Sven. *L'église Saint-Jean-Baptiste : un joyau Art Déco de l'architecte Joseph Diongre*. MoMuse Molenbeek Saint-Jean : Collège des Bourgmestres et Échevins de la commune, juin 2005, 26 p.

⁸⁴⁴ CAAC. Fonds Expert Roger-Henri (1882-1955). 296 AA. EXPER-C-35. Dossier 296 AA 1/7. Doc. HR-27-04-10-02. Coupe transversale (1).

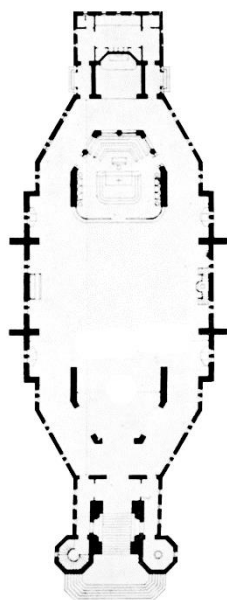
⁸⁴⁵ CAAC. Fonds Expert Roger-Henri (1882-1955). 296 AA. EXPER-C-35. Dossier 296 AA 1/7. Doc. HR-27-04-10-03. Coupe transversale (2).

hangar à dirigeables. La silhouette extérieure des arcs ferme le bâtiment en générant des façades latérales inclinées dans lesquelles sont posés sur plus de 1000 m² les vitraux-claustras de Nicolas Untersteller. Seul un « étage » en retrait est repris au niveau supérieur, par le couronnement d'un profil de toiture à deux pans à faible pente. Cette petite forme de toiture traditionnelle, ainsi que les façades verticales des bas-côtés et du chœur sont les seuls indices qui témoignent du dessin d'origine. Les travaux commencent en 1937, sont interrompus par la guerre et attendent les années 1950 pour redémarrer⁸⁴⁶. En 1998, l'église est classée au titre des monuments historiques⁸⁴⁷.

4.3 Églises à plan allongé à nef unique ou halle

Le type halle comporte une nef centrale flanquée de deux collatéraux de hauteur égale. Dans quelques exemples d'églises en béton armé construites avant 1940, cette caractéristique se rencontre sous des formes plus ou moins catégoriques.

4.3.1 Saint-Jeanne d'Arc, Saint-Éloy-les-Mines (Puy-de-Dôme), 1921-1924



145 Sainte-Jeanne-d'Arc, Saint-Éloy-les-Mines. Plan. *Le Béton armé*, N° 299, 1933.

Le projet initial pour l'église Sainte-Jeanne-d'Arc de Saint-Éloy-les-Mines date de 1921 et montre l'ambition constructive et l'originalité de l'architecte Jacques Droz, en collaboration avec son confrère Brissard⁸⁴⁸.

Le coût prévu pour le gros-œuvre est de 900.000 francs et le plan comporte une zone centrale carrée définie par le croisement de quatre arcs en béton armé, comme à l'église Saint-Louis de Vincennes. Un autre point commun avec cette église est la coupole octogonale à pans coupés soutenue par l'intersection des arcs et des trompes.

La différence entre les deux édifices vient du prolongement de l'espace central par deux extrémités symétriques en forme d'abside à trois côtés, c'est-à-dire le chœur et le narthex. De part et d'autre, ces dispositifs sont continués par la sacristie et, respectivement, par le clocher-porche. L'autel est implanté entre les deux arcs longitudinaux intégrés dans l'espace intérieur. Ceux-ci délimitent aussi un déambulatoire. Une charpente en bois à motifs décoratifs peints est

⁸⁴⁶ MAURER Pierre, SAINT-PIERRE Raphaëlle. *Roger-Henri Expert à Metz; L'église Sainte-Thérèse de l'Enfant-Jésus*. Paris : Nouvelles éditions Place, 2018, 64 p.

⁸⁴⁷ Référence Mérimée PA00107056.

⁸⁴⁸ LOUVET Albert. *Les églises modernes*. Art. Cit., p. 93.

mise en valeur par de petites baies cintrées situées en hauteur sur les murs. Les façades sont enduites et les fenêtres sont cintrées avec de la brique apparente⁸⁴⁹.

Faute de moyens, le projet est profondément modifié en 1924 afin de diviser par trois le coût des travaux. Le plan est désormais rigoureusement rectangulaire, avec une nef sans bas-côtés sur trois travées égales. Des quatre arcs entrecroisés en béton armé il n'en reste que deux, transversaux, qui délimitent un pseudo-transept défini par des pignons surmontant le mur. Ainsi, un croisement de charpentes est obtenu afin de donner cette impression de centralité toujours recherchée par Droz. De part et d'autre de cet espace, dans le même gabarit de la nef, les deux autres travées ne se distinguent que par la couverture à deux pans simples. Selon la règle habituelle de Droz, le dispositif d'entrée et la sacristie ont la même épaisseur en plan, avec un élément de distinction pour le chœur sous forme d'abside à trois côtés droits. Le clocher à plan octogonal est couvert par une pyramide en béton apparent. Sur les façades enduites, les seuls accents sont créés par les arcs en brique apparente des baies. L'église n'est pas protégée au titre des monuments historiques.

4.3.2 Notre-Dame-de-la-Consolation, Le Raincy (Seine-Saint-Denis), 1922-1923

Simplifiant un premier projet dessiné en 1919 par Lucien Gauthier⁸⁵⁰ en système Hennebique, l'ingénieur Auguste Guyot propose en février 1922 une église basilicale conventionnelle à chevet plat⁸⁵¹, pour laquelle il envisage d'utiliser les blocs moulés d'Alfred Nasousky. Ses plans sont rapidement oubliés car le curé Nègre, qui ne dispose que de 600.000 francs⁸⁵², prend contact avec les frères Perret pour une solution moins coûteuse⁸⁵³, par l'intermédiaire de Gabriel Thomas, qui les connaît grâce à la construction du théâtre des Champs-Élysées qu'il avait promu. Auguste Perret essaie d'abord d'adapter le projet de Guyot. Ainsi, sur le contre-projet du 8 mars 1922, l'édifice se développe sur quatre travées, et les files extérieures de colonnes sont intégrées dans les façades, alors que le clocher bas est couronné d'une toiture pyramidale ajourée en poutres de béton armé⁸⁵⁴. Le coût prévisionnel est trois fois inférieur à celui annoncé par Guyot. Le 31 mars 1922, une nouvelle version de façade principale esquisse le clocher définitif avec ses colonnes, mais elle conserve la toiture pyramidale ajourée, cette fois remplie de claustras⁸⁵⁵. Comme le chantier commence début avril, cette variante montre que les plans évoluent aussi pendant les travaux. Divers coffrages sont récupérés sur d'autres chantiers (halle de Montataire ?), et les parpaings moulés à creux ovale sont obtenus dans une machine Allur, selon le chercheur Guy Lambert. Si des claustras avaient déjà été utilisés à la cathédrale d'Oran vers 1910, une question subsiste sur l'origine exacte des moules utilisés au Raincy.

⁸⁴⁹ CAAC. Fonds Droz Jacques (1882-1955). DROJA-B-21. Dossier 104 IFA 2/3. Doc. MC-23-08-06-04 104, MC-23-08-06-05.

⁸⁵⁰ Lucien Gauthier (1861-1925) devient architecte ordinaire des monuments historiques en 1906 et ACMH en 1920. La découverte de son projet pour l'église du Raincy est due à Christophe Arnion.

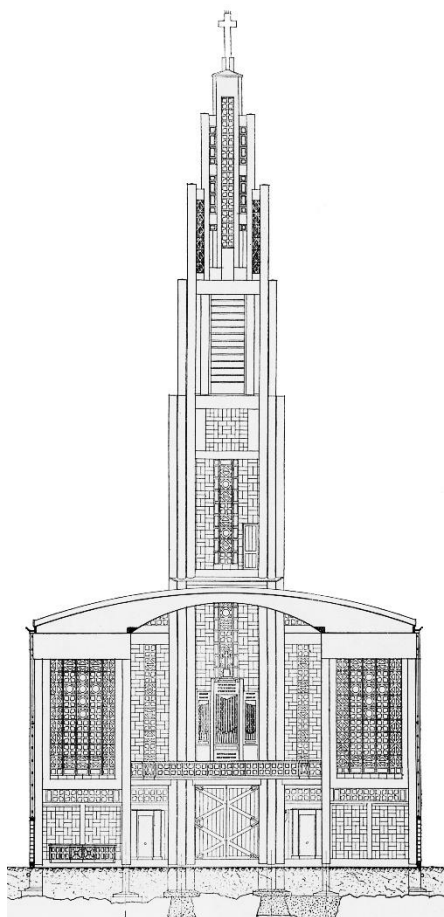
⁸⁵¹ CAAC. Fonds Perret. Dossier 535 AP 920/1. Doc. CNAM-22-01-0053. Plans 9 février 1922 signés Guyot, ing. PERAU-089.

⁸⁵² COLLINS Peter. *Splendeur du béton*. Op. Cit., p. 429. Cette somme représenterait environ 730.000 euros valeur 2022. Convertisseur historique franc-euro de l'INSEE, URL cité.

⁸⁵³ LE BAS Antoine. Notre-Dame du Raincy (Seine-Saint-Denis), chef-d'œuvre des chapelles de la banlieue ? Communication présentée lors du séminaire « Le patrimoine religieux des XIX^e et XX^e siècles », 9 -11 juin 2008, Institut national du patrimoine.

⁸⁵⁴ CAAC. Fonds Perret. PERAU-089. Dossier 535 AP 920/1. Doc. CNAM-22-01-0054. Plans 8 mars 1922.

⁸⁵⁵ CAAC. Fonds Perret. PERAU-089. Dossier 535 AP 920/2. Doc. CNAM-22-01-0041. Plans 31 mars 1922.



146 Notre-Dame-de-la-Consolation, Raincy.
Coupe transversale.
L'Architecture vivante, automne 1923.

Cinq travées sont finalement construites, dont une pour l'autel. Elles sont encadrées aux extrémités par des demi-travées occupées par la tour-porche et des escaliers d'une part, et des autels secondaires et une abside aplatie d'autre part. En même temps, les colonnes sont détachées des façades qui se libèrent en totalité pour recevoir les claustras vitrés. La pente du terrain est conservée, créant un sol qui descend vers le sanctuaire, dans une disposition empruntée aux salles de théâtre et reproduite enfin à Saint-Joseph du Havre. Le sanctuaire est surélevé de quelques marches pour permettre l'aménagement de la crypte en-dessous sans besoin de creuser, mais aussi pour dominer la salle comme une scène. Grâce à ces solutions ingénieuses, les travaux de terrassement sont extrêmement limités. De plus, les fondations des colonnes ne sont pas réunies par des longrines, créant une structure comme une table dont les pieds cannelés de 43 cm de diamètre et 11 m de hauteur s'enfoncent dans le sol. Le mode de contreventement dans la partie supérieure est remarquable, car les voûtes ne se contrebutent pas, malgré leur position perpendiculaire. Une deuxième couverture en « voûtes toriques » de 3 à 4 cm d'épaisseur est rajoutée à l'extérieur pour assurer la rigidité de la partie la plus lourde de la structure, selon un dessin annonçant les hangars de Marignane et même le CNIT⁸⁵⁶.

Perret réalise une structure tridimensionnelle monolithe à double peau capable de reposer sur des points d'appui très fins, ce qui représente une contribution innovante pour la conception constructive en béton armé. D'ailleurs, il est important de noter que le résultat spatial est issu du croisement entre des solutions purement constructives qui ignorent les façades et le programme religieux qui ne peut pas laisser insensible l'architecte formé par Gaudet, même en sa posture d'entrepreneur.

Dans la façade sur rue, la seule véritablement visible depuis l'espace public, la composition de volumes est symétrique, pyramidale et articulée avec la nef, avec deux chapelles polygonales aux extrémités encadrant deux tours carrées plus hautes qui flanquent ensuite le clocher-porche à plusieurs étages en retrait, culminant à 43 m. Ce dernier repose sur quatre groupes de cinq colonnes (une au centre, quatre réparties en croix) qui évitent d'une manière élégante les piliers de trop grande section. En réalité, c'est une solution économique de réutilisation des coffrages des colonnes de la nef. C'est aussi une conception d'ingénierie consistant à répartir la matière sur les extrémités, applicable notamment aux pylônes électriques. Elle sera reprise sans élément central sur les plans pour l'église Sainte-Jeanne d'Arc. Le nombre de faisceaux se réduit avec chaque niveau. D'un total de vingt en bas,

⁸⁵⁶ ABRAM Joseph. Débat. Histoires, techniques et architecture. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., p. 33.

seize continuent le long du niveau des cloches. Au premier niveau du couronnement, quatre faisceaux sont portants et quatre sont posés en retrait pour encadrer un édicule élancé - la lanterne des morts- et l'accompagner sur un dernier niveau surmonté de la croix. Sur un plan traditionnel d'église halle à deux collatéraux, l'espace intérieur est entouré de claustras en béton armé inspirés de la tradition gothique et couvert de voûtes surbaissées en béton armé. On remarque très tôt, à l'époque, que le problème fondamental dans la construction des églises, les voûtes, est résolu de manière élégante en béton armé, par une conception structurelle permettant une descente de charges strictement verticale⁸⁵⁷. En réalité, les voûtes de cet édifice fonctionnent comme des poutres appuyées simplement sur des colonnes, sans besoin de contrebutement latéral. Cette conception simple de « plan libre » explique comment les énormes façades vitrées sont possibles. Dans une certaine mesure, l'expérience de Perret symbolise l'aboutissement d'une recherche de plusieurs siècles sur l'espace sacré occidental, la domination du vide sur le plein.

Les voûtes sont des surfaces à simple courbure surbaissées, sans doubleaux et brutes de décoffrage. Des claustras comme ceux des façades sont intégrés à quelques endroits. Perret affirme avoir pu prévoir de simples voûtes en berceaux transversaux, comme il avait déjà fait sur une usine, mais cela n'aurait pas canalisé la vue vers l'autel⁸⁵⁸. Il faut noter que les planches de coffrage suivent la courbure des voûtes et non leur génératrice, comme ce serait plus facile à réaliser. Au-dessus des collatéraux, les voûtes sont définies par des génératrices perpendiculaires à l'axe longitudinal de l'église, alors que la nef dispose d'une voûte en berceau surbaissé qui unifie l'espace sur sa longueur. Cette différence d'orientation inspirée peut-être par l'abbaye de Fontenay contribue à séparer et hiérarchiser l'espace, même si dans un type d'église halle ceci n'est pas un enjeu. Au niveau des collatéraux, les voûtes disposent chacune de quatre points d'appui sur des colonnes très fines, ce qui crée une impression de stabilité. Ces colonnes, implantées en couple - l'une près de la façade, l'autre à la limite de la nef - supportent en fait des planchers incurvés et non de vraies voûtes⁸⁵⁹. Pourtant, l'expression sincère du système constructif permet à Benjamin Mouton de qualifier Perret comme le dernier des gothiques⁸⁶⁰.

Les vitraux teintés dans la masse auraient dépassé le budget et Marguerite Huré doit peindre le verre des claustras dans des dégradés colorés⁸⁶¹. Quelques scènes figuratives dessinées par Maurice Denis représentent des scènes de la vie de la Vierge ou images contemporaines, comme les taxis de la Marne et des képis rouges⁸⁶². Antoine Bourdelle est l'auteur du bas-relief au-dessus du portail, installé seulement en 1999. Madeleine Chantrel, épouse de Nasousky, réalise de chemin de croix.

⁸⁵⁷ *L'Architecte*, N° 2, 1924, pp. 13-14.

⁸⁵⁸ PERRET Auguste. Notes sur l'église du Raincy. In : *L'Art Sacré*, N° 4, octobre 1935, pp. 9-10.

⁸⁵⁹ Paul Jamot le remarque aussi : « Quant aux voûtes, elles ne pèsent pour ainsi dire pas sur les poteaux : elles n'ont pas de poussée, étant minces comme des coquilles d'œuf et, de plus, armées de nervures : les poteaux sont encastrés dans la nervure de la voûte » JAMOT Paul. Op. Cit., p. 51.

⁸⁶⁰ MOUTON Benjamin. Auguste Perret, sept leçons d'architecture plus une. Conférence au Conseil économique et social, 22 septembre 2019. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=6vqJFF-EKaA> (Consulté le 10 août 2023).

⁸⁶¹ DAVID Véronique. Notes pour la visite de l'église Notre-Dame-de-la-Consolation du Raincy (2008), en : INP (Institut National du Patrimoine). *Le patrimoine religieux des XIX^e et XX^e siècles : principes d'inventaire, protection, restauration*. Paris : La bibliothèque numérique de l'INP, N° 13, septembre 2008, p. 49.

⁸⁶² SABBAAH Catherine. Notre Dame de la Consolation. La Sainte-Chapelle du béton armé. In : *Le Moniteur*, 8 novembre 2022.

4.3.3 Notre-Dame-de-la-Nativité, Hussigny-Godbrange (Meurthe-et-Moselle), 1922

Construite au XVIII^e siècle, l'église de cette commune frontalière est détruite lors de la Première Guerre mondiale. Louis-Hyppolite Boileau et son associé Pierre Le Bourgeois proposent en 1922 l'un des projets les plus innovants de la reconstruction des églises en Meurthe-et-Moselle⁸⁶³. L'ensemble de l'édifice est réalisé en béton armé⁸⁶⁴, utilisé à la fois en structure et en décoration. La conception générale du plan est simple. Après l'entrée par la tour-porche, flanquée de deux escaliers, se trouve la nef unique sur quatre travées, l'une pour la tribune et l'autre pour un faux-transept. Le chœur en abside pentagonale est entouré d'annexes et de la sacristie, qui complètent le rectangle général dans lequel s'insère le plan.



147 Notre-Dame-de-la-Nativité, Hussigny-Godbrange. Vue vers la tribune de l'orgue.
Photo : Paroisse Saint-Pierre-et-Saint-Paul de l'Alzette.

Entre le projet initial et la réalisation, des améliorations sont apportées pour mieux mettre en cohérence les formes et le matériau employé. Au début, le plan est tributaire des techniques de la maçonnerie, avec des piles saillantes, des pilastres et des faux-contreforts. Or le dessin final met en avant l'ossature, irréalisable avec un autre matériau que le béton armé. Au niveau de chaque travée, les piles intérieures se détachent des murs et supportent par des corbeaux les fins arcs en plein cintre tangents aux arbalétriers en béton armé de la toiture à deux pans. Un plafond horizontal et deux plafonds inclinés sont tangents aux arcs pour donner l'impression d'une voûte. Ces dalles épousent la forme de la toiture, qui par conséquent ne nécessite pas de charpente. Des caissons en négatif sont prévus pour alléger ces surfaces planes. La nef est éclairée par de grandes baies rectangulaires disposant de meneaux néo-gothiques simplifiés en béton armé, selon un dessin inspiré directement par les remplacements à arcs entrecroisés de l'église Saint-Jean de Montmartre.

Cette église est construite en même temps que Notre-Dame du Raincy, avec laquelle elle partage le type général de plan. Le clocher de Hussigny présente aussi des retraits successifs et une recherche visant à styliser une « lanterne des morts », ici par un tambour surmonté d'un dôme. Néanmoins, les rappels historiques formels trop manifestes et la décoration qui va au-delà de la nécessité structurelle font de l'église de Hussigny un exemple peu remarqué, qui ne bénéficie d'aucune protection au titre des monuments historiques.

⁸⁶³ PADIOU Nicolas. Op. Cit., volume 2, p. 219.

⁸⁶⁴ CAAC. Fonds Vitale François. Article 186 IFA 30/1. Ossature d'église et clocher en ciment armé à Hussigny (Meurthe-et-Moselle). Plans de la Compagnie Paul Piketty).

4.3.4 Notre-Dame-des-mineurs, Waziers (Nord), 1923-1927

Après la Première Guerre mondiale, Louis-Marie Cordonnier dessine un plan à vaisseau unique pour Notre-Dame-des-mineurs à Waziers, construite entre 1923-1927 pour la communauté d'origine polonaise. La structure de la nef est constituée de portiques en béton armé, avec un profil intérieur en plein cintre légèrement brisé et un profil extérieur en arc segmenté tronqué. Si le premier sert à rappeler la fonction de l'espace en absence de voûtes, le deuxième doit épouser les versants de la couverture et soutenir les pannes longitudinales qui sont également réalisées en béton armé.

Afin d'alléger l'aspect des arcs, des percements en forme de larme sont prévus au niveau de la corniche et de la clé, où l'élément a le maximum d'épaisseur. Les trois travées sont marquées sur la façade par des pignons qui engendrent des pénétrations dans la toiture, réalisées avec des arbalétriers et pannes en béton armé. La structure porteuse du clocher est étudiée par le bureau Hennebique⁸⁶⁵. Cette église est classée en totalité au titre des monuments historiques en 2010, dans le cadre du label « patrimoine mondial de l'Unesco » du bassin minier du Nord-Pas-de-Calais⁸⁶⁶.

4.3.5 Chapelle Saint-Yves, Saint-Brieuc (Côtes d'Armor), 1924-1928

Élève de Julien Guadet à l'école des Beaux-Arts, Georges Robert Lefort (1875-1954) devient architecte ordinaire des monuments historiques en 1923, puis architecte en chef de la Reconstruction en 1946. Actif dans le comité de direction de la revue *La Construction moderne* et dans la rédaction de *L'Architecture*, il remporte au début des années 1920 le concours pour le Grand Séminaire Cesson à Saint-Brieuc⁸⁶⁷. Cet ensemble, où le béton armé est largement employé selon une écriture régionaliste avec des influences art-déco, renferme une chapelle remarquable pour ses qualités architecturales et décoratives.

Trois ailes de bâtiments et la chapelle enferment le cloître de forme carrée. Sur un plan rectangulaire allongé, la chapelle est située à l'étage, au-dessus du niveau du cloître. Des colonnes octogonales engagées forment le support d'arcs en béton armé à double profil ayant le rôle de fermes pour la



148 Saint-Yves, Saint-Brieuc. Vue intérieure.
Photo : J. Fabrice.

⁸⁶⁵ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-17-1924-61879. 76 IFA 1738/5. Église n.id., Waziers (Nord) : clocher, 1924.

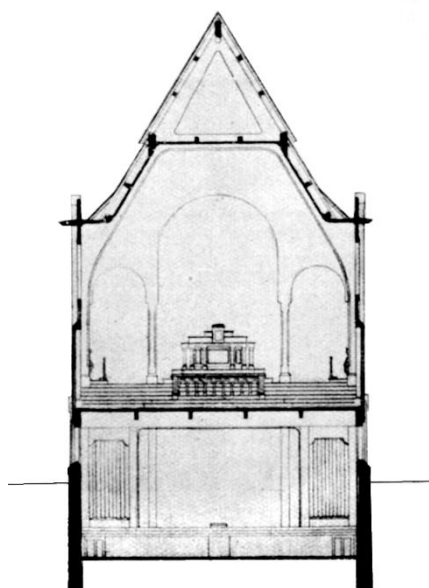
⁸⁶⁶ Référence Mérimée PA59000159.

⁸⁶⁷ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Georges Robert Lefort. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00282475> (Consulté le 10 août 2023); CAAC. Notice biographique de Georges-Robert Lefort (1875-1954), 026 IFA. URL : https://archiwebture.citedelarchitecture.fr/fonds/FRAPN02_LEFGE (Consulté le 10 août 2023).

charpente apparente. Vers l'intérieur, leur découpage est en plein cintre, alors que vers l'extérieur leur forme épouse celle du toit à deux pans en partie basse, puis s'arrête sur un plan horizontal, afin de supporter un plancher à caissons décoratifs. Cette écriture rappelle celle de Boileau à Hussigny-Godbrange, mais présente plus de raffinement. De part et d'autre du vaisseau, la tribune de l'orgue et l'autel sont posés devant des murs percés de claustras en béton armé. Tout l'intérieur est recouvert de peinture et mosaïques, dans un traitement décoratif géométrique des plus aboutis pour cette époque. Les grandes baies apportant la lumière naturelle des deux côtés de la nef disposent de meneaux et traverses en béton armé qui structurent les vitrages à réseaux de plomb.

Les façades sont en maçonnerie de pierre et les volumes disposent de toitures et lucarnes traditionnelles qui s'intègrent en harmonie avec le contexte bâti local. Pourtant, le niveau du cloître est réalisé avec une colonnade en béton apparent et son plancher supérieur est également en béton sur poutres cintrées surbaissées. La toiture de la chapelle est couronnée par un clocher sur base carrée en brique surmontée d'une flèche néo-gothique en béton armé ajouré. En 1995, la chapelle est inscrite au titre des monuments historiques⁸⁶⁸.

4.3.6 Chapelle de l'institution Sainte-Marie, Cholet (Maine-et-Loire), 1925-1927



149 Chapelle Sainte-Marie, Cholet.
Coupe transversale.
CAAC. BAH-18-1925-08517. 76 IFA 110/29.

Dans la deuxième moitié des années 1920, les architectes locaux Vincent Benaitreau (1884-1945) et Charles Arnault (1890-1950)⁸⁶⁹ construisent la chapelle de l'institution Sainte-Marie de Cholet, fondée au tout début du XX^e siècle. Elle s'inscrit dans les types courants pour ce type de programme, avec ses deux niveaux et le profil général qui rappellent la chapelle du séminaire de Voreppe. Le montant des travaux de 350.000 francs est à peine plus important que celui de l'église de Montmagny, mais les ambitions sont plus grandes en termes de surface.

Pour des raisons financières, mais aussi à cause d'un chantier en site occupé et du manque de main d'œuvre spécialisée, il est décidé d'utiliser le béton armé avec l'appui du bureau d'études Hennebique. Les architectes défendent le choix du procédé constructif en expliquant qu'il est impossible d'utiliser des matériaux plus nobles dans le contexte économique donné⁸⁷⁰. Ils appliquent une austérité systématique, en éliminant toute

⁸⁶⁸ Référence Mérimée PA00135257.

⁸⁶⁹ CHAILLOU Françoise, PÉNEAU Jean-Pierre, NICOLAS Chantal. *Les architectes des régions Bretagne-Pays de Loire dans la première moitié du XX^e siècle*. [Rapport de recherche] 254/84, Ministère de l'urbanisme et du logement / Secrétariat de la recherche architecturale ; Ministère de la recherche et de l'industrie ; Centre de recherches méthodologiques d'architecture (CERMA). 1984.

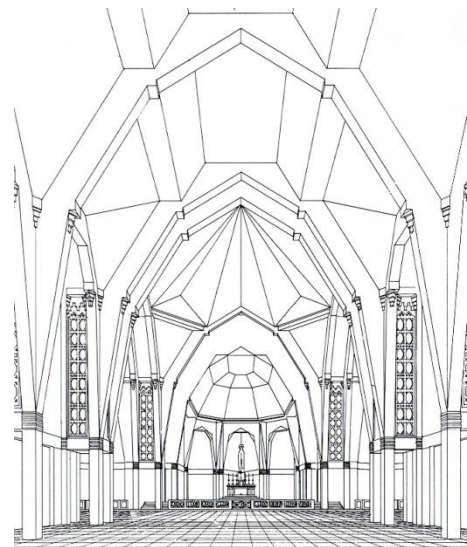
⁸⁷⁰ ARNAULT Charles. Églises en béton armé. Sainte-Marie de Cholet. In : *Le Béton armé*, N° 255, mai 1929, p. 445.

décoration sculpturale et en se concentrant sur un principe architectural qui leur est inspiré par le gothique, à savoir l'ossature indépendante des façades. Le plan de l'édifice est rectangulaire, avec une nef d'environ 10 m par 30 m. Au premier niveau, semi-enterré, se trouve une salle des fêtes pour 300 élèves. Elle est couverte par une dalle en béton armé reposant sur des poutres principales transversales doublées de solives placées dans le sens longitudinal. Au-dessus, la chapelle proprement-dite dispose d'une ossature à cinq travées, de forme intérieure parabolique brisée par des entrails horizontaux. Ces travées s'expriment en façade par des saillies surmontées de pinacles rectangulaires rappelant des contreforts, en référence au répertoire des formes traditionnelles pour une église.

Sur l'extrados, l'ossature de la nef prend le profil d'une toiture à deux pans et forte pente avec un faux-coyau. Le contreventement de l'ossature est réalisé par des dalles inclinées qui forment à la fois le plancher intérieur et le support pour la couverture en ardoises. Admirateurs déclarés des églises de Montmagny et du Raincy, les architectes ne veulent pas pour autant les copier. La leçon qu'ils retiennent de Perret est l'utilisation d'un volume minimal de béton armé pour couvrir un maximum d'espace avec la plus grande gracilité structurelle. Sans protection patrimoniale, la chapelle reçoit à la fin du XX^e siècle une extension en rupture avec son écriture architecturale.

4.3.7 Église de l'Immaculée Conception, Audincourt (Doubs), 1929-1932

Associé à l'architecte Marcel Hézard de Montbéliard pour la conduite des travaux, Dom Bellot reconstruit cette église dans le Doubs à la place d'un lieu de culte datant de la deuxième moitié du XIX^e siècle. Le plan est une grande croix latine avec une nef à trois travées délimitées d'arcs segmentés en béton armé sur les directions transversale et longitudinale. Ces derniers prennent appui près des murs des façades pour créer l'impression de bas-côtés, soulignée aussi par des alvéoles triangulaires sur une faible hauteur. Le transept reçoit aussi en partie basse ces décrochements, tout comme le fond du chœur. L'intérieur de l'église est marqué par la présence de la structure en béton armé étudiée par le bureau Hennebique, c'est-à-dire des arcs transversaux en éléments rectilignes reliés avec des poutres sur la direction longitudinale et des plafonds inclinés de seulement 4 cm d'épaisseur.



150 L'Immaculée Conception, Audincourt.
Dessin de l'espace intérieur, Dom Bellot, mars 1929.
Dom Bellot, moine-architecte.

Le profil extérieur des arcs et plafonds est épousé par une charpente en métal très réduite en dimensions, qui supporte un voligeage en bois et une couverture traditionnelle en tuiles.

Une particularité structurelle due à l'emploi du béton armé doit être notée au niveau de l'abside du chœur, qui est un monolithe formé de demi-arcs instables exerçant une poussée horizontale sur l'arc

de triomphe. Sous la pression, ce dernier est incapable résister et tend à se pencher vers l'intérieur de la nef. L'équilibre est trouvé en regroupant les quatre demi-arcs sur une clef de voûte en « rotule » qui dirige ensuite les efforts vers une « fourchette » à deux bras. Cet élément transmet à son tour la charge horizontale à une « poutre » plus large que haute qui retrouve sur les côtés les deux files d'arcs longitudinaux de la nef et dissipe ainsi les poussées.

À gauche de l'entrée, s'implante la tour clocher sur plan carré, intersectée en sa partie supérieure avec un cylindre segmenté abritant les cloches, et surmontée d'une flèche octogonale. Les fenêtres sont des claustras en béton pré-moulés qui, pour le transept, sont doublés à l'intérieur d'une dentelle géométrique en béton armé. D'autres claustras remplissent transversalement l'espace entre la façade et les arcs. Deux artistes de l'Arche interviennent sur ce chantier. Valentine Reyre réalise le vitrail de la rosace occidentale, alors que Henri Charlier est l'auteur de l'autel et d'une statue de la Vierge⁸⁷¹.

À la différence d'autres exemples de Bellot situés dans le Nord, la brique est moins adaptée pour cette église en Franche-Comté, en raison du coût et du caractère architectural régional. Ainsi, le remplissage de l'ossature est une double paroi, en dalles de pierre reconstituées de 6 cm d'épaisseur accrochées par des fers en attente sur l'ossature à l'extérieur, un vide isolant de 11 cm et un mur intérieur de deux briques, soit 22 cm⁸⁷². Il s'agit d'une interprétation rappelant la double paroi d'Anatole de Baudot.

Nous pouvons remarquer la logique constructive qui conduit l'architecte dans le choix des formes. Pour lui, une église d'une certaine dimension doit être construite en béton armé : « Quand on a quinze mètres à franchir ou plus, l'architecture en concassé s'impose : coffrages droits, fers droits-tels qu'ils arrivent - calculs plus simples, exécution moins coûteuse »⁸⁷³. En effet, aucun élément courbe n'est mis en œuvre dans la structure. Comme dans l'architecture actuelle, où les surfaces les plus complexes se décomposent en triangles afin d'être réalisables, Bellot schématise les archétypes de l'espace chrétien et les transforme en éléments de décor. L'église est inscrite en totalité au titre des monuments historiques en 2009, puis classée quatre ans plus tard⁸⁷⁴.

4.3.8 Chapelle du Petit séminaire du Sacré-Cœur, Voreppe (Isère), 1931-1933

Diplômé en 1923 de l'école des Beaux-Arts de Paris⁸⁷⁵, Pierre Pouradier-Duteil (1897-1961) réalise au début des années 1930, près de Grenoble, une œuvre aussitôt remarquée. Le séminaire de Voreppe est conçu selon une disposition des bâtiments en demi-octogone, combiné avec une implantation en Y, inspirée du château de Karlsruhe. À la différence de ce dernier, un corps bâti central supplémentaire se place ici vers l'intérieur de la composition : la chapelle.

⁸⁷¹ GUILLEBAUD Dom Henri. Une église de Dom Bellot. L'Immaculée Conception d'Audincourt. In : *L'Art Sacré*, N° 12, juin 1936, pp. 181-184.

⁸⁷² Une église moderne, l'Immaculée Conception d'Audincourt. In : *Le Béton armé*, N° 305, 1933 p. 876.

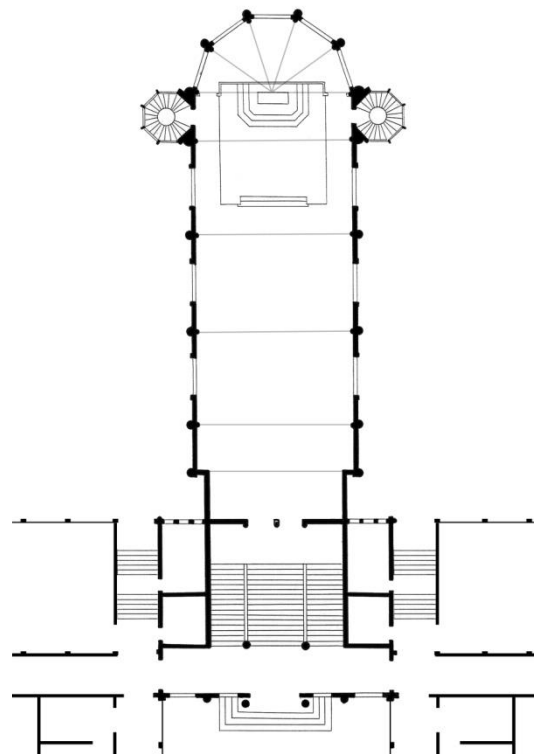
⁸⁷³ CULOT Maurice, MEADE Martin (dir.). Op. Cit., p. 181.

⁸⁷⁴ Référence Mérimée PA25000065.

⁸⁷⁵ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Pierre Pouradier-Duteil. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00284258> (Consulté le 10 août 2023).

Cette chapelle réalisée en béton armé est qualifiée par Albert Laprade « d'âme de ce grand corps »⁸⁷⁶ qui est le séminaire, une véritable « cité religieuse » moderne remarquée immédiatement pour son plan « dégagé de toute réminiscence historique »⁸⁷⁷. La chapelle est retenue également par Ferdinand Pfammatter dans sa thèse sur les églises en béton armé⁸⁷⁸.

Dessinée sur la base des proportions de la Sainte Chapelle de Paris, la nef unique sans points d'appui intermédiaires s'inspire fortement de Sainte-Thérèse de Montmagny d'Auguste Perret, selon Pouradier-Duteil⁸⁷⁹. Ainsi, une suite de voûtes surbaissées couvre le vaisseau. Leur courbure est double mais presque imperceptible dans le sens longitudinal, ce qui crée l'effet d'une voûte unique, interrompue par des poutres cintrées en béton armé intégrant des claustras. Les voûtes sont doublées à l'intérieur par des panneaux isolants à rôle thermique et acoustique. En revanche, les éléments porteurs traversent la façade et ne sont perceptibles à l'intérieur que sous forme de colonnes engagées. Sur les murs, les claustras accueillant les vitraux de Marguerite Huré présentent une proportion verticale prononcée, alors que Perret préfère le carré. Une abside pentagonale termine l'espace du vaisseau au niveau du chœur, lui aussi entouré de claustras. Les parties pleines des murs sont en béton de mâchefer, enduit afin d'assurer une isolation thermique jugée satisfaisante pour l'époque.



151 Chapelle du Petit séminaire, Voreppe.
Plan du niveau principal de la chapelle
Dessin : l'auteur, d'après Pfammatter, *Betonkirchen* et
L'Architecture, 15 août 1935.

En volumétrie, le niveau inférieur ayant un rôle de socle augmente le caractère monumental et svelte de l'édifice, selon le modèle de la Sainte Chapelle de Paris repris aussi à Saint-Yves de Saint-Brieuc. Deux escaliers hélicoïdaux symétriques assurent le lien entre ces niveaux, de part et d'autre du chœur.

L'élancement vertical est souligné par les pilastres porteurs qui rythment les façades sur toute leur hauteur. Les pinacles qui les surmontent entourent l'extrados de la voûte plate en rappelant la tradition gothique.

Une haute flèche pyramidale en béton apparent est posée sur le clocher situé hors d'œuvre, dans l'axe de la chapelle mais sur le toit d'un bâtiment du séminaire.

⁸⁷⁶ LAPRADE Albert. *L'Architecture dans nos provinces française, l'œuvre de Pouradier-Duteil dans le Dauphiné*, en collaboration avec Raymond Busse. In : *L'Architecture*, 15 août 1935, pp. 285-298.

⁸⁷⁷ POSENER Julius. La cité religieuse. In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, 1934, pp. 62-65.

⁸⁷⁸ PFAMMATTER Ferdinand. Op. Cit., pp. 48-50.

⁸⁷⁹ POURADIER-DUTEIL Pierre. Le Séminaire de Voreppe. In : *L'Art Sacré*, N° 5, novembre 1935, pp. 21-22.

4.3.9 Saint-André et Sainte-Jeanne-d'Arc de Fétilly, La Rochelle (Charente-Maritime), 1935-1937

Sur un plan à nef centrale sans collatéraux, l'église Saint-André et Sainte-Jeanne-d'Arc de Fétilly annonce par sa simplicité les églises des années 1950. L'architecte Hubert Blanche de Feydeau⁸⁸⁰ est l'auteur de ce projet dont la construction s'étale de 1935 à 1937⁸⁸¹. Cinq travées constituées d'arcs polygonaux en béton armé forment l'espace de la nef qui est couverte de plafonds inclinés suivant le squelette structurel.

Dans chaque travée, des arcs similaires supportent dans la direction transversale des pseudo-pénétrations traduites par des pignons sur les façades latérales. Ce dispositif crée, à l'intérieur, des alvéoles dont l'effet d'isolation est supprimé par l'aménagement de passages. En d'autres termes, l'architecte réduit les collatéraux à de simples circulations. L'influence de l'église de l'Immaculée-Conception d'Audincourt par Dom Bellot est manifeste dans ce schéma. Aux deux extrémités de la nef, une travée supplémentaire est prévue pour le chœur à chevet plat et le narthex.

Les toitures à deux fortes pentes épousent la forme des arcs et se traduisent par des pignons. À gauche de la façade principale percée d'un simple portail en plein cintre surbaissé, le clocher sur plan carré culmine avec une toiture aplatie à grands débords. Les façades sont réalisées en pierre, mais à l'intérieur, l'ossature en béton armé est enduite et sa géométrie anime l'espace. Des claustras positionnés entre les travées au niveau des pseudo-pénétrations représentent le seul décor architectural. L'église est inscrite en 2002 au titre des monuments historiques⁸⁸².



152 Saint-André et Sainte-Jeanne d'Arc de Fétilly, La Rochelle.
Vue schématique intérieure vers la tribune de l'orgue.
Dessin : l'auteur.

⁸⁸⁰ FLOURET Jean. *L'église Saint-André-Sainte-Jeanne-d'Arc à La Rochelle - Fétilly 1936-1986*. La Rochelle : éditions de l'église Saint-André-Sainte-Jeanne-d'Arc, 1986.

⁸⁸¹ BLOMMÉ Yves. Art. Cit.

⁸⁸² Référence Mérimée PA17000047.

4.4 Églises à plan allongé et coupoles

À la base de la conception de ces églises se trouve le plan allongé traditionnel pour le culte catholique, sur lequel sont ajoutés des éléments caractéristiques du plan centré. Il s'agit d'une catégorie qui présente relativement peu d'homogénéité stylistique d'aspect en raison de la multitude de variations. L'élément qui réunit ces exemples est l'usage des dômes ou coupoles créant un effet spatial de centralité.

4.4.1 Saint-Maurice de Bécon-les-Bruyères, Courbevoie (Hauts-de-Seine), 1907-1910

Julien Barbier (1869-1940) exprime pour la première fois sa « conception d'une architecture religieuse moderne au service de la foi régénérée »⁸⁸³ à Saint-Maurice de Bécon-les-Bruyères à partir de 1907. Ancien élève de Victor Laloux et Louis-Jules André⁸⁸⁴, il recherche son inspiration dans les modèles paléochrétiens et du haut Moyen Âge. Toutefois, cette église est davantage un exemple d'usage du béton armé comme moyen de réduction du coût de la construction dans une démarche typique pour cette époque d'hésitations. Le béton est alors un substitut bon marché des matériaux considérés nobles, comme la pierre de taille. Barbier n'exploite ses qualités qu'à l'intérieur des chemins battus, c'est-à-dire par des formes traditionnelles. Quelques détails de volume et décor illustrent, en revanche, un timide changement de paradigme, qui permet d'affirmer la présence du nouveau matériau.

La composition de volumes dégage une cour d'entrée sur la rue. En retrait par rapport à l'alignement, l'église est accompagnée sur la gauche par le presbytère. Ce dernier ferme la cour avec sa façade latérale. Sur la droite, le logement du sacristain joue un rôle similaire mais son volume est moins important. Aucune symétrie n'est recherchée dans cette composition de volumes. Uniquement au niveau supérieur, où le pignon fermant la nef se dresse, l'architecte signale le caractère monumental et symbolique de l'édifice par un traitement axial. Cette élaboration architecturale montre l'affection de Barbier pour le vernaculaire et le faux arbitraire, ce qui le situe comme un précurseur du courant régionaliste.

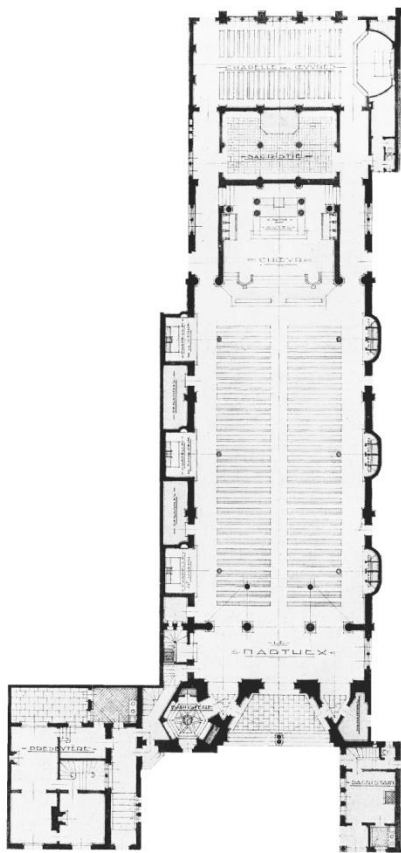


153 Saint-Maurice, Bécon-les-Bruyères. Vue sud-ouest avec le campanile et la façade latérale complètement épurée de l'église. Photo : l'auteur, 2017.

⁸⁸³ CAPPRONNIER Jean-Charles, FOURNIS Frédéric, GÉRARD Alexandra, TOUZET Pascale. Art. Cit.

⁸⁸⁴ CROSNIER LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Julien (Jules) Barbier. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00280145> (Consulté le 10 août 2023).

Derrière un porche à plan demi-hexagonal et un narthex, le plan se développe en profondeur avec une seule nef sans collatéraux, flanquée à gauche de chapelles et débarras et à droite de niches abritant les confessionnaux. Il s'agit d'une recherche d'espace dégagé d'obstacles typique pour le plan centré. Au-delà du chœur, une sacristie et une chapelle des œuvres trouvent leur place dans cet agencement longitudinal. Pour des raisons d'économie, l'architecte met en œuvre une ossature en béton armé remplie de doubles parois en briques, alors que les coupoles sur pendentifs qui couvrent la nef sont en briques creuses. Ces coupoles contribuent à l'impression de centralité de l'espace, malgré leur enfilement. Les cloisons doubles disposent de connections, tous les mètres, par une pose en boutisse des briques⁸⁸⁵. Les colonnes intérieures sont en béton armé. Tout l'intérieur est uniformisé par un enduit, avec des faux-joints dessinés pour simuler la pierre de taille.



154 Saint-Maurice, Bécon-les-Bruyères.
Plan général.
L'Architecte, N° 5, 1912.

L'architecte réserve les moellons pour la façade principale. Elle est conçue comme un pignon à redents surmonté d'un clocher en double bâtière. Au niveau inférieur, deux arcs en plein cintre délimitent le porche, soutenus par une mince et basse colonne centrale à chapiteau cubique roman. Les arcs sont placés au centre de la nef, mais le baptistère sur la gauche est marqué par son propre tympan, tandis que sur la droite, le logement du sacristain les juxtapose, créant un registre inférieur asymétrique.

Un relief monumental de Camille Debert (1867-1935) représentant le Christ crucifié, avec Marie et Jean à ses pieds, décore la zone supérieure de la façade. Les quatre symboles des évangélistes entourent le Christ (ange, taureau, lion, aigle), alors que huit anges agenouillés identiques remplissent des rectangles au niveau de chaque redent. Tous ces reliefs secondaires ne sont plus présents aujourd'hui. La particularité de l'œuvre réside dans l'emploi du béton pour les figures accessoires, ce qui rapproche Debert, futur spécialiste des monuments aux morts de la Première Guerre mondiale, de l'œuvre plus vaste d'un autre sculpteur en béton, Carlo Sarrabezolles.

Un campanile à bâtière, construit près du chevet de l'église, indique moins vaguement sa structure en béton armé derrière les formes d'inspiration médiévale. Le rapport entre plein et vide et la finesse des montants, contreforts ou corbeaux ne peuvent être compatibles qu'avec le béton armé. En même temps, les façades latérales de l'église ne bénéficient d'aucun décor et laissent comprendre le mode constructif.

⁸⁸⁵ *L'Architecte*, N° 5, 1912, p. 40 et planches XXVIII-XXX.

Dans la critique de l'art sacré des années 1950, l'église Saint-Maurice est considérée comme « un net progrès sur Saint-Jean de Montmartre »⁸⁸⁶, car la conception s'affranchit des conventions du passé, oubliant les « habitudes archéologiques ». Son mérite résiderait dans l'insertion réussie « dans le milieu petit bourgeois de ces villas de banlieue cossue ». C'est le point de vue typique de cette époque qui, appliquant l'étalon moderniste, voit encore un échec dans l'église d'Anatole de Baudot.

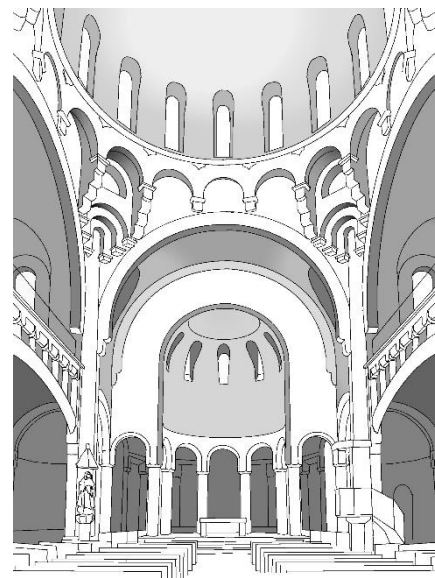
Après l'accomplissement de ce chantier, Barbier devient un spécialiste reconnu de l'architecture religieuse en tant que maître d'œuvre ou consultant. Il dessine de véritables plans centrés à Saint-Rémi de Limé et Sainte-Jeanne-de-Chantal. En fin de carrière, il construit l'église Notre-Dame-des-Otages de Paris⁸⁸⁷ comme un hommage à sa première œuvre. La façade principale incluant une tour couverte en bâtière et la nef unique sans appui intermédiaire comportant des arcs diaphragmes sont, dans ce cas, directement inspirées de l'église de Bécon-les-Bruyères.

4.4.2 Saint-Dominique, Paris, 1913-1921

L'église Saint-Dominique est construite rue de la Tombe-Issoire à Paris entre 1913-1921. Son architecte, Georges Gaudibert (1875-1965) est un ancien élève de Julien Guadet et Charles Genuys à l'école des Beaux-Arts et obtient la commande dans le cadre d'un concours⁸⁸⁸. Comme à Saint-Louis de Vincennes, les travaux sont retardés par la guerre. Ces deux églises illustrent les premières expériences qui mettent à l'épreuve le béton armé afin d'obtenir des espaces de culte libres de points d'appui.

Située sur un terrain ouvert sur trois côtés, l'église est accompagnée d'un presbytère, dans une composition de volumes dissymétrique et originale. Le lieu de culte occupe l'un des côtés latéraux, sur une disposition en croix latine. Le reste de l'ensemble bâti est placé sous un toit plat qui ne contrarie pas la volumétrie dominante de l'église.

En plan, la croisée est dominée par une grande coupole qui crée une centralité de l'espace. L'hésitation entre les types centré et basilical est visible dans les tribunes situées au niveau du faux-transept, qui orientent l'espace sur la direction longitudinale vers le chœur. Ce dernier est placé dans une abside couverte en cul-de-four, où une colonnade le sépare du déambulatoire. Toute l'ossature porteuse de l'église est réalisée en béton armé, lisible



155 Saint-Dominique, Paris. Vue vers l'autel.
Dessin : l'auteur.

⁸⁸⁶ SJÖBERG Yves. Op. Cit.

⁸⁸⁷ Chantier mené entre 1936-1938.

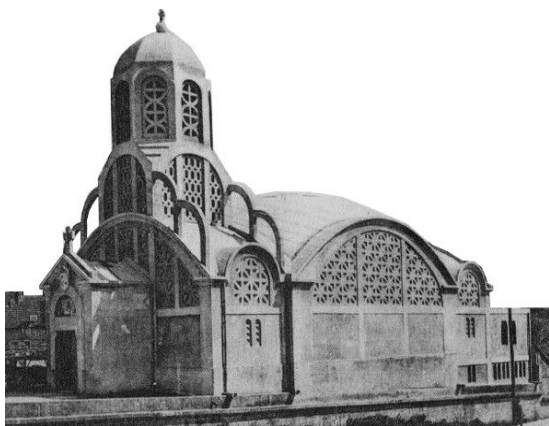
⁸⁸⁸ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Georges Gaudibert. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00277390> (Consulté le 10 août 2023).

notamment dans les dalles à caissons des tribunes, de même que dans les arcs surbaissés à montants ajourés façon Vierendeel qui les soutiennent du côté de la nef. Le squelette peut s'identifier aussi dans le gabarit des arcs en plein cintre et leur naissance sur des encorbellements encastrés dans les piles.

Un détail remarquable se trouve dans le passage du plan carré au plan circulaire de la coupole, par des trompes en arcs à encorbellements successifs. L'intérieur dispose à l'origine d'un décor géométrique peint au pochoir mettant en valeur les lignes de force des éléments de structure⁸⁸⁹, mais il a disparu au bénéfice d'une peinture jaune. Les façades sont traitées en brique apparente et pierre, alors que l'extrados du dôme et des voûtes sont, à l'origine, en béton laissé brut⁸⁹⁰. Ce dernier est aujourd'hui recouvert d'une couverture en zinc.

4.4.3 Notre-Dame-de-Bethléem, Clamecy (Nièvre), 1924

Le projet pour l'église Notre-Dame de Bethléem à Clamecy est dessiné par Georges Théodore Renaud (1875-1947), architecte formé à l'école des Beaux-Arts de Paris, actif principalement dans la Nièvre⁸⁹¹. Adeptes du béton armé, ils réalisent avec ce matériau le monument du Mont Charlet à Chiddes, un squelette en forme de clocher avec des éléments de vocabulaire gothique. En revanche, pour rappeler les évêques de Bethléem exilés à Clamecy, il s'inspire de la tradition orientale et byzantine dans le plan et la volumétrie de cette église entièrement en béton armé apparent.



156 Notre-Dame-de-Bethléem, Clamecy. Vue nord-ouest
Carte postale, années 1930.

Une nef carrée couverte d'une calotte de dôme reposant sur quatre arcs aplatis définit son plan quasi-centré. La voûte est décorée d'une croix de Jérusalem en pavés de verre qui laissent pénétrer la lumière. Deux travées couvertes de segments de voûte en plein cintre sur les extrémités prolongent l'espace avec le narthex et le chœur. Ce dernier dispose d'une abside couverte d'une voûte en cul-de-four décorée d'une grande étoile en pavés de verre, alors que le narthex est surmonté d'un clocher bas sur plan octogonal couvert d'un dôme en béton apparent.

Un petit porche couvert d'une toiture à deux pans forme le volume d'entrée. Tout l'intérieur, libre de points d'appuis, est réalisé en béton apparent brut d'une extrême austérité. Seuls les garde-corps du chœur légèrement surélevé et les claustras animent l'espace. Ils partagent le même dessin en croix de Saint-André et Saint-Georges superposées.

⁸⁸⁹ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., p. 134, fig. 74.

⁸⁹⁰ Idem, p. 282, fig. 217.

⁸⁹¹ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Georges Théodore Renaud. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00282526> (Consulté le 10 août 2023).

L'ossature en béton armé est lisible sur les façades, encadrant en partie haute des claustras de grandes dimensions mais à réseaux épais. Sur les voûtes, aucune étanchéité n'est prévue à l'origine. Des arcs décoratifs sur les deux limites de la travée du narthex réalisent un lien avec le clocher. Par son vocabulaire architectural d'inspiration byzantine adapté aux traditions catholiques par le clocher-porche, ainsi que par l'expression sincère de l'espace intérieur dans les façades et l'usage du béton brut, cet édifice compte parmi les plus audacieux de cette époque. Il s'agit d'une paraphrase de l'église du Raincy sur un plan hybride, mais sans caractère de manifeste. Désacralisée en 1966, l'église est inscrite en 2000 au titre des monuments historiques⁸⁹². Un an plus tard, la commune devient propriétaire du bâtiment, qui se voit attribuer aussi le label « patrimoine du XX^e siècle ».

4.4.4 Saint-Chrysole, Comines (Nord), 1925-1929

L'ancienne église de Comines est détruite au cours de la Première Guerre mondiale. En 1922 Maurice Storez est nommé architecte pour la reconstruction du lieu de culte⁸⁹³. Il est fondateur pendant la guerre du groupement d'artistes et artisans catholiques *l'Arche*, avec Valentine Reyre, Sabine Desvallières, Luc Lanel, Jacques Droz et puis Dom Bellot. Dans le statut de l'association, ils expriment leur souhait de remettre l'art au service de Dieu et d'orner les églises « sans vaine originalité, mais avec toutes les ressources de l'art de notre temps »⁸⁹⁴. Peu après avoir dessiné une première variante de plans, Storez fait visiter aux membres du conseil municipal de Comines l'abbaye Saint-Paul d'Oosterhout construite par Bellot, afin de promouvoir une approche similaire en brique. En raison du mauvais sol nécessitant des fondations coûteuses et dans le contexte d'incertitude sur le paiement des dommages de guerre par l'Allemagne, l'architecte redessine ses plans en 1923, avec le concept d'une ossature en béton armé dont le remplissage en briques et moellons est réservé à Bellot. Cependant, le financement est refusé par l'État parce que le projet prévoit une église plus grande et plus complexe que celle détruite. Storez est forcé de remanier le projet.

Dans un partage de maîtrise d'œuvre suscité par la quête de perfection selon les principes de *l'Arche*, Maurice Storez est l'auteur du projet global et du volume, alors que Dom Bellot assure la maîtrise d'œuvre de la décoration, du mobilier et du maître-autel en ciment armé. C'est son premier chantier en France.

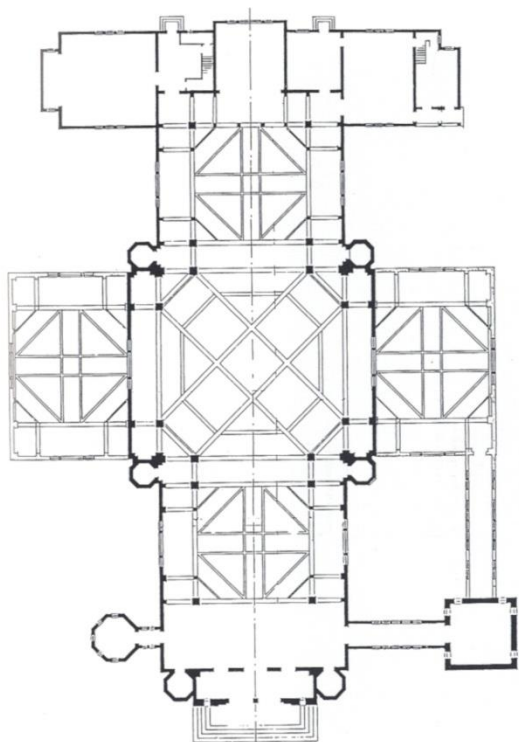
L'évolution des plans illustre les modifications dues au passage d'une structure maçonnée à une ossature en béton armé. Dans la première version, Storez propose une disposition en croix latine, avec une nef définie par une seule et grande travée en arc en plein cintre et une croisée couverte d'un dôme sur plan octogonal. Les deux transepts droits, très larges mais peu profonds, sont conçus comme des chapelles. Le maître-autel est implanté au centre du chœur, entouré d'un déambulatoire

⁸⁹² Référence Mérimée PA58000015.

⁸⁹³ SCHOONHEERE André. La reconstruction de l'église Saint-Chrysole de Comines-France par les architectes Maurice Storez et Dom Paul Bellot (1922-1938). In : *Mémoires de la société d'histoire de Comines-Warneton et de sa région*, 1980, tome X, fascicule 2, pp. 423-475.

⁸⁹⁴ Statuts de l'Arche du 24 février 1919.

continué avec le clocher et trois salles sur ses côtés qui dessinent une nouvelle croix. Vu l'épaisseur des murs et piliers, c'est la maçonnerie qui est envisagée. Dans la deuxième variante, le clocher devient indépendant à droite de l'entrée et se relie à l'édifice par deux portiques refermant une cour cloîtrée. La nef reçoit trois travées voûtées d'inspiration traditionnelle. Des piliers de section circulaire soutiennent désormais l'ensemble le dôme central, surmonté à l'extérieur d'une toiture pyramidale comme dans la première version. Par leur aspect géométrique et décoratif, les élévations intérieures et extérieures, de même que le dessin des baies, sont marquées par l'influence de Dom Bellot, mais les murs restent d'épaisseur importante.



157 Saint-Chrysole, Comines. Plan.
Dom Bellot, moine-architecte.

La troisième variante du projet montre une disposition simplifiée et rationalisée, où l'ossature en béton armé devient lisible par les sections plus fines des points porteurs et la répétition des éléments architectoniques. Storez revient à une nef à travée unique, identique en plan aux deux bras du transept et au chœur. Chacun de ces quatre modules se présente en volumétrie extérieure comme un cube flanqué de deux parallélépipèdes plus bas assimilables à de faux-transepts. À l'intérieur, l'espace central correspondant au cube est délimité par quatre arcs en plein cintre qui supportent des pendentifs effectuant le passage vers un plancher à plan octogonal. Ce dernier repose sur quatre poutres entrecoupées qui dessinent une croix. La croisée est constituée de quatre voûtes périphériques en berceau, sur une très faible largeur de travée, qui entourent le dôme octogonal reposant sur les nervures en saillie de l'ossature.

Il s'agit ici d'une approche assez complexe qui ne recherche pas la sincérité des formes, car l'ensemble des arcs et voûtes s'inscrit dans des volumes cubiques, à toit terrasse. Dans la variante finale, le transept n'est pas réalisé⁸⁹⁵.

L'entreprise Rateau de Lille est chargée de réaliser les plans d'exécution et le gros-œuvre. Pour les fondations, la solution qu'elle retient est un radier situé à 1,75 m de profondeur et renforcé par des nervures. Après des découvertes archéologiques qui retardent les travaux, la structure est achevée en dix mois, avec des armatures provenant d'Allemagne au titre des dommages de guerre. Pendant le chantier, l'architecte décide de remplacer les charpentes en bois prévues pour le baptistère, le cloître et

⁸⁹⁵ CULOT Maurice; MEADE Martin (dir.). Op. Cit., p. 19.

la sacristie par des toitures en béton armé et d'augmenter la hauteur du campanile. Ce dernier devient très imposant, avec un cylindre surmonté d'une toiture tronconique au sommet.

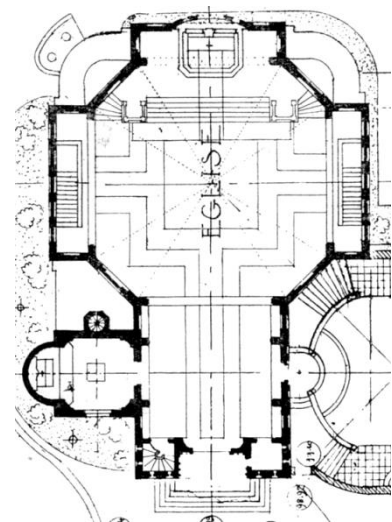
Les façades sont en remplissage de brique de Belgique et de Hollande et moellons de béton fabriqués sur place en diverses tonalités. Elles présentent aussi de grandes baies à remplages géométriques en béton armé. Un système de double paroi est employé pour les façades, avec une épaisseur de 22 cm à l'intérieur et de 11 cm à l'extérieur, séparées par un vide de 5 cm. Dans les moellons de 50/25/11 cm en béton teinté dans la masse, des réservations pour les armatures sont prévues.

Le dôme intérieur est doublé d'une coupole extérieure, ciselée pour s'approcher d'une forme sphérique par la multiplication des facettes au niveau supérieur. Sa structure en dalle de béton armé est recouverte de plaques céramiques décoratives. Quatre escaliers hélicoïdaux sont implantés aux angles extérieurs de la croisée dans des fûts octogonaux qui s'ajoutent aux deux qui flanquent l'entrée avec sa façade rectangulaire. Ces éléments surmontés d'édicules de couverture en béton apparent et des merlons font passer au deuxième plan la volumétrie cubique de la nef et du chœur. Les toits plats de ces deux derniers sont entourés, d'ailleurs, par des merlons en guise d'acrotère décoratif, coulés en même temps que l'ossature.

Cet exemple illustre l'adaptation de l'ossature en béton armé dans sa forme la plus banale sur un édifice de culte et à un degré de rationalité presque complet. À part quelques choix volumétriques et décoratifs, l'ossature exprime avec franchise les formes intérieures et leur fonction structurelle. En 2002, l'église de Comines est classée au titre des monuments historiques⁸⁹⁶.

4.4.5 Saint-Jean-Eudes des Sapins, Rouen (Seine-Maritime), 1926-1930

Sous la direction de l'architecte Robert Danis, l'église Saint-Jean-Eudes est construite en béton armé entre 1926-1930 dans le nouveau quartier rouennais de maisons pour familles nombreuses « Les Sapins ». Comme Auburtin à la cité-jardin du Chemin-Vert de Reims, Danis est aussi l'auteur du lotissement. Le plan de l'église est composé d'une base en croix latine, qui croise le transept avec une nef terminée en chevet plat. En revanche, les angles de la croisée sont annulés par des pans coupés qui dessinent un grand octogone irrégulier. Ce dernier englobe les bras du transept et le chœur, en les réduisant à une faible profondeur, ce qui rapproche le plan général du type centré. L'effet spatial de la croix latine est supprimé par la centralité créée par le dôme en béton translucide qui surmonte la base octogonale de la croisée. Avec ses centaines



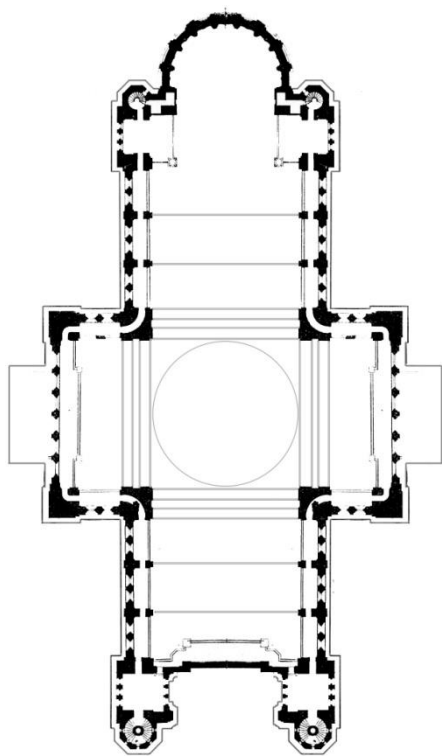
158 Saint-Jean-Eudes, Rouen. Plan.
La Construction moderne, N° 31, 1937.

⁸⁹⁶ Référence Mérimée PA59000075.

de pavés de verre posés en motifs décoratifs, il rappelle la coupole de la chapelle des sœurs de Saint-François d'Assise de Lyon, bâtie en 1923-1924 par Michel-Roux-Spitz. Il est aussi original par sa forme s'approchant de celle d'un dôme persan, bombé en bas et pointu en haut. Dom Roulin, qui visite l'église des Sapins en 1933, considère la lumière du dôme sensationnelle et exaltante⁸⁹⁷.

En volumétrie, le clocher excentrique sur plan carré domine l'ensemble habillé en brique et béton. Sa toiture pyramidale en béton apparent est pourvue de pavés de verre qui éclairent une chapelle située au dernier niveau. L'extrados en béton et verre du grand dôme central est laissé apparent à l'origine, comme toutes les autres toitures, mais il reçoit par la suite une couverture en cuivre qui annule son effet translucide. Une seule voûte couvrant une absidiole collée au clocher conserve un extrados en béton brut. L'église des Sapins est inscrite depuis 1998 au titre des monuments historiques⁸⁹⁸.

4.4.6 Basilique Sainte-Thérèse, Lisieux (Calvados), 1929-1939



159 Sainte-Thérèse, Lisieux.
Plan au niveau des galeries.
Dessin : l'auteur, d'après *La Construction moderne*,
N° 21-22, 1939.

Louis-Marie Cordonnier (1854-1940), ancien élève de Jules André à l'école des Beaux-Arts de Paris, commence sa carrière auprès de son père, architecte à Lille⁸⁹⁹ et réalise notamment les plans pour le palais de la paix à la Haye, siège de la Cour internationale d'arbitrage, inauguré en 1913. Cordonnier obtient également le premier prix au concours de projets pour la Bourse d'Amsterdam, mais c'est finalement le projet de Hendrik Petrus Berlage qui est retenu.

Cette grandiose basilique de Lisieux, comparable par sa taille au Sacré-Cœur de Montmartre, est conçue⁹⁰⁰ sur une ossature en béton armé invisible, mais perceptible dans les formes et volumes de l'espace intérieur⁹⁰¹. Un projet néo-gothique initialement dessiné par Julien Barbier est écarté après un désaccord avec le maître de l'ouvrage⁹⁰².

Sur une base de plan en croix latine combiné avec un plan centré, l'architecte dessine une composition symétrique emblématique pour la période. C'est autour de la croisée que s'ordonne l'espace. La nef unique traverse la croisée et dispose

⁸⁹⁷ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., p. 422.

⁸⁹⁸ Référence Mérimée PA76000038.

⁸⁹⁹ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Louis Marie Cordonnier. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00280637> (Consulté le 10 août 2023).

⁹⁰⁰ Louis-Marie Cordonnier associe au projet son fils Louis-Stanislas (1884-1960).

⁹⁰¹ BRAIVE Andrée et Georges. Basilique Sainte-Thérèse de l'Enfant Jésus à Lisieux. In : *La Construction moderne*, N° 21-22, 2 et 9 avril 1939, pp. 266-276.

⁹⁰² *Basilique Sainte-Thérèse de Lisieux* (brochure). Lisieux : Direction Tourisme Agglomération Lisieux Normandie, s.d.

de la même largeur que le transept. Leur intersection sur des arcs en plein cintre supporte par des pendentifs le tambour à galerie d'une monumentale coupole de 22 m de diamètre. De part et d'autre de la croisée, la nef se développe sur trois travées de 5,85 m d'interaxe, constituées d'arcs diaphragmes reposant sur des piles saillantes à l'intérieur de l'espace. En plein cintre vers l'intérieur et percés de baies, les arcs jouent le rôle de fermes en béton armé pour la charpente apparente. Une travée supplémentaire de transition s'ajoute sur les deux extrémités de la nef, l'une pour le narthex, l'autre pour commencer le chœur terminé en abside.

Au-dessus de la crypte qui est couverte partiellement de voûtes en plein cintre, le sol de la basilique repose sur un plancher en béton armé. Le dôme repose sur quatre piles creuses de section carrée abritant des escaliers.

Les terrassements sont très importants, avec un parvis nécessitant un mur de soutènement haut de 20 m, long de 250 m et reposant sur un radier large de 10 m. Sous la basilique, le bon sol de fondation doit être cherché à 25 m minimum de profondeur, par des puits cylindriques creux ou pleins en béton armé de 1,4 m de diamètre. Aux extrémités du transept, les puits augmentent à 5 m de diamètre, alors que la croisée est soutenue par quatre piles pleines en béton armé de la même taille.

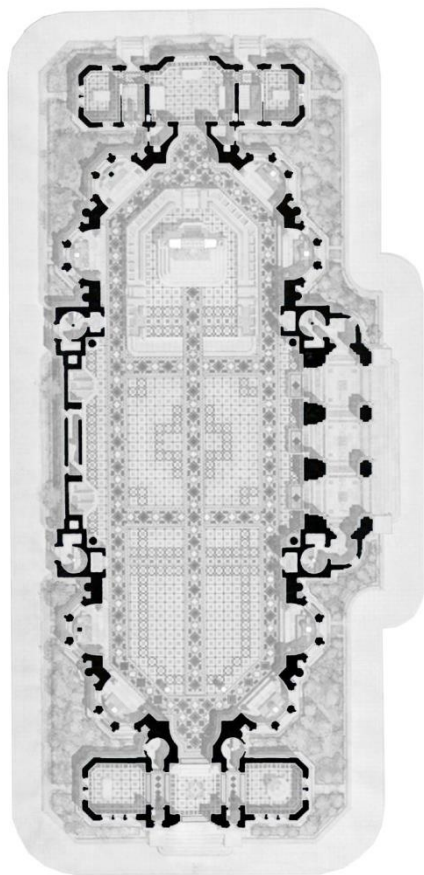
L'intérieur de la basilique est richement décoré en mosaïque d'inspiration byzantine par Pierre Gaudin. Les éléments de l'ossature en béton armé, notamment les arcs, sont mis en valeur par des motifs géométriques.

L'extérieur est entièrement recouvert de pierre, qui par la nature de son traitement lourd et éclectique ne permet pas de pressentir l'ossature en béton armé. L'usage de ce matériau en tant que vecteur de la démarche stylistique recherchée s'affirme subtilement dans les éléments architectoniques visibles et nécessite une analyse qui dépasse l'expérience de l'espace. Si des indices existent dans les gabarits, le graphisme des éléments, la simplicité des surfaces derrière la couche décorative, les plans et les coupes révèlent que les volumes massifs sont en réalité creux, comme à Saint-Pierre-de-Chailot ou Saint-Esprit.

Mis à part les évidentes raisons constructives et économiques, l'architecte voit dans le béton armé un matériau dont le monolithisme est parfaitement compatible avec celui du style byzantin-roman qu'il utilise, mais n'hésite pas à créer des éléments nouveaux, comme les arcs-fermes. Cet édifice monumental dont la décoration se termine seulement dans les années 1960, ainsi que son cadre immédiat (parvis, campanile, chemin de croix, aménagement paysager) sont classés ensemble, depuis 2011, au titre des monuments historiques⁹⁰³.

⁹⁰³ Référence Mérimée PA14000094.

4.4.7 Saint-Martin, Hénin-Beaumont (Pas-de-Calais), 1929-1932



160 Saint-Martin, Hénin-Beaumont.
Plan de l'église.
CAAC. BOUTT-E-27. 272 AA 105.

Église à coupole de dimensions monumentales, Saint-Martin est construite à partir de 1929 par l'architecte grand prix de Rome Maurice Boutterin (1882-1970)⁹⁰⁴, qui emploie une structure porteuse en béton armé. Le maître d'œuvre avait déjà dessiné en 1920 un projet de type et proportions semblables pour la basilique votive du Sacré-Cœur-de-Beauregard, dédiée par l'archevêque de Besançon aux franco-comtois morts au cours la Première Guerre mondiale, mais non construite⁹⁰⁵.

À Hénin-Beaumont, l'église Saint-Martin est située à l'emplacement d'un ancien lieu de culte détruit lors de la guerre. Son plan est un compromis du point de vue de la typologie, en raison du terrain étroit qui impose une disposition en longueur⁹⁰⁶. Ainsi, une grande coupole flanquée de deux demi-calottes couvrent la nef, dans une coupe longitudinale strictement symétrique qui s'inspire de celle de Sainte-Sophie de Constantinople, mais avec des effets spatiaux totalement différents⁹⁰⁷. Les deux extrémités de l'espace sont en forme d'absides pentagonales disposant chacune de cinq absidioles, à forme semi-circulaire vers l'intérieur et pentagonale vers l'extérieur.

Deux volumes rectangulaires et étroits d'annexes, articulés de part et d'autre, ferment l'agencement en longueur du plan. L'entrée principale de l'église est située sur la façade latérale sud, qui donne sur le seul espace urbain dégagé disponible⁹⁰⁸. Un porche bas indique ici le statut important de l'entrée.

Symétrique sur les deux axes, la composition de volumes est subordonnée au dôme central. Ce dernier, avec un tambour octogonal à pignons et une couverture en ardoises, est encadré de quatre clochetons. Ils sont surmontés de toitures bombées en béton et reposent sur des ressauts prévus dans les façades latérales qui sont percées de grandioses baies cintrées. Au niveau du chœur et de la nef, les angles des absidioles sont soulignés avec des colonnettes engagées qui s'intègrent dans la dominante verticale de la composition.

⁹⁰⁴ CAAC. Notice biographique de Maurice Boutterin (1882-1970). 272 AA. URL :

https://archiwebture.citedelarchitecture.fr/fonds/FRAPN02_BOUTT (Consulté le 10 août 2023).

⁹⁰⁵ CAAC. Fonds Boutterin Maurice. BOUTT-C-20-3. 272 AA 75. MB-DES-064-03-01. Basilique Sacré-Cœur-de-Beauregard.

⁹⁰⁶ CAAC. Fonds Boutterin Maurice. BOUTT-E-27. 272 AA 105. Doc. MB-DES-053-01-01. Église Saint-Martin, Hénin-Liétard (aujourd'hui Hénin-Beaumont, Pas-de-Calais) : plan de masse (éch. 1 : 50), s.d.

⁹⁰⁷ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., p. 340.

⁹⁰⁸ Il s'agit d'un terrain occupé par une construction détruite également par la guerre et non reconstruite, qui crée une place urbaine. Cf. carte de l'état major 1866-1920.

Dans l'écriture architecturale des façades, l'édifice se démarque par son statut urbain dominant qui, en raison de ses éléments décoratifs éclectiques, rappelle la basilique de Lisieux. L'ensemble des parements est réalisé en blocs préfabriqués de béton imitant la pierre, ce qui rapproche ce chantier des pratiques de Bérard et Nasousky.

Un élément original à l'intérieur est la transition entre les arcs en plein cintre et la coupole, effectuée par de faux-pendentifs en arcatures superposées à ressauts successifs. À la base du tambour circulaire, où une galerie est prévue, ces arcs de facture mauresque se réunissent. Plus haut, la coupole dispose de huit pénétrations paraboliques à œil-de-bœuf. Un deuxième dôme extérieur forme le support de la couverture. L'église est inscrite depuis 2003 au titre des monuments historiques⁹⁰⁹.

4.4.8 Sainte-Jeanne-de-Chantal, Paris, 1933

Construite à la Porte de Saint-Cloud dans le cadre des Chantiers du Cardinal, l'église Sainte-Jeanne-de-Chantal illustre l'évolution de la conception en matière d'architecture religieuse qui a lieu dans les années 1930. Les changements sont visibles, non seulement dans l'exception que l'architecte Julien Barbier fait par rapport à son approche régionaliste, mais aussi dans la simplification des formes et de la décoration. Commencé dans les années 1930, le chantier n'est achevé qu'en 1962, après avoir subi des bombardements pendant la guerre.

Le 29 janvier 1933, la première pierre est posée sur le terrain mis en location par la Mairie de Paris⁹¹⁰. Pourtant, les travaux n'avancent pas en raison des problèmes liés au métro dont les lignes passent sous la parcelle. Pour éviter des travaux de fondations trop coûteux, l'architecte propose une légère rotation de l'axe de l'église, qui n'est pas acceptée. Une nouvelle version du plan est présentée, mais les services administratifs demandent plus de monumentalité, entraînant Barbier sur une quatrième variante du projet⁹¹¹. En juillet 1934, le projet de façade est présenté au public après l'approbation par la Préfecture de la Seine. Le travail sur les plans est alors très avancé, selon la revue des Chantiers du Cardinal⁹¹². Le bureau d'études Hennebique réalise les plans de la structure en béton armé⁹¹³.

L'image révélée est celle d'une église inspirée du Moyen Âge roman, marquée par la coupole revêtue à l'extérieur d'une toiture conique surmontée d'un lanternon. Portant l'empreinte de la parfaite symétrie de composition par rapport à son axe longitudinal, l'église est accompagnée d'un clocher isolé, massif et opaque, sur plan rectangulaire. Uniquement quelques meurtrières percent ses murs en dessous des niveaux de l'horloge et des cloches, où une ouverture triple est délimitée par des colonnes à chapiteaux et bases romanes. Le toit du clocher est en forme de pyramide octogonale, couronné

⁹⁰⁹ Référence Mérimée PA62000002.

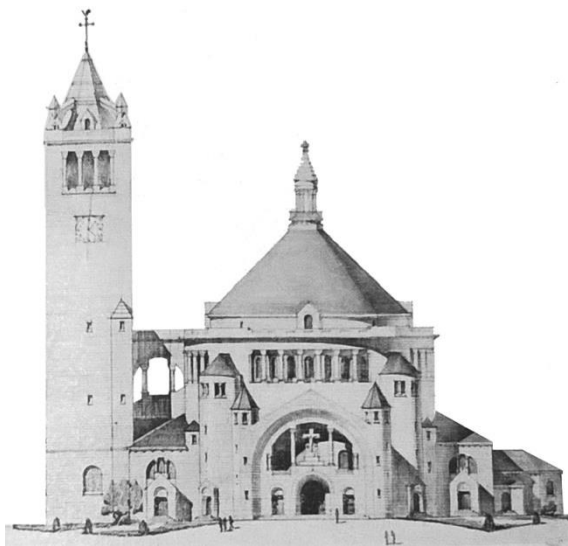
⁹¹⁰ *Le Christ dans la banlieue*, N° 6, 1933, pp. 28-29.

⁹¹¹ *Le Christ dans la banlieue*, N° 10, 1934, pp. 20-21.

⁹¹² *Le Christ dans la banlieue*, N° 11, 1934, p. 13.

⁹¹³ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-12-1934-48415. 76 IFA 3323/5. Église Sainte-Jeanne-de-Chantal, place de la Porte-de-Saint-Cloud, Paris. 1934. Plans, coupes, écrits.

d'une girouette et de quatre clochetons d'angle. Ces derniers sont reliés au toit principal par des arcs-boutants qui renforcent la référence médiévale. Le clocher isolé est lié à l'église par un pont en arc en plein cintre supporté par deux colonnes, un moyen d'unifier la composition des volumes.



161 Sainte-Jeanne-de-Chantal.
Projet de façade, juillet 1934.
Le Christ dans la banlieue, N° 10, 1934.

Sur le projet de façade principale se distingue un porche monumental similaire à celui de l'église du Sacré-Cœur de Dijon⁹¹⁴, construite par Julien Barbier à la même époque. Conçu comme un grand arc profond en plein cintre, limité à l'extrados par deux rampants, le porche est encadré par deux tours octogonales couvertes de toits pyramidaux. Dans la moitié inférieure de l'arc se trouve le dispositif d'entrée, avec son portail principal flanqué de deux portails secondaires moins imposants. La partie supérieure du porche allège l'ensemble par le vide qui crée un puissant effet de profondeur et qui met en valeur une grande croix centrale. Deux colonnes soutiennent l'arc à cet endroit et séparent l'élévation en trois registres verticaux correspondant aux portails inférieurs.

Dans le projet réalisé, Barbier économise les moyens d'expression architecturale. Le dialogue entre le clocher isolé et l'église est préservé, mais les deux sont désormais complètement séparés. Le clocher à ossature en béton armé prend des proportions plus élancées, mises en valeur par le positionnement de son plan rectangulaire parallèlement à l'église. Ceci permet de voir dans la façade principale de l'église le côté le plus svelte de la tour. Elle se compose d'un niveau inférieur plein en pierre reconstituée et d'un niveau supérieur à registres verticaux d'abat-sons. Aux angles, les murs de la tour se prolongent légèrement, créant un effet de pseudo-contreforts.

La façade principale de l'église présente un grand tympan triangulaire à deux versants, avec deux étroits prolongements latéraux terminés en acrotère. Inspiré par la façade de Saint-André de Mantoue par Leon Battista Alberti, Barbier utilise un grand arc en plein cintre à piédroits très hauts pour réaliser un découpage profond dans l'élévation. Il est accompagné à gauche et à droite par des arcs secondaires qui augmentent la dominante verticale. Des passages entre les trois zones créées sont pratiqués dans l'épaisseur du porche, comme à l'église d'Alberti. En revanche, le traitement décoratif est minimal, avec le même parement en pierre reconstituée que celui du clocher. Les arcs sont simplement soulignés par un contour saillant en béton enduit. À l'intérieur du porche, les surfaces sont traitées avec des cassettes creuses, rappelant celles du modèle italien.

⁹¹⁴ Inscrite au titre des monuments historiques en 2012. Référence Mérimée PA21000071.

En plan, la grande nef centrale de l'église se développe sur cinq travées étroites. Elles sont délimitées par des piliers massifs de section carrée qui, à leur tour, définissent deux bas-côtés très peu profonds. Ces derniers s'apparentent aux chapelles latérales de facture jésuite, en raison des piles transversales qui s'avancent jusqu'à la moitié de leur largeur. Un transept d'une largeur équivalente à celle du vaisseau central crée un espace central couvert par un dôme sur pendentifs d'inspiration byzantine. Le chœur a une profondeur comparable à celle de la nef et se termine par une abside couverte d'une voûte en cul-de-four. Dans la lecture de l'espace intérieur, la croisée dominée par le dôme produit l'effet d'un plan centré.

En avril 1935, les pieux en béton sont battus sous la surveillance de l'architecte, avec un soin particulier pour éviter l'atteinte des tunnels de métro. Par la suite, l'entreprise Piketty coule le radier pour finaliser les travaux d'infrastructure. Pendant la première tranche de travaux il est également prévu de construire une partie des sacristies définitives et la chapelle absidiale avec une extension provisoire permettant l'exercice du culte⁹¹⁵. Le cardinal Verdier visite souvent le chantier incognito, accompagné de prélats de passage à Paris, pour voir l'avancement rapide du chantier⁹¹⁶.

4.4.9 Sacré-Cœur, Gentilly (Val-de-Marne), 1933-1936

Au sud de Paris, la « zone » de Gentilly est dominée au début des années 1930 par l'implantation de la Cité internationale. L'abbé Robert Picard de la Vacquerie, qui crée le Foyer international des étudiants catholiques, décide la construction d'une église sur un terrain privé situé à proximité. L'ACMH Pierre Paquet reçoit la commande pour ce projet en 1931, l'année de création des Chantiers du Cardinal, mais les travaux ne commencent que deux ans plus tard⁹¹⁷.

Pierre Paquet (1875-1959), élève d'Émile Vaudremer et de Charles Genuys, devient architecte diocésain en 1901 et ACMH en 1905. Restaurateur de la Sainte-Chapelle, de l'hôtel de Cluny, du Mont Saint-Michel⁹¹⁸, il se remarque par l'emploi du béton armé sur ses chantiers. En 1920 il propose avec succès le classement au titre des monuments historiques des abris d'artillerie en béton armé près d'Arras⁹¹⁹. Pour la reconstruction de la cathédrale Notre-Dame-et-Saint-Vaast d'Arras, il réalise entre 1920-1934 une charpente en béton armé Hennebique. Paquet agit ainsi, comme ses confrères, selon les principes de restauration acceptés dans l'entre-deux-guerres, mais la particularité de son travail réside dans l'introduction d'une charpente en béton armé sur un édifice de style classique, tandis que les autres architectes interviennent sur des cathédrales du Moyen Âge roman et gothique. De plus, Paquet utilise le béton armé pour la réfection des voûtes, qu'il restitue sous forme de voiles minces, sans changer l'aspect intérieur de la cathédrale à part dans les combles, inaccessibles au public.

⁹¹⁵ *Le Christ dans la banlieue*, N° 14, 1935, p. 24.

⁹¹⁶ *Le Christ dans la banlieue*, N° 15, 1935, p. 21.

⁹¹⁷ *Le Christ dans la banlieue*, N° 7, 1933, pp. 12-13 ; N° 9, 1934, p. 19 ; N° 15, 1935, pp. 19-20.

⁹¹⁸ AUBERT Michel. Nécrologie-Pierre Paquet. In : *Bulletin monumental*, N° 117-4, 1959, pp. 291-292.

⁹¹⁹ Proposition de classement de vestiges de guerre émanant de l'ACMH Pierre Paquet. Lettre accompagné de deux photographies. 15 décembre 1920. MPP N° 80/3/47 ; Cf. MARCILLOUX Patrice. Etiam periere ruinae. À propos des vestiges et souvenirs de guerre dans le Pas-de-Calais. In : *Revue du Nord*, N° 325, 1998, pp. 449-468.

Connaissant par conséquent les avantages de ce système constructif, Paquet propose à Gentilly une église à structure en béton armé calculée par le bureau Hennebique⁹²⁰. Comme le mécène Pierre Lebaudy, mort en 1929, avait souhaité un lieu de culte d'inspiration romane, l'architecte doit habiller le béton sous des formes néo-médiévales. Le plan est dessiné selon un schéma en croix latine hésitante, car la profonde abside semi-circulaire et la présence de la coupole au-dessus de la croisée équilibrent l'organisation de l'espace et donnent l'impression de centralité. Sans collatéraux, l'église dispose d'une ossature en béton armé qui permet le dégagement du plan. Le squelette constructif est caché à l'intérieur dans les colonnes jumelées à fûts courts couverts de marbre ou derrière les enduits mouchetés, alors qu'à l'extérieur il est masqué par les parements en calcaire de Saint-Maximin.



162 Sacré-Cœur, Gentilly. Vue aérienne, 1953.
Photo : R. Henrard, MPP. AP94HN0085.

La façade nord, tournée vers Paris, est composée d'un mur terminé sous deux rampants qui reproduisent les pentes du toit et d'un haut clocher accolé sur la gauche. Georges Saupique (1889-1961) réalise un tympan sculpté surdimensionné en pierre de Lavoux, œuvre d'inspiration romane par sa composition générale⁹²¹. Le grand portail central dispose de piédroits sculptés représentant des personnages importants de l'histoire catholique de l'université de Paris, et plus haut se trouve le Christ surdimensionné, en majesté dans une mandorle. À l'intérieur de l'église, Jacques Gruber réalise les vitraux, tandis que l'artiste mexicain Angel Zarraga peint le chemin de la croix à la chaux appliquée sur ciment.

Sur le clocher à plan carré, les ressauts et les hautes meurtrières diminuent l'aspect massif et accentuent la verticalité. Quatre anges debout avec les ailes déployées, sculptés en bronze par Saupique, couronnent la tour au niveau des cloches. Ces dernières sont situées à l'intérieur d'un péristyle circulaire supportant la toiture en forme de pomme de pin en pierre, inspirée du projet de Paul Abadie pour la basilique du Sacré-Cœur.

Située initialement sur un terrain bordé à l'ouest par des parcelles pavillonnaires, à l'est par une zone libre de constructions et au nord par la voie délimitant les anciennes fortifications, l'église se trouve actuellement dans un contexte urbain profondément différent et défavorable. Le boulevard périphérique a doublé la voie existante au nord, avec l'introduction d'une barrière acoustique opaque, isolant totalement l'église par rapport à la Cité universitaire. D'autre part, l'Autoroute du Soleil s'implante dans une énorme tranchée à l'est, où l'église reste tout aussi isolée. Sa présence urbaine et paysagère est par conséquent profondément altérée par les travaux d'infrastructure routière.

⁹²⁰ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-11-1932-44891. 76 IFA 3167, 76 IFA 3168/1. Cité universitaire, Gentilly, église du Sacré-Cœur. 1932-1936.

⁹²¹ *L'Illustration*, 9 janvier 1937, pp. 52-53.

4.4.10 Sacré-Cœur, Cholet (Maine-et-Loire), 1937-1942

Édifiée sur les plans de l'architecte local Maurice Laurentin (1885-1959)⁹²², Sacré-Cœur de Cholet est l'une des plus grandioses églises de cette période. Toute la structure est réalisée en béton armé, y compris au niveau de la charpente. Le plan témoigne d'une combinaison entre les types basilical et centré, par le surdimensionnement de la croisée. Cet espace est dominé par une coupole reposant sur des pendentifs et arcs monumentaux en plein cintre. À leur tour, ces derniers se prolongent très peu sur trois côtés, ce qui augmente l'importance de l'espace central.

La nef est la seule qui a une profondeur plus importante, alors que le chœur dispose d'une abside circulaire aplatie. Traité sobrement, l'intérieur est recouvert d'enduit et de brique apparente, à l'exception de la voûte en cul-de-four du chœur et des chapelles, décorées avec des peintures par les frères Mauméjean.

En volumétrie, l'église présente des caractères originaux, notamment au niveau du dôme qui est contenu dans un tambour sur deux niveaux de pignons séparés de contreforts. Si le premier niveau dispose de baies géminées cintrées, le deuxième est aveugle, mais leur vue en perspective crée une complexité de formes qui diminue l'impression de massivité. Dans l'ensemble, le dôme présente un effet graphique par la densité des jeux d'ombre et lumière. Les façades de l'église ont la particularité d'être recouvertes de parements mis en œuvre avant le coulage du béton afin d'économiser les coffrages : brique, schiste orangé, granit bleu.



163 Sacré-Cœur, Cholet. Façade est.
Dessin : François Jeanneau ACMH.

Le plein est dominant sur les élévations, particulièrement au niveau du chœur. Néanmoins, les surfaces sont animées avec des piles, arcs et contreforts plats. Au niveau de la façade principale deux tourelles encadrent le pignon terminant la nef, l'une sur plan carré, l'autre sur plan octogonal. Leurs toitures couvertes de tuiles disposent d'un intrados en béton apparent qui révèle leur vraie structure.

Après le déclenchement de la Deuxième Guerre mondiale, l'architecte assure la direction des travaux depuis le front. Depuis 1991, l'église est classée au titre des monuments historiques⁹²³.

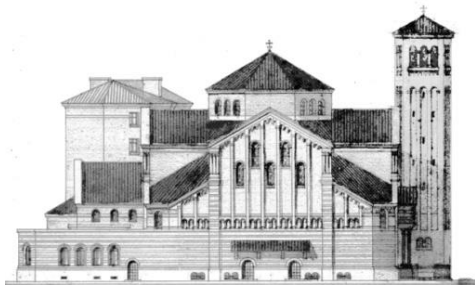
⁹²² CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Maurice Laurentin. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00283128> (Consulté le 10 août 2023).

⁹²³ Référence Mérimée PA00109417.

4.5 Églises à plans centrés à croisement d'arcs

Avec les plans de l'église arménienne de Paris (1902-1904), Albert Guilbert inaugure dans l'architecture religieuse du XX^e siècle le modèle d'espace centré défini par le croisement de deux paires d'arcs. De chaque côté de la croisée, il dessine de grands arcs en plein cintre qui s'entrecroisent à environ un quart de leur portée et supportent à leur intersection le tambour d'une coupole⁹²⁴. Cet exemple en maçonnerie ouvre la voie à toute une série d'églises réalisées sur le même principe, mais en béton armé. Le modèle est tellement fiable, que les architectes l'utilisent comme noyau de leur composition volumétrique sans modifications substantielles.

4.5.1 Saint-Louis, Vincennes (Val-de-Marne), 1912-1924



164 Saint-Louis, Vincennes. Façade Nord.
En haut, le projet de concours. En bas, le projet réalisé.
CAAC. 104 IFA 2/2 (haut). CAAC. 252 IFA 601/2 (bas).

Jacques Droz (1882-1955) étudie dans l'atelier de Lambert à l'École des Beaux-Arts de Paris⁹²⁵. Il se spécialise dans l'architecture des églises catholiques et réalise plusieurs exemples aujourd'hui protégés. À l'Exposition des Arts décoratifs de 1925, il réalise la chapelle du Village français, et à celle de 1937, le trône du pavillon pontifical⁹²⁶. À partir de 1926, il enseigne à l'École spéciale d'architecture et en 1933, il reçoit la grande médaille de la Société centrale des architectes français⁹²⁷. Ses projets témoignent d'une constante réinterprétation contemporaine de l'espace sacré centré, dégagé et flexible à l'usage grâce à l'emploi du béton armé dans la structure. Droz extrait ses idées en étudiant les fondamentaux de l'espace chrétien. Il réussit néanmoins à s'affranchir des formes historiques tout en conservant la familiarité des ambiances par une synthèse des archétypes stylisés.

Avant d'être diplômé, il s'associe à Joseph Marrast en 1912 et remporte le concours pour l'église Saint-Louis de Vincennes. Le programme est fixé par Genuys, dix architectes sont invités à participer et le jury est présidé par Lucien Magne⁹²⁸. Situé à proximité immédiate de Paris,

⁹²⁴ Église arménienne à Paris. In : *La Construction moderne*, 5 novembre 1904. Planches 11-13.

⁹²⁵ PONGE Geneviève. *Jacques Droz. Architecte 1882-1955*. Paris : Université Paris IV Sorbonne, 1987 (mémoire de maîtrise).

⁹²⁶ DANYSZ Jacqueline. Art. Cit. ; *L'ART SACRÉ*, Guide du pavillon pontifical. Paris : L'Art Sacré, Imprimerie Nationale ; 1937, p. 31.

⁹²⁷ CROSNIER LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Jacques Droz. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00276535> (Consulté le 10 août 2023).

⁹²⁸ LOUVET Albert. Église Saint-Louis de Vincennes. In : *Le Béton armé*, N° 252, février 1929, pp. 3-5.

dans un environnement fortement urbanisé, cet édifice donne l'occasion de démontrer une approche rationnelle, où l'emploi du béton armé permet de réaliser un espace à la fois innovant et familier. En effet, Droz et Marrast recherchent l'essence de l'espace chrétien pour synthétiser tradition et modernité⁹²⁹. Dans cette œuvre totale, l'ensemble des détails est dessiné par les architectes qui emploient les peintres Maurice Denis et Henri Marret, les sculpteurs Carlo Sarrabezolles et Armand Boutrolle, le céramiste Maurice Dhomme et le ferronnier Raymond Subes⁹³⁰. La construction, qui ne commence qu'en 1914, est arrêtée par la guerre et s'achève en 1926.

Le plan doit s'insérer sur un terrain de forme irrégulière losangée, bordé de trois rues. Les architectes introduisent un carré parfait au cœur du terrain, tandis que les zones résiduelles sont remplies par les annexes. Sur un plan interprété en croix grecque, quatre arcs identiques légèrement ogivaux en béton armé s'entrecroisent à angle droit, afin de créer un carré central au-dessus de la nef. Il faut noter que ces arcs étaient dessinés en briques dans le projet de concours⁹³¹, ce qui nous permet de nous demander si Droz et Marrast n'envisageaient pas initialement d'utiliser une maçonnerie traditionnelle et si ce n'est pas Hennebique qui les a menés à remodeler le projet lors des études d'exécution. Les modifications dues à l'emploi du béton armé se voient dans la finesse des arcs et dans leur décor peint qui remplace les voussoirs en brique apparente et pierre.

Des trompes, comme celles de Saint-Pierre-de-Chaillot, assurent le passage vers une coupole-lanterne octogonale qui domine l'espace central. Au sol, la surface est complètement dégagée et seules les piles formant les bases des arcs créent des obstacles. L'entrée principale est aménagée entre deux piles parallèles, avec l'orgue au-dessus supporté par deux colonnes symbolisant aussi un espace tampon. Une entrée secondaire plus pratique est prévue à l'angle des rues, située entre deux piles perpendiculaires. Une abside à trois côtés marque le sanctuaire et prolonge l'espace. L'ambiance intérieure s'inspire de l'espace de culte primitif, par le graphisme du traitement architectural qui annule l'effet de masse. La structure porteuse semble légère en raison de la faible épaisseur des arcs par rapport à leur portée, alors que les pannes denses de la toiture brisent l'effet de plan en rappelant les charpentes paléochrétiennes. Un clocher sur



165 Saint-Louis, Vincennes.
Vue intérieure des arcs entrecroisés.
CAAC. 252 IFA 601/2. MC-10-08-04-04.

⁹²⁹ BECKER Caroline. Saint-Louis de Vincennes : derrière le béton, des richesses insoupçonnées, 19 octobre 2018. URL : <https://fr.aleteia.org/2018/10/19/saint-louis-de-vincennes-derriere-le-beton-des-richesses-insoupconnees> (Consulté le 10 août 2023).

⁹³⁰ GUILLAUMAT Paul. L'église Saint-Louis de Vincennes : Le renouveau de l'art chrétien au début du XX^e siècle. 30 septembre 2019. URL : <https://www.narthex.fr/oeuvres-et-lieux/sites-et-architecture/12019eglise-saint-louis-de-vincennes-le-renouveau-de-12019art-chretien-au-debut-du-xxesiecle>

⁹³¹ CAAC. Fonds Droz Jacques. 104 IFA 2/2. Doc. MC-29-08-06-11. Coupe.

plan pentagonal se situe à droite de l'entrée. Il est réalisé en brique apparente, avec une toiture à quatre versants, posée sur un tambour en retrait⁹³².

En volumétrie, la composition est rigoureusement pyramidale. Les quatre arcs délimitent un volume sur un plan en croix couvert par des toitures à deux versants pentus. Au croisement, la coupole-lanterne avec un tambour bas et une toiture à faible pente domine l'ensemble. Les zones restantes pour compléter le plan carré sont couvertes de toitures dont la ligne de plus grande pente se situe sur la diagonale du carré, une solution logique dans ce projet symétrique sur les deux axes. Un effet trompeur est en revanche créé, car ces toitures génèrent sur les façades l'impression d'une église à bas-côtés de type basilical⁹³³.

Les façades sont simplifiées entre la version initiale et les plans d'exécution, afin de gagner en cohérence. Ainsi, dans le projet d'origine, des pilastres et lésènes marquent verticalement les élévations qui comportent aussi, en partie inférieure, des registres alternées de brique et pierre et, en partie haute, des bandes lombardes rampantes et des corniches profilées⁹³⁴.

Dans la version définitive, la dimension de la coupole est aussi réduite, alors que la hauteur du clocher est augmentée. Les petites baies cintrées, prévues par groupe de cinq sur les trois pignons, sont remplacées par de grandes baies cintrées remplies de pavés de verre⁹³⁵. Ils représentent un motif qui sera beaucoup repris dans l'architecture religieuse jusqu'en 1940. D'autre part, les vitraux sont complètement absents.

La structure en béton armé Hennebique⁹³⁶, dont la qualité réside dans sa simplicité apparente, est subordonnée aux quatre arcs de 22 m d'ouverture, placés à 12,7 m d'interaxe et s'élevant à 18 m à la clef⁹³⁷. Ces arcs s'enfoncent à plus de 4 m dans le sol et reposent sur des semelles armées d'environ 3 m de largeur. Sur la direction longitudinale, les semelles se prolongent au-delà de la limite de chaque pile ressortant dans la nef, de sorte que le plan des fondations est une croix grecque. Cette dernière s'inscrit dans un carré à pans coupés, qui complète l'infrastructure avec les fondations des murs en maçonnerie des façades.

Au niveau de la superstructure, chaque arc est creux, avec des raidisseurs dans la direction transversale des rayons. L'arc triomphal situé à la limite de l'abside est conçu comme un portique monolithe qui intègre au sommet la forme de la toiture et de chaque côté une demi-ferme en porte-à-faux, selon une élévation de type basilical. Le dôme-lanterne est réalisé en ossature de béton armé, alors que les faces de l'octogone sont vidées au maximum, pour être ensuite remplies avec de la maçonnerie.

⁹³² Dans le paysage du boulevard périphérique actuel, il est visible depuis le rond-point Porte de Montreuil.

⁹³³ *L'Architecte*, N° 9, 1927, pp. 698-71 et planches LVI-LX

⁹³⁴ CAAC. Fonds Droz Jacques (1882-1955). DROJA-B-14. Dossier 104 IFA 2/2. Doc. MC-23-08-06-01, MC-23-08-06-02.

⁹³⁵ CAAC. Fonds Marrast Joseph. 252 IFA 407. MARJO-O-13-3. Élévation de la rosace de la façade principale.

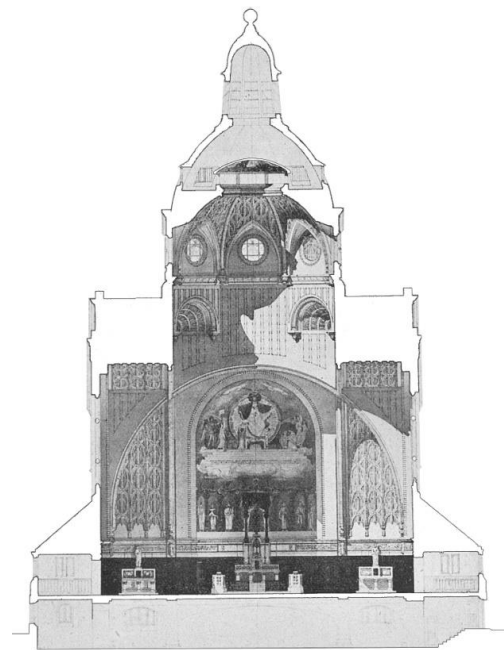
⁹³⁶ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-11-1914-21598. 76 IFA 2579. Église Saint-Louis, Vincennes. 1914-1928.

⁹³⁷ LOUVET Albert. Les églises modernes. Art. Cit., pp. 93-95.

4.5.2 Sainte-Jeanne d'Arc, Versailles (Yvelines), 1919

Construite en 1919 par Albert Guilbert sur le même type de plan que l'église arménienne, l'église Sainte-Jeanne d'Arc de Versailles utilise le béton armé afin de respecter le budget de 1.500.000 de francs⁹³⁸. Une première église provisoire en bois est étudiée par l'architecte⁹³⁹. Le plan de l'église définitive est de forme carrée, avec un narthex peu profond, une abside en cul-de-four et les annexes juxtaposées de chaque côté de la nef. Dans l'espace de culte, quatre arcs de 23 m de diamètre en béton armé soutiennent à leur entrecroisement, par l'intermédiaire de trompes, le tambour octogonal d'une coupole à pénétrations. Les points d'appui des arcs ne sont plus exprimés à l'intérieur par des éléments saillants comme à l'église arménienne. Au contraire, ils sont dissimulés dans les murs et l'effet de légèreté est augmenté par le traitement décoratif.

Ainsi, chaque arc est façonné avec un boudin qui prend naissance sur une console du mur et réduit l'impression d'épaisseur au maximum. L'espace est totalement dégagé, alors que les huit points d'appui invisibles disposent de fondations en béton armé de 12 m² de surface chacun. L'usage d'une ossature en béton armé étudiée par Hennebique⁹⁴⁰ n'est pas mis en avant, mais il se laisse deviner par l'aspect général svelte et la décoration des murs, réalisée en pièces moulées sans traitement en assises. Par exemple, dans les angles entre les arcs sont prévus des caissons à maillages sinueux en haut-relief développés verticalement. Sur les élévations d'origine, Guilbert dessine des rosaces, à réseaux formés de cercles entrecroisés qui montrent l'intention de les réaliser en béton armé. Ces baies recevront des meneaux et traverses rectangulaires lors des travaux.



166 Sainte-Jeanne-d'Arc, Versailles. Coupe transversale. *L'Architecture*, N° 14, 1924.

4.5.3 Saint-Julien, Domfront en Poirais (Orne), 1924-1933

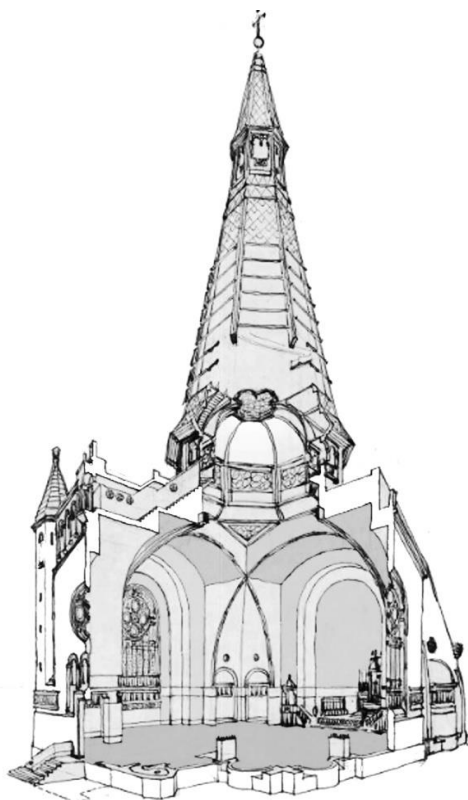
À Domfront (Orne), Albert Guilbert réalise sa troisième église sur plan centré, selon une approche architecturale plus audacieuse et nettement plus sincère dans l'expression visuelle du béton armé. En 1924, le conseil municipal décide de reconstruire l'ancienne église Saint-Julien datant du XVIII^e siècle, en état avancé de dégradation. Le nouvel édifice comporte une structure en béton armé à quatre arcs entrecroisés supportant une coupole, englobée dans un clocher en forme de flèche située au-dessus de la croisée. Les arcs sont les premiers exécutés, comme en témoigne une carte postale d'époque sur

⁹³⁸ LOUVET Albert. L'église Sainte-Jeanne d'Arc à Versailles. In : *L'Architecture*, N° 14, 1924, pp. 171-176.

⁹³⁹ CAAC. Fonds Guilbert Albert et Jacques. 83 IFA. Doc. NR-22-06-09-01. Église provisoire Sainte-Jeanne-d'Arc, Versailles.

⁹⁴⁰ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-11-1923-51223. 76 IFA 1613/39, 1627/5. Église Sainte-Jeanne-d'Arc, Versailles.

laquelle on remarque la réduction au minimum des échafaudages et l'extrême finesse du squelette calculé par Hennebique⁹⁴¹. Cette organisation de chantier permet d'utiliser, pendant une partie des travaux, l'ancienne église située en-dessous de la nouvelle ossature⁹⁴². À la rencontre des arcs, huit poteaux verticaux en béton armé délimitant le tambour de la coupole octogonale et soutiennent plus haut des arbalétriers inclinés, reliés par des enrayures successives.



167 Saint-Julien, Domfront. Perspective éclatée.
CAAC. 83 IFA. FD-13-03-20-03.

Deux petites chapelles en cul-de-four, saillantes en façade, sont prévues à chaque angle du plan, alors que le chœur est placé dans une abside de type similaire. Pour des raisons économiques plus pressantes qu'à Sainte-Jeanne d'Arc de Versailles, la décoration intérieure est réduite à une peinture au pochoir sur les arcs qui montrent leur tranche droite sans affinement. En revanche, la coupole-clocher concentre l'attention décorative.

Depuis la croisée des arcs, le passage du carré à l'octogone est réalisé par des trompes triangulaires vitrées, une disposition unique dans les exemples de cette époque. À ce niveau se trouve aussi un volume en saillie abritant l'escalier d'accès au clocher. Un plancher sur poutres peintes réduit ensuite la dimension de l'octogone qui forme la base du tambour. Ce dernier est ajouré en totalité par des claustras en verre jaune et bleu. Il forme également la base d'une coupole à parois courbes disposant d'un oculus aveugle. En réalité, il s'agit d'un dôme non structurel en staff de 5 mm situé à l'intérieur du clocher.

À l'extérieur, la façade principale⁹⁴³ se présente comme une interprétation néo-romane à accents orientaux, avec un haut tympan surbaissé flanqué de deux tourelles d'escalier octogonales couvertes de toitures pointues. L'ossature en béton armé est apparente et les murs des tourelles sont remplis de claustras. Sur le registre inférieur, la façade dispose d'une décoration à éléments répétitifs en pointe de diamant. Le tympan et l'ossature des autres façades sont remplis de maçonnerie de moellons en *opus incertum*, provenant de l'ancienne église démolie. Les couvertures de chapelles saillantes sont en béton apparent, sous forme de boudins horizontaux successifs épousant la courbe de la voûte. Enfin, les réseaux en béton armé des baies englobent des pavés de verre comme à Saint-Louis de Vincennes. Depuis 1993, l'église Saint-Julien est classée au titre des monuments historiques⁹⁴⁴.

⁹⁴¹ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-04-1924-0850576 IFA 110/28, 1703/6. Église Saint-Julien, Domfront.

⁹⁴² L'église Saint-Julien de Domfront (Orne). In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, 1934, p. 25.

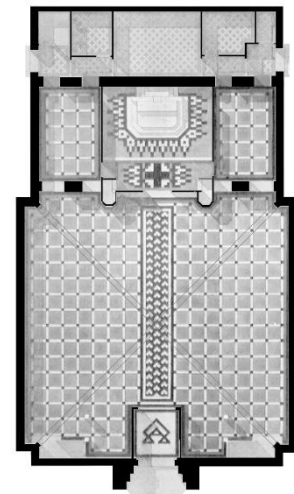
⁹⁴³ CAAC. Fonds Guilbert Albert et Jacques. 83 IFA. Doc. FD-13-03-20-01. Façade supérieure et coupe.

⁹⁴⁴ Référence Mérimée PA00125312.

4.5.4 Saint-Martin, Vendhuile (Aisne), 1927-1928

Située au sein d'un village détruit par la guerre, l'église Saint-Martin de Vendhuile est reconstruite entre 1927-1928 par Jacques Droz. Ce dernier utilise le béton armé afin de respecter le montant des travaux limité à 432.000 francs⁹⁴⁵. Les anciennes fondations de l'église anéantie sont réutilisées pour supporter une nef unique similaire à celle de l'église de Meudon Val-Fleury⁹⁴⁶, continuée par un autel rectangulaire à peine moins large, derrière lequel se trouvent la sacristie, des annexes, deux bureaux, un WC et l'escalier du clocher⁹⁴⁷. Il n'y a pas de véritable narthex, un simple sas étant aménagé dans la nef. Les arcs diaphragmes entrecroisés en béton armé couvrent un espace libre de tout point d'appui.

Dans la composition volumétrique, trois entités se distinguent : la nef, le chœur avec ses annexes et le clocher avec une excroissance pour l'escalier. La rationalité qui caractérise les projets de Jacques Droz est saisissante, notamment dans le traitement du volume de la nef, dont les trois façades libres sont identiques, sous forme de pignons pentus. Seule l'entrée est signalée par un porche adossé au pignon. L'intersection des toitures crée une croix centrale marquant le volume principal et son espace, un symbole utilisé souvent par cet architecte. Le clocher sur plan carré est situé au-dessus du chœur, soutenu par l'arc de triomphe et le mur de fond du sanctuaire. C'est un volume qui rappelle le vocabulaire formel traditionnel, avec ses baies géminées néo-romanes surmontées de corniches denticulées et sa toiture pyramidale, pourtant réalisée en béton apparent.



168 Saint-Martin, Vendhuile. Plan.
CAAC. DROJA-B-27. MC-29-08-06-14.

Pour le reste, une grande simplicité caractérise les façades en maçonnerie de pierres enduites en ciment, où juste les hautes et étroites baies cintrées reçoivent des arcs en brique apparente. Jean Hebert-Stevens réalise, avec la collaboration d'André Rinuy, les vitraux dessinés par Valentine Reyre, un artiste proche de Georges Desvallières et de Maurice Denis. Reyre réalise également la peinture murale intérieure. En 1994, l'église Saint-Martin est inscrite au titre des monuments historiques⁹⁴⁸.

4.5.5 Saint-Pierre, Lamotte-Warfusée (Somme), 1929-1931

Représentative pour les recherches architecturales et techniques de la première Reconstruction, l'église Saint-Pierre de Lamotte-Warfusée est construite entre 1929-1931 par l'architecte Godefroy Teisseire (1874-1938), auteur d'une dizaine d'autres lieux de culte dans le département de la Somme.

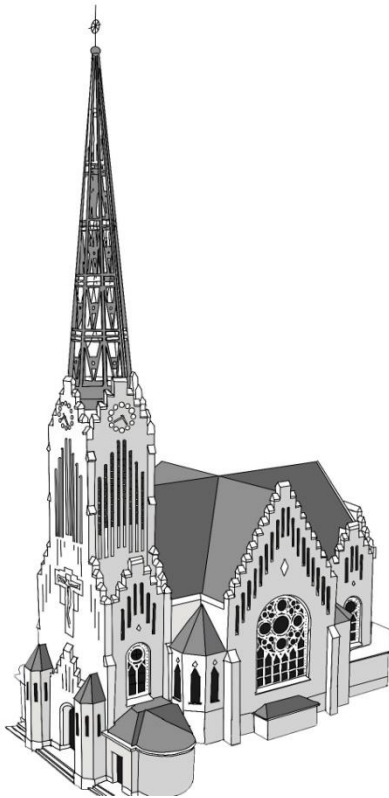
⁹⁴⁵ LOUVET Albert. Les églises modernes. Art. Cit., p. 89.

⁹⁴⁶ L'église Sainte-Jeanne d'Arc à Meudon Val-Fleury est une copie inachevée de la chapelle de l'Exposition de 1925, réalisée par Jacques Droz en 1926 pour un montant des travaux de 181.800 francs. LOUVET Albert. Les églises modernes - l'œuvre de M. Droz architecte diplômé par le gouvernement. In : *L'Architecture*, vol. XLIII, N° 3, 10 mai 1924, p. 95.

⁹⁴⁷ CAAC. Fonds Droz Jacques (1882-1955). DROJA-B-27. 104 IFA 2/5. Doc. MC-29-08-06-14.

⁹⁴⁸ Référence Mérimée PA00132911. La notice comprend une erreur, car l'église n'a pas de coupole en béton armé.

Le plan est centré en croix grecque, mais il revêt une expression extérieure qui évoque le type allongé et utilise des matériaux locaux. Un clocher-porche formant le narthex surmonté d'une tribune introduit la nef constituée de quatre arcs en béton armé entrecroisés soutenant une coupole sur pendentifs. En plein cintre légèrement brisé, les arcs prennent naissance dans les murs et restent saillants sur la totalité de leurs rayons. Les angles qu'ils créent sont utilisés pour aménager des chapelles, comme celles dessinées par André Guilbert à Saint-Julien de Domfront. L'ossature en béton armé remplie de briques est calculée par Hennebique⁹⁴⁹.



169 Saint-Pierre, Lamotte-Warfusée.
Vue aérienne. Dessin : l'auteur.

Dans une abside pentagonale, le chœur prolonge l'espace intérieur et contribue à effectuer le lien en volumétrie avec la tradition basilicale. Cette dernière est recherchée dans l'expression des toitures à forte pente reposant sur une charpente en béton armé. Elles dessinent une croix latine renversée, avec le long bras au-dessus du chœur. Sur les façades latérales, des pignons à redans indiquent un pseudo-transept, issu en réalité du plan centré. Les quatre façades du clocher reçoivent le même type de pignon en leur partie supérieure, d'où surgit la remarquable flèche ajourée en béton armé⁹⁵⁰. Elle est construite sur un plan octogonal avec de fins arbalétriers, reliés dans le plan horizontal par des poutres sur plusieurs niveaux et dans le plan incliné par des montants en V. Recouvertes entièrement de briques rouges, toutes les façades de l'église présentent un motif à redans qui lui donnent un caractère régionaliste⁹⁵¹. Nous pouvons noter que l'église à plan centré et coupole Saint-Martin d'Hangest-en-Santerre, réalisée dans une commune du même secteur par le même Godefroy Teisseire, comporte des façades en pierre de taille d'un style plus éclectique.

Les vitraux insérés dans les réseaux en béton armé sont réalisés par Jacques Gruber, alors que le décor peint intérieur qui souligne les lignes de la structure est l'œuvre de l'italien Dominique Aldighieri. Enfin, il faut remarquer l'escalier hélicoïdal hors-œuvre en béton armé qui monte dans le clocher depuis la tribune, un petit ouvrage purement technique, mais mis en valeur par sa cage ajourée à fins montants. Depuis 2005, cette église est classée en totalité au titre des monuments historiques⁹⁵², après avoir été inscrite en 1994. Son état sanitaire est dégradé notamment à l'intérieur, en raison d'infiltrations d'eau qui détruisent l'enduit sur les remplissages en brique et provoque la corrosion des armatures de l'ossature porteuse.

⁹⁴⁹ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-19-1929-38480. 76 IFA 2156/10. Église Saint-Pierre, Lamotte-en-Santerre (aujourd'hui Lamotte-Warfusée, Somme) : reconstruction.

⁹⁵⁰ CAPPRONNIER Jean-Charles, FOURNIS Frédéric, GÉRARD Alexandra, TOUZET Pascale. Art. Cit.

⁹⁵¹ AD Somme. Série O. 99O2282. Église de Lamotte-Warfusée : façade latérale, façade principale.

⁹⁵² Référence Mérimée PA00132923.

4.5.6 Saint-Rémi, Limé (Aisne), 1929

La vision personnelle de Julien Barbier sur l'espace religieux atteint sa maturité avec le projet de l'église Saint-Rémi de Limé (Aisne), construite à la place du lieu de culte du XIII^e siècle détruit par la guerre. À partir de 1923, l'architecte dessine plusieurs variantes⁹⁵³, pour mettre finalement en œuvre, entre 1928-1929, un plan centré défini par le croisement de quatre arcs en béton armé, légèrement brisés. Le bureau Hennebique, qui apprend parfaitement ce schéma structurel lors des chantiers de Saint-Étienne (avec Noulin-Lespès) et Vincennes (avec Droz et Marrast) réalise ici l'étude de l'ossature⁹⁵⁴, construite par l'entrepreneur local Lavaux. Le prototype est d'ailleurs simplifié, car aucun dôme n'est placé au croisement des arcs et ce sont des voûtes qui ferment les espaces entre ceux-ci. Aux extrémités du plan, un narthex peu profond et un chœur à trois pans voûté d'ogives sur deux travées ferment l'espace. Sur les deux côtés, des extrusions étroites voûtées en arc brisé forment des chapelles disposant de vastes baies portant des vitraux créés par Barillet. En dehors des quatre arcs formant le squelette principal et les voûtes enduites, les autres arcs et les murs sont en maçonnerie de calcaire apparent. Ce traitement crée une ambiance paléochrétienne caractéristique de l'architecte. Le maître-autel, réalisé par Desprez selon les dessins de Barbier, provient de l'église du village français de l'exposition des Arts Décoratifs de 1925, construite par Jacques Droz.

La façade sur rue est empreinte de l'originalité de sa composition volumétrique. Au centre se situe la tour-porche pentagonale, trapue et couverte d'une toiture en ardoise à forte pente, surmontée d'un clocheton ajouré selon le modèle de celui de l'ancienne abbaye Saint-Yved du village voisin de Braine⁹⁵⁵. Le pignon à redans encadré par deux contreforts comporte une ogive, dominée au centre par une épaisse croix stylisée. À ses quatre angles intérieurs se trouvent des ouvertures circulaires, alors que sa base est flanquée de deux baies à dessin sinueux. De part et d'autre de la tour, deux porches bas à couvertures volumineuses en ardoise et colonnes quadruplées à chapiteaux cubiques produisent un effet d'échelle d'inspiration vernaculaire.



170 Saint-Rémi, Limé. Façade sud.
Dessin : l'auteur.

Les autres façades sont d'une extrême simplicité, en pierre apparente et pignons à redans, avec des baies à remplages tripartites en ogives. À l'instar de l'église de Bécon-les-Bruyères, le clocher est situé près du chœur. Il dispose de baies géminées au niveau supérieur et d'une toiture à bâtière dans laquelle est insérée une lucarne avec l'horloge. En 2007, l'église est inscrite en totalité au titre des monuments historiques⁹⁵⁶.

⁹⁵³ CAPPRONNIER, Jean-Charles, FOURNIS, Frédéric, GÉRARD, Alexandra, TOUZET, Pascale. Art. Cit.

⁹⁵⁴ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-08-1923-61074. 76 IFA 1677/2. Église Saint-Rémi, Limé (Aisne).

⁹⁵⁵ Ce clocheton-flèche et la toiture surmontant la tour centrale ont été endommagés lors de la guerre et n'ont pas été restitués lors de la restauration de l'abbaye. Ainsi, la référence faite par l'église dessinée par Julien Barbier reste sans écho.

⁹⁵⁶ Référence Mérimée PA02000068.

4.5.7 Sainte-Thérèse-de-Lisieux, Montpellier (Hérault), 1932-1934

Située dans une nouvelle paroisse de Montpellier, cette église est construite en béton armé sur les plans de Julien Boudes aidé de ses deux fils, Pierre et Antoine, à la commande du père Régis Sérine⁹⁵⁷. Comme dans d'autres exemples de cette époque, le plan combine de manière hésitante le type centré avec le type allongé. Le noyau spatial est ainsi créé par l'entrecroisement de quatre arcs en plein cintre soutenant une voûte vitrée quadripartite sur nervures. Ces dernières prennent naissance sur des corbeaux à l'encastrement des arcs et se réunissent sur un oculus carré. Des nervures secondaires rayonnantes, reliées par des traverses, forment le réseau du vitrail réalisé ici par Antoine Bessac.



171 Sainte-Thérèse-de-Lisieux, Montpellier. Vue nord-ouest.
Carte postale, années 1930, J. F. Duchamp.

Sur les deux extrémités de la nef, des segments de voûtes en berceau à pénétrations (lunettes) prolongent l'espace vers le narthex et le vers chœur qui se termine avec une voûte en cul-de-four à nervures. Cinq absidioles polygonales rayonnent autour du chœur. Des tribunes sont prévues sur les deux côtés de la nef, contribuant à diminuer considérablement l'impression de centralité. En effet, leurs dalles, supportées par des colonnes de section ronde créant des baies d'inspiration serlienne, forment des lignes de force horizontale qui dirigent le regard vers l'autel et créent des pseudo-collatéraux au niveau inférieur.

En volumétrie, la voûte vitrée est abritée dans un tambour sur plan carré à pans coupés, couvert d'une toiture en béton apparent avec des insertions de pavés de verre qui laissent pénétrer la lumière à l'intérieur. Plus bas, les arcs structuraux sont contenus entre des façades divisées en trois registres verticaux par des pilastres en béton armé. L'élément central de ces pignons se termine sur les quatre faces par un tympan rectangulaire au lieu d'un triangle. Toutes les autres dispositions intérieures sont lisibles en volume, notamment les segments de voûte en berceau assurant la transition sur le sens longitudinal, de même que le chœur avec ses absidioles. Le clocher-porche sur plan carré dispose de contreforts stylisés en retraits successifs et d'une dalle circulaire sommitale qui forme la base de la toiture à quatre pans. De part et d'autre, le clocher est flanqué de deux tourelles qui copient son aspect à échelle réduite. Aucun décor superflu n'est présent sur les façades très dépouillées et encadrées par des éléments verticaux en saillie qui accentuent leur raideur. En 2002, l'église Sainte-Thérèse est inscrite en totalité au titre des monuments historiques⁹⁵⁸.

⁹⁵⁷ COMTE Yvon. Tradition et modernité dans l'architecture religieuse de l'architecte montpelliérain Julien Boudes. In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/5786>; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.5786> (Consulté le 10 août 2023).

⁹⁵⁸ Référence Mérimée PA34000034.

4.6 Églises à plan centré en croix grecque

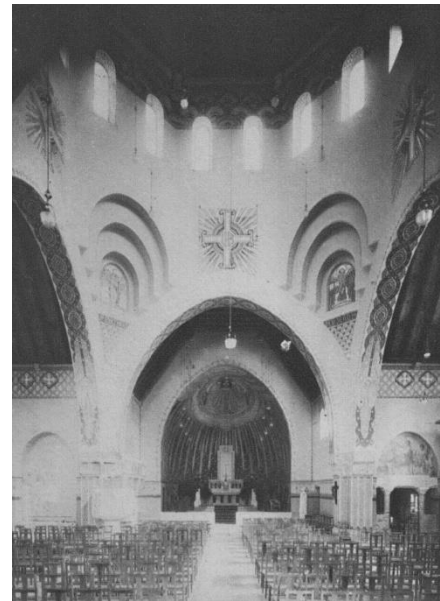
Le plan en croix grecque est une forme du type centré, qui présente l'avantage d'être lié à la tradition catholique française par la présence de bras rappelant le transept et la nef.

4.6.1 Saint-Nicaise, Reims (Marne), 1923-1924

Dans la cité-jardin du Chemin-Vert à Reims, dont il dessine les plans⁹⁵⁹, Jean-Michel Auburtin (1872-1926) construit l'église Saint-Nicaise, sous l'inspiration de l'exemple réalisé par Droz et Marrast. Il adopte un plan centré en croix grecque défini par quatre arcs de forme légèrement parabolique en béton armé délimitant un carré, mais qui ne se croisent pas comme ceux de Vincennes. Leur départ s'effectue sur des piles juxtaposées mais distinctes et ils soutiennent une massive tour-lanterne octogonale sur trompes. Ces dernières sont remarquables par leur conception hétérogène, car leur amorce inférieure s'effectue par de petits pendentifs qui ensuite supportent des voussures en plein cintre à ressauts successifs⁹⁶⁰.

Le fût de la tour-lanterne est percé de baies cintrées sur toutes les façades, alors que la charpente est laissée apparente, comme dans tous les autres espaces de l'église. Le chœur est placé dans une abside semi-circulaire couverte par une voûte en faux cul-de-four, puisque la génératrice épouse la forme d'un arc parabolique. Dans la volumétrie très austère et d'allure jugée à l'époque « campagnarde »⁹⁶¹, les toitures à forte pente en tuiles rouges dominent la composition et les façades ne se distinguent que par des ornements discrets en leur partie haute.

Avec des représentations géométriques et figuratives d'une grande finesse, le décor peint intérieur met en valeur l'ossature intérieure dans une approche d'inspiration néo-byzantine. Maurice Denis réalise les peintures sur toile marouflée, alors que René Lalique exécute les verrières représentant des anges et Jacques Simon les vitraux de la tour lanterne. L'église est classée, depuis 2002, au titre des monuments historiques⁹⁶².



172 Saint-Nicaise, Reims. Vue intérieure.
Carte postale, années 1920.

⁹⁵⁹ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-08-1922-08181. 76 IFA 101/2. Cité-jardin pour la Société anonyme des habitations à bon marché « Le Foyer rémois », Reims ; Fonds Auburtin Marcel. 44 IFA.

⁹⁶⁰ L'église Saint-Louis de Rouvroy-Mines (Pas-de-Calais) par Duval et Gonse dispose de trompes similaires, mais avec des arcs surbaissés sans amorces à pendentifs. Un autre exemple de trompes en arcs à ressauts est l'église Saint-Dominique de Paris.

⁹⁶¹ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., p. 182.

⁹⁶² Référence Mérimée PA00078784.

4.6.2 Saint-Augustin-des-Coquetiers, Pavillons-sous-Bois (Seine-Saint-Denis), 1932

Prévue dans le cadre des Chantiers du Cardinal⁹⁶³, l'église Saint-Augustin-des-Coquetiers est construite en seulement quelques mois en 1932. Son architecte, Renaudin, dessine un plan de type centré en croix grecque, inspiré davantage par Palladio que par l'architecture religieuse ancienne, en raison de l'utilisation d'une intersection de deux vaisseaux égaux à chevet plat sur une croisée carrée. La structure est en ossature béton armé à remplissage en briques⁹⁶⁴, et de simples dalles sont préférées aux voûtes pour couvrir l'espace principal. Trois chapelles basses et une chapelle surmontée par le clocher sont placées dans les angles extérieurs de la croisée, créant un plan global carré.



173 Saint-Augustin-des-Coquetiers, Pavillons-sous-Bois.
Maquette du projet.
Carte postale, années 1930.

La composition des volumes met en œuvre un schéma pyramidal adapté au vocabulaire cubiste, doublé par l'application de règles strictes de proportions. Ainsi, trois des chapelles placées aux angles du plan carré restent au niveau le plus bas et sont pourvues de grandes baies vitrées verticales. Ensuite, les vaisseaux reçoivent une hauteur identique à leur largeur, créant des façades carrées mises en valeur par de légers ressauts qui les détachent des chapelles. Trois de ces façades comportent chacune une grande baie en forme de croix, composée de carrés et surmontant un portail d'accès. La répétition de ce dispositif sur les trois faces de l'église est une référence à la villa Rotonda.

Plus haut dans la composition des volumes se trouve la croisée surélevée, entièrement vitrée sur les quatre faces. Le point culminant est la tour-clocher, placée au-dessus d'une chapelle, à droite de l'entrée principale. Il se développe sur plusieurs registres horizontaux, dont le premier est identique aux autres façades des chapelles. Des abat-sons en béton armé remplissent les baies verticales triples du dernier niveau. Dans le projet initial, le clocher est couronné d'une toiture pentue à quatre pans, mais elle est finalement réalisée avec une faible pente, imperceptible dans le paysage urbain. Chaque volume est couronné d'une corniche rectangulaire très saillante et d'une toiture à deux, trois ou quatre versants.

Renaudin ne peut pas respecter en totalité les règles palladiennes. À part le clocher décentré, il doit installer les espaces annexes de l'église dans un appendice accolé au chœur. De plus, l'édifice ne bénéficie pas d'un terrain suffisamment vaste pour mettre en valeur une composition de ce type. Cette église n'est pas protégée au titre des monuments historiques.

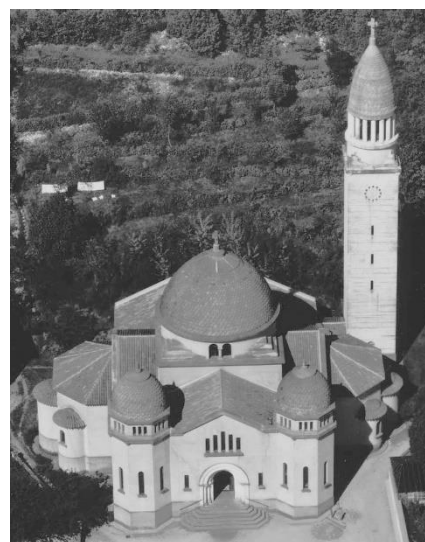
⁹⁶³ L'église est précédée d'une chapelle de secours. Cf. *Le Christ dans la banlieue*, N° 2, 1932 p. 23. La bénédiction de la nouvelle église a lieu le 18 décembre 1933, cf. *Le Christ dans la banlieue*, N° 5, 1933, p. 17.

⁹⁶⁴ Cf. photographie du chantier. *Le Christ dans la banlieue*, N° 3, 1932, p. 14 et N° 4, 1933, p. 28.

4.6.3 Notre-Dame de la Paix, Ribérac (Dordogne), 1933

Fils d'architecte, Jacques-Laffillée-Suard (1889-1970) commence ses études à l'école des Beaux-Arts de Paris pendant la Première Guerre mondiale. Gendre du maréchal Joffre, il réalise pour ce dernier un pavillon à Marly-le-Roi, puis son mausolée à Louveciennes⁹⁶⁵. Dans les années 1930, il est l'auteur de deux églises, sur le même modèle, qui témoignent d'une approche personnelle du plan centré : Notre-Dame de la Paix à Ribérac (Dordogne) et Saint-Joseph de Pau (Pyrénées-Atlantiques).

Construite en 1933 sur une structure en béton armé, l'église de Ribérac dispose d'un plan centré en croix grecque d'inspiration byzantine. Quatre arcs en plein cintre reposant sur des colonnes trapues de section circulaire supportent une coupole sur pendentifs. Son tambour est percé de quatre baies géminées au droit des bras de la croix grecque. Ce noyau spatial est prolongé sur chacun des quatre côtés par une travée voûtée en plein cintre. Des absides pentagonales avec des absidioles s'ajoutent sur les deux bras du faux-transept, alors que le chœur est aménagé dans une petite abside circulaire. Les surfaces intérieures sont couvertes d'un enduit fouetté soigné, alors que les arcs sont mis en valeur par un traitement lisse avec de fausses voussures peintes. Dans cette ambiance épurée, les quatre chapiteaux des colonnes forment le seul décor sculpté. Les vitraux de cette église sont l'œuvre de Francis Chigot.



174 Notre-Dame, Ribérac.
Vue aérienne, avant 1975.
Photo : R. Henrard. MPP. AP24HN0224.

Près du chœur, le campanile sur plan carré est réalisé en béton armé apparent avec l'imprégnation de planches horizontales de coffrage. Il se termine par un clocher circulaire entouré de colonnes et couvert d'une flèche en forme de cône arrondi recouvert d'écaillés en béton, dispositif de couverture utilisé par Anatole de Baudot à Saint-Jean de Montmartre.

Au niveau de la façade principale, deux tours basses sur plan octogonal couronnées de coupes encadrent le pignon percé d'un seul portail sculpté. Ces coupes, ainsi que la coupole centrale qui domine la composition, sont recouvertes par les mêmes écaillés en béton que celles présentes sur le campanile. Pour le reste, les façades reçoivent un enduit beige gratté horizontalement ou verticalement formant un motif à carrés. Des détails comme les corniches en rangées successives de tuiles canal, contribuent à donner un caractère régionaliste à cette architecture. En 2000, l'église de Ribérac est inscrite au titre des monuments historiques⁹⁶⁶.

⁹⁶⁵ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Jacques Laffillée-Suard. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00284034> (Consulté le 10 août 2023).

⁹⁶⁶ Référence Mérimée PA24000026.

4.6.4 Saint-Joseph, Pau (Pyrénées-Atlantiques), 1935



175 Saint-Joseph, Pau. Façade principale.
Carte postale Jové, Pau, années 1930.

Sur le modèle de l'église de Ribérac, Laffillée construit en béton armé l'église Saint-Joseph de Pau au cours de l'année 1935. Avec ses quatre arcs en plein cintre supportant une coupole sur pendentifs, le plan respecte le même type centré. Sur tous les quatre bras de la croix grecque se retrouvent les travées voûtées qui agrandissent l'espace, sauf que celle située au droit du sanctuaire est plus courte que dans l'exemple précédent. Les absides pentagonales disposant chacune de trois absidioles semi-circulaires sont identiques à celle de Ribérac, tout comme le chœur. En volumétrie, la composition est quasi-identique à l'exemple précédent, mis à part la position du campanile, qui est situé à l'opposé, près de la façade nord.

Pour les surfaces extérieures sont employés des enduits blancs, y compris sur le campanile. Les couvertures en écailles sont également peintes en blanc, solution peu pérenne qui nécessite une réfection périodique. En revanche, cette austérité est équilibrée par la composition et le décor intérieur. Le tambour de la coupole est percé de baies cintrées sur tout le pourtour et la façade principale dispose de trois portails et d'un balcon à trois baies séparées de colonnes. À l'intérieur, une mosaïque de Mauméjean représentant le retour d'Égypte couvre l'abside en cul-de-four du chœur. Cet édifice est inscrit en 2000 au titre des monuments historiques⁹⁶⁷.

4.7 Églises à plan centré massé

Dans cette catégorie entrent les églises dont le plan comporte une seule grande nef libre de tout point d'appui, qui par son importance fait graviter autour d'elle tous les autres espaces, y compris le sanctuaire.

4.7.1 Sainte Jeanne d'Arc, Charleville Mézières (Ardennes), 1929-1931

Pierre Chirol (1881-1953) est l'auteur de plusieurs lieux de culte aujourd'hui protégés. Il commence cette série en 1913 avec l'église néo-romane Notre-Dame de Fauville-en-Caux⁹⁶⁸, inspirée de la Madeleine de Vézelay. De 1913 à 1922, il construit l'église Saint-Antoine-de-Padoue du Petit Quevilly⁹⁶⁹, à nef unique en brique de facture industrielle. Avec Sainte-Jeanne-d'Arc, il marque un

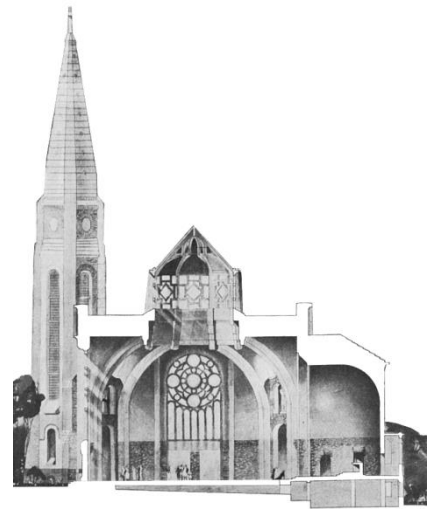
⁹⁶⁷ Référence Mérimée PA64000038.

⁹⁶⁸ Référence Mérimée PA76000048.

⁹⁶⁹ Référence Mérimée PA76000051.

tournant vers l'emploi du plan centré, mis en œuvre par la suite à la reconstruction de Saint-Nicaise de Rouen et mené à l'expression la plus aboutie à l'église Saint-Pierre d'Yvetot⁹⁷⁰ en 1948.

Pour cette nouvelle église paroissiale ardennaise, le curé Jacquart donne la liberté totale d'action à Chirol⁹⁷¹, qui propose une nef unique sur plan carré à pans coupés. L'espace est couvert par deux paires d'arcs en béton armé qui ne sont pas parallèles et perpendiculaires à la nef comme dans la série inaugurée par Saint-Louis de Vincennes, mais posés en diagonale, comme à l'église de Vendhuile. En revanche, à la différence de cette dernière, l'architecte souhaite créer une coupole au croisement. Ainsi, les arcs sont interrompus en partie haute par le collier du tambour de cette tour lanterne. Une telle rupture de continuité peut être réalisée uniquement grâce au caractère monolithique et hyperstatique du béton armé. Ce détail est remarquable par son caractère original et participe de l'intérêt architectural de cette église.



176 Sainte-Jeanne-d'Arc, Charleville-Mézières.
Coupe longitudinale.
La Construction moderne, N° 38, 1932.

Un chœur polygonal voûté en cul-de-four et de modestes chapelles placées dans les pans coupés complètent le plan. De vastes baies identiques à réseaux en béton armé apportent la lumière sur trois côtés de la nef, alors que toutes les faces de la tour lanterne octogonale sont vitrées. L'ossature des façades est remplie en maçonnerie de schiste local. Cet édifice n'est pas protégé au titre des monuments historiques, à la différence des autres réalisations normandes de Pierre Chirol⁹⁷².

4.7.2 Saint-Louis, Marseille (Bouches-du-Rhône), 1935

Jean-Louis Sourdeau (1889-1976) étudie à Lille et Paris avec Victor Laloux⁹⁷³ et obtient son diplôme après la Première Guerre mondiale. En 1935, il construit l'église Saint-Louis dans un des nouveaux quartiers de Marseille, en collaboration avec Carlo Sarrabezolles. Ce dernier réalise ici des sculptures monumentales en béton : le Christ sur la croix, un ange au sommet du clocher et deux hauts-reliefs sur la façade sur rue.

Le plan de type centré tient compte de la forme irrégulière du terrain disposant d'une seule ouverture sur la rue. De cette manière, l'espace principal est placé dans la partie la plus vaste disponible sur la parcelle et commande tous les espaces secondaires. Il est formé d'un prisme octogonal supportant une coupole en calotte sphérique, légèrement surbaissée et couverte en cuivre. La structure est

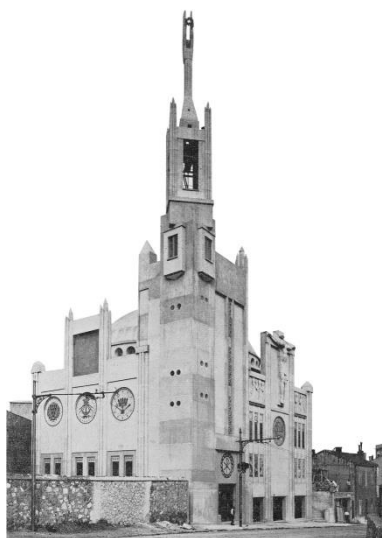
⁹⁷⁰ Référence Mérimée PA76000053.

⁹⁷¹ HOUILLIER J. B. L'architecture au salon des artistes français. In : *La Construction moderne*, N° 38, 19 juin 1932, pp. 621-622.

⁹⁷² L'église est labellisée « Patrimoine du XX^e siècle » en 2000.

⁹⁷³ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Jean-Louis Sourdeau. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00283632> (Consulté le 10 août 2023).

entièrement en béton armé, sauf pour les trompes réalisées en brique creuse. De petites baies en forme d'oculus percent tout le pourtour du tambour très bas du dôme. D'autres rosaces sont constituées de verre englobé dans le béton, dans des baies à dominante pleine, similaires à celles de Saint-Louis de Vincennes. Sur l'une des faces du prisme formant la nef, un percement en plein cintre ouvre l'espace du chœur aménagé dans une abside semi-circulaire.



177 Saint-Louis, Marseille. Vue ouest.
La Construction moderne, N° 42, 1936.

Sur la rue, une façade à trois registres verticaux termine le volume du narthex. Le même dispositif est reproduit sur l'élévation latérale, perpendiculaire à la voie publique. Entre les deux, la tour-porche sur plan rectangulaire forme une articulation. Elle est surmontée d'un beffroi positionné de manière atypique à l'angle extérieur et tourné à 45°. Ce parallélépipède est encadré par quatre piles d'angle formées de faisceaux de colonnettes terminées en pointes, dans une réinterprétation art-déco des pinacles. Au sommet, un ange aux ailes remontées lève ses bras dans un geste d'élancement qui achève la composition. En termes d'expression architecturale, l'usage du béton armé est lisible dans le traitement géométrique des façades, où la verticalité est soulignée par des colonnettes ou meneaux. Le dessin, sans références historiques, est imprégné de l'esprit art-déco. En 1989, l'édifice est inscrit au titre des monuments historiques⁹⁷⁴.

4.8 Églises de types composites

Cette catégorie regroupe des églises qui, du point de vue typologique, présentent un caractère original, issu soit d'un mélange équilibré d'archétypes traditionnels, soit d'une expression architecturale particulière.

4.8.1 Sainte-Jeanne d'Arc, Nice (Alpes-Maritimes), 1924-1933

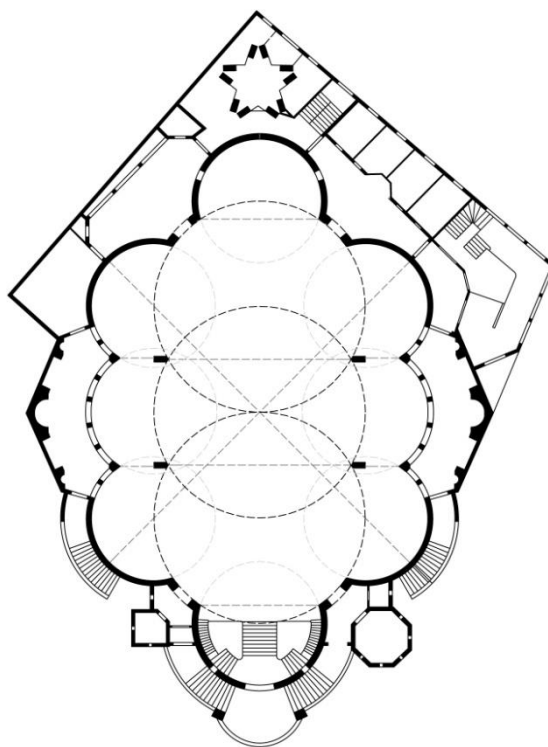
L'église Sainte-Jeanne d'Arc de Nice marque un tournant dans l'œuvre de Jacques Droz qui, dans la composition architecturale, adopte une extrême rigueur géométrique et, dans la technique, exploite au maximum le potentiel du béton armé. L'édifice reprend quelques éléments de crypte d'un lieu de culte préexistant inachevé⁹⁷⁵. Droz recherche la cohérence entre le plan et le volume, entre les formes et leur matérialité. Trois bases circulaires de coupôles ovoïdales s'entrecroisent pour former la nef. La

⁹⁷⁴ Référence Mérimée PA00081502.

⁹⁷⁵ CORVISIER Christian. Nice, église Sainte-Jeanne-d'Arc. In : *Congrès archéologique de France. 168^e session. Monuments de Nice et des Alpes-Maritimes 2010*. Paris : Société française d'archéologie, 2012, pp. 273-276.

figure du milieu passe par les centres des deux autres cercles. Quatre piles sont les seuls points d'appui visibles à l'intérieur, placés au croisement de ces figures. Deux absides sur l'axe longitudinal, de diamètre moins important, continuent l'espace, une pour le chœur, l'autre pour le dispositif d'entrée. De chaque côté de l'axe longitudinal, trois coupoles ovoïdales plus petites créent des bas-côtés. Le clocher sur un plan en étoile pentagonale est situé derrière le chœur et sa forme n'a pas d'équivalent historique, notamment au niveau de sa flèche sculpturale.

En façade principale, deux petits édicules flanquent le porche, la lanterne des morts sur plan carré et le baptistère sur plan octogonal, créant dans la volumétrie les seules formes vaguement traditionnelles. Ainsi, la lanterne plus haute se compose de retrait successifs et reçoit une petite flèche néo-romane, une analogie à échelle réduite de la flèche de Saint-Léon de Paris. Le baptistère rappelle celui de Florence, avec deux niveaux de tambour en retrait surmontés de la toiture octogonale. La position des deux éléments a été inversée par rapport au plan d'origine. L'éclairage naturel est assuré par des lucarnes rectangulaires en bâtière très hautes, placées au niveau supérieur des coupoles. Initialement, chacune était prévue sous la forme d'une entité sur trois niveaux, avec un retrait qui suit la courbe du dôme, mais le dessin est simplifié lors des travaux.



178 Sainte-Jeanne-d'Arc, Nice. Plan de l'église.
Dessin : l'auteur.

La structure en béton armé est étudiée par Hennebique⁹⁷⁶ et réalisée par l'entreprise Thorrand. À leur naissance, les coupoles en briques armées de 2,5 cm et béton armé ont une épaisseur de 45 cm qui diminue jusqu'à 8 cm à la clé⁹⁷⁷. Leur intrados est enduit à la chaux, alors que leur extrados dispose d'une couche de 4 cm de béton de pierre-ponce, prévue pour supporter à une couverture en cuivre⁹⁷⁸ jamais réalisée. Les registres horizontaux de l'enduit d'étanchéité faisant le tour des dômes atténuent toutefois l'effet massif des volumes. Sarrabezolles est associé pour la réalisation des œuvres d'art.

Si des arcs et voûtes paraboliques sont utilisés par d'autres architectes dans les églises de cette époque en France⁹⁷⁹, notamment Marcel Favier à Gennevilliers⁹⁸⁰, Albert-Paul Müller à Martigny-Courpierre,

⁹⁷⁶ CAAC. Notice biographique de Jacques Droz (1882-1955), 104 IFA. URL :

https://archiwebture.citedelarchitecture.fr/fonds/FRAPN02_DROJA (Consulté le 10 août 2023).

⁹⁷⁷ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., fig. 267-270, pp. 323-329 ; MARGERAND J.-L. Église Sainte-Jeanne d'Arc à Nice. In : *La Construction moderne*, N° 32, 10 mai 1936, p. 648.

⁹⁷⁸ La construction à Nice de l'église Sainte Jeanne d'Arc. In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, 1934, p. 96.

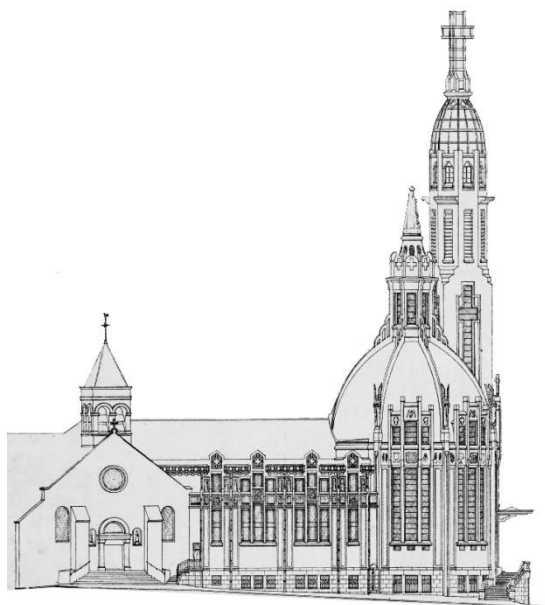
⁹⁷⁹ Antoni Gaudí les utilise des décennies plus tôt à la Sagrada Família de Barcelone. Joseph Diongre en fait usage à l'église Saint-Jean-Baptiste de Molenbeek en Belgique (1932-1933).

⁹⁸⁰ Nos chantiers d'églises et autres - en banlieue. *Le Christ dans la banlieue*. N° 3, 1932, p. 13 et N° 7, 1933, p. 18.

Jacques Debat-Ponsan à Roisel, James Bouillé à Lannion⁹⁸¹ et plus tard Roger-Henri Expert à Metz dans une version ogivale, Droz accomplit à Nice un exemple d'une parfaite cohérence dans les trois dimensions. Par ailleurs, la parabole est jugée comme la forme ultime de l'architecture gothique, synthèse dans un seul trait de la colonne, de la croisée d'ogives et de l'arc boutant⁹⁸². L'église Sainte-Jeanne d'Arc est inscrite au titre des monuments historiques en 1989 et classée trois ans plus tard⁹⁸³. Des travaux de restauration ont lieu à partir de 2008 sur les coupes, clocher, vitraux et peintures.

4.8.2 Notre-Dame-des-malades, Vichy (Allier), 1925-1931

Conçue par Antoine Chanet (1873-1964), élève de Victor Laloux à Paris⁹⁸⁴, et Jean Liogier (1894-?), élève de Tony Garnier à Lyon⁹⁸⁵, Notre-Dame-des-malades de Vichy s'articule avec l'église Saint-Blaise du XVI^e siècle par son déambulatoire. À l'opposé, la façade principale de la nouvelle église s'ouvre vers un carrefour.



179 Notre-Dame-des-malades, Vichy.
Façade latérale, 1930, montrant le rapport avec l'église ancienne Saint-Blaise (à gauche).
Archives de la Ville de Vichy. Fonds patrimoniaux.

Le plan dispose d'un espace principal circulaire couvert d'une coupole et d'un profond chœur-nef à tribunes sur deux travées. Il s'agit d'une disposition rare, assimilable de très loin à l'église des Invalides. De grandes baies à vitraux entourent la nef circulaire et la baignent de lumière. La voûte en berceau finie en cul-de-four au-dessus du chœur repose sur des poutres arrondies au niveau des encastresments. Elle est traversée par les nervures en béton armé qui prennent naissance sur les fines colonnes bleues à chapiteaux, recouvertes de stuc imitant le lapis-lazuli. Tout l'intérieur est richement décoré en peinture et mosaïque, en fort contraste avec la sobriété de l'extérieur. En volumétrie, le plan se traduit par un grand cylindre surmonté d'un dôme à lanternon juxtaposé à une basilique. L'accès s'effectue par un escalier monumental culminant avec le portail surmonté d'un auvent en pavés de verre. L'ossature

⁹⁸¹ Chapelle de l'institution Saint-Joseph, Lannion (Côtes d'Armor), construite entre 1936-1937, inscrite au titre des monuments historiques en 1995. Référence Mérimée PA00135254.

⁹⁸² LENIAUD Jean-Michel. Construire pour Dieu ? : Église, architecture et société au XX^e siècle. Conférence, 8 novembre 2020. In : Construire pour le culte : projets artistiques et techniques au XX^e siècle. Cité de l'architecture et du patrimoine. URL : <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/video/construire-pour-dieu-eglise-architecture-et-societe-au-xxe-siecle> (Consulté le 10 août 2023), min. 49.

⁹⁸³ Référence Mérimée PA00080940.

⁹⁸⁴ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique d'Antoine Chanet. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00282338> (Consulté le 10 août 2023).

⁹⁸⁵ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Jean Liogier. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00284050> (Consulté le 10 août 2023).

en béton armé s'exprime par des pilastres encadrant les baies. Comme seule ornementation, une frise en béton moulé à motifs abstraits est insérée au niveau supérieur des façades latérales et le lanternon dispose d'accents dorés. Le clocher sur plan carré prévu dans le projet d'origine est achevé dans les années 1950. En 2001, l'église est inscrite au titre des monuments historiques⁹⁸⁶.

4.8.3 Notre-Dame-Auxiliatrice, Nice (Alpes-Maritimes), 1926-1933

L'une des plus originales églises de cette époque, Notre-Dame-Auxiliatrice, est construite à Nice entre 1926-1933 par Jules Febvre⁹⁸⁷, ancien élève de Louis Jules André et Victor Laloux⁹⁸⁸. C'est la première église de la congrégation des Salésiens fondée par Don Bosco, qui sera suivie par la construction de Saint-Jean Bosco de Paris.

Dans une composition architecturale éclectique mélangeant éléments antiques, mauresques et art-déco, l'édifice dispose d'un plan composite, entre les types basilical, halle et centré. Ainsi, les deux collatéraux à tribunes sont d'une hauteur légèrement inférieure à celle de la nef centrale. Deux faux-transepts se superposent en volume sur les collatéraux, dessinant en plan une double croix latine. Des colonnes en béton armé de section octogonale marquent les travées inégales et la nef, terminée avec un chœur pentagonal. Sur les côtés, quatre grandes chapelles rectangulaires prolongent les collatéraux, en créant un espace très dilaté.

Aucune ligne courbe n'est utilisée à l'intérieur, les tribunes reposant sur des poutres longitudinales avec de simples évasements au niveau de leurs encastresments⁹⁸⁹. Sur la direction transversale, des poutres secondaires complètent ce vocabulaire typique du système Hennebique. Une combinaison de dalles inclinées⁹⁹⁰ supportant une dalle horizontale couvre l'espace, créant l'effet de pseudo-voûtes angulaires tronquées. Si les baies sont remplies de pastilles de verre sur une maille très serrée rappelant les moucharabiés, le décor intérieur peint par Eugène Doucet est appliqué directement sur l'ossature afin de mettre en valeur ses lignes de force, à l'instar de Saint-Jean de Montmartre.

À l'extérieur, l'église est composée d'un parallélépipède surmonté légèrement d'un volume à plan en double croix latine à bras égaux. Ce volume est couvert de toitures à faible pente en tuiles, reposant sur des corniches très proéminentes que l'on retrouve sur l'ensemble de l'édifice. Les pignons qui en résultent aux extrémités sont avancés et soutenus par des colonnes en béton armé à section octogonale. Par la répétition du même module sur chacune des élévations, Febvre fait preuve de rationalité et donne le même statut à toutes les façades.

⁹⁸⁶ Référence Mérimée PA00093413.

⁹⁸⁷ THÉVENON Luc. *1918-1958, La Côte d'Azur et la modernité*. Paris : Réunion des Musées nationaux, 1997, p. 155.

⁹⁸⁸ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Jules Febvre (1859-1934). URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00279632> (Consulté le 10 août 2023).

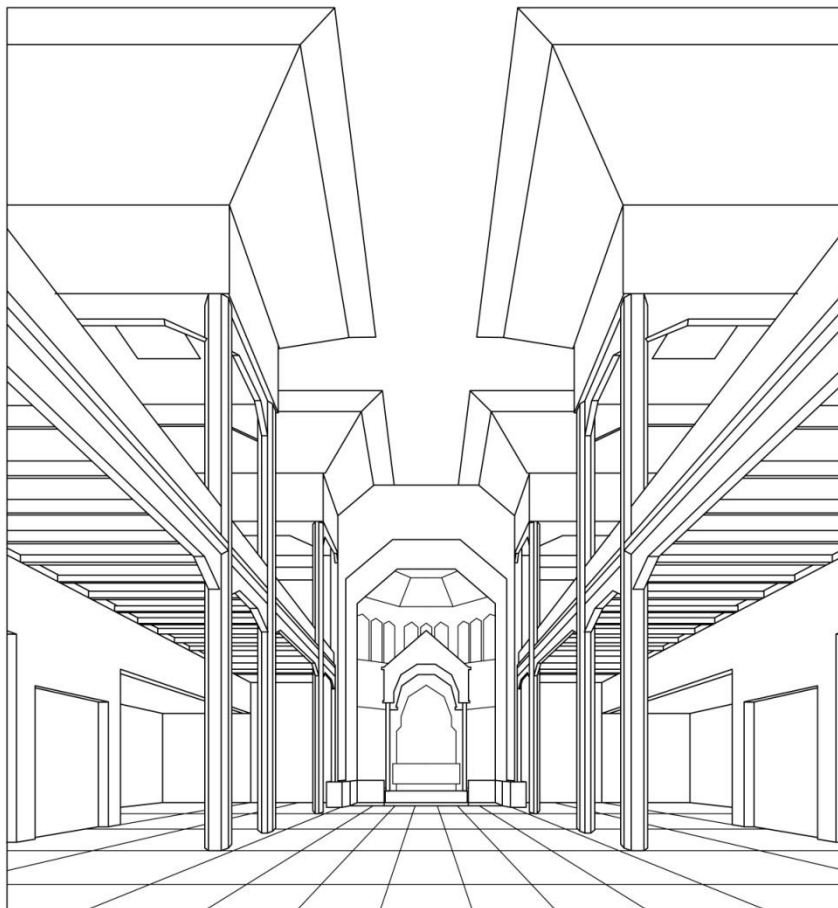
⁹⁸⁹ Ce détail, donnant l'aspect d'arcs angulaires tronqués, est une réponse technique au moment fléchissant négatif présent au niveau des encastresments.

⁹⁹⁰ Ces dalles rampantes anticipent et inspirent le projet de l'église Salésienne Saint-Jean Bosco de Paris.

Des volumes bas correspondant aux chapelles latérales, ainsi que le volume du chœur pentagonal, complètent la composition. Sous l'influence de Bérard (Rungis) plus que de Perret (Raincy), l'ossature en béton armé est lisible sur l'ensemble des façades dans les colonnes engagées, les montants et les traverses, qui créent une trame remplie de baies vitrées ou caissons. Sur le plan décoratif, l'attention se concentre au niveau supérieur, où des corbeaux moulés soutiennent les lourdes corniches incurvées et ornées de palmettes claires sur fond rouge.

Une statue de Sarrabezolles orne le sommet du pignon sud. Plus discrètement, des bas-reliefs moulés à divers motifs sont insérés au centre des caissons du niveau inférieur sur les deux façades courtes. L'église est inscrite au titre des monuments historiques en 2001, puis classée en totalité⁹⁹¹ en 2007.

Febvre construit en 1927, également à Nice, l'église de dimensions plus modestes Notre-Dame-du-Perpétuel-Secours, cette fois sur un plan centré avec une coupole d'inspiration byzantine et sans mise en évidence de la structure en béton armé.



180 Notre-Dame-Auxiliatrice, Nice. Schéma de l'espace intérieur.
Dessin : l'auteur.

⁹⁹¹ Référence Mérimée PA06000013.

5. L'emploi des premiers bétons armés dans les églises existantes

Nous proposons un aperçu de l'emploi du béton armé avant 1940 dans les monuments religieux dégradés ou inachevés. Ce regard permet de démontrer la confiance que les architectes restaurateurs ou créateurs font à la mise en œuvre du béton armé sur des édifices importants. Leur sentiment de sécurité et de maîtrise est souvent lié aux églises neuves qu'ils construisent. Beaucoup de questions sont soulevées par les chantiers présentés ci-dessous. La compatibilité entre le bâti ancien et le béton armé est-elle prise en compte ? Pouvons-nous constater des précautions en termes de vieillissement et d'entretien ? Est-ce-que ces interventions lourdes ont acquis une valeur patrimoniale par leurs intérêt constructif et historique ? Enfin, quelle méthodologie de restauration contemporaine peut être adaptée pour traiter aujourd'hui les pathologies propres de ces témoignages majeurs d'une étape particulière de l'école française de restauration ?

5.1 Prémices théoriques et pratiques

En 1830, le budget alloué par l'État à la restauration des monuments classés est de 200.000 francs, alors qu'en 1906 il atteint 1.417.000 francs⁹⁹². Le besoin de restauration est proportionnel avec l'augmentation du nombre de monuments historiques dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, mais les budgets suivent mal et le béton armé apporte des réponses économiques. Les raisons pour lesquelles les ACMH s'orientent vers l'emploi du béton armé, surtout dans la consolidation des

⁹⁹² REY Augustin. Monuments historiques-nouvelle méthode de restauration. In : *La Construction moderne*, N° 29, 1906, p. 341.

structures anciennes, sont d'abord d'ordre financier, mais tiennent aussi de leur intelligence constructive et de leur formation professionnelle rationaliste. Avec le béton armé, ils mènent en parallèle des chantiers d'églises nouvelles et des travaux de restauration d'églises existantes, qui se nourrissent réciproquement. Les architectes comme Perret ou Vidal, non spécialisés dans la restauration, mais qui interviennent dans les églises existantes, sont également forts d'une expérience sur des chantiers de lieux de culte nouveaux.

5.1.1 Premiers exemples d'emploi du béton armé dans la restauration des églises

En 1855, la tour centrale de Bayeux est reprise en sous-œuvre par Ruprich-Robert puis par Eugène Flachat⁹⁹³ avec des tuyaux métalliques de 9,5 m de profondeur remplis de béton. Paul Gout met en œuvre des dalles en béton sur les terrasses du chevet de l'église abbatiale du Mont Saint-Michel vers 1880 et réalise une épine en ciment armé entre les tours de la cathédrale de Reims en 1906. Les ACMH d'aujourd'hui reconnaissent à Anatole de Baudot un rôle de vecteur théorique du ciment armé dans la restauration⁹⁹⁴. Il met en pratique sa vision dans la consolidation de l'église Saint-Nicolas de Blois et dans une terrasse en ciment armé au château de Vincennes, par exemple.

À la cathédrale de Chartres, un linteau en ciment armé permet au début du XX^e siècle la conservation de voûtures au niveau du porche nord. Boeswillwald commence à la cathédrale de Laon une charpente métallique, mais Émile Brunet continue dans les années 1910 les travaux avec une charpente en béton armé monolithe sur la tour lanterne et les croisillons sud et nord⁹⁹⁵. D'autres architectes remplacent les couvertures en pavillon par des terrasses en béton armé aux cathédrales de Beauvais et Saint-Flour et à l'église Saint-Taurin d'Evreux en 1907. À Strasbourg, les architectes français continuent après 1918 les travaux de reprise en sous-œuvre de la cathédrale entrepris par l'allemand Jonathan Knauth, en utilisant des injections en ciment sous pression afin de créer un système de pilotis et un corset en béton armé provisoire qui permet le levage par vérins hydrauliques d'un gros pilier du transept⁹⁹⁶.

Un exemple de projet anticipateur

Après avoir abandonné ses études, André Ventre se présente au concours de la fondation Rothschild pour la rue de Prague, où la quatrième place lui vaut quelques commandes⁹⁹⁷. Au concours d'ACMH de 1906, il se fait remarquer avec un projet de consolidation en béton armé de l'église Saint-Martin de Triel-sur-Seine.

⁹⁹³ GOVEN François. Béton et monuments historiques. Une histoire parallèle. In : *Monumental*, N° 16, septembre 1999. p. 20.

⁹⁹⁴ PALLOT Eric. L'utilisation du béton dans la restauration des monuments historiques. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., pp. 97-99.

⁹⁹⁵ BRUNET Émile. Les nouveaux procédés de construction appliqués à la restauration des anciens édifices. In : *La Construction moderne*, 1^{er} mai 1927, pp. 364-366.

⁹⁹⁶ LÉON Paul. *La vie des monuments français. Destruction. Restauration*. Paris : À. et J. Picard et C^{ie}, 1951, p. 445.

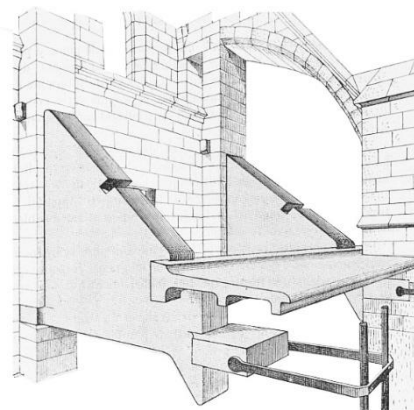
⁹⁹⁷ CAAC. Notice biographique d'André Ventre (1874-1951), 115 IFA. URL :

https://archiwebture.citedelarchitecture.fr/archive/fonds/FRAPN02_VENAN (Consulté le 10 août 2023).

Classée sur la liste de 1862, l'église de Triel est construite à partir du début du XIII^e siècle pour être remaniée une première fois peu après, à cause d'un effondrement des voûtes de la nef centrale. Les voûtes sont reconstruites au début du XIV^e siècle d'une manière plus solide, mais toujours défectueuse, car la charge verticale portante sur les colonnes de la nef est insuffisante. La résultante des forces sort en dehors des appuis verticaux, les murs de la nef se penchant vers l'extérieur. En effet, ils ne sont pas suffisamment contrebutés, défaut longtemps équilibré par des étrésillons en bois. Les graves problèmes de stabilité des voûtes forment le sujet de l'épreuve de stabilité du concours ACMH. André Ventre propose, dans ce cadre, une méthode de consolidation qui marque l'ouverture à l'emploi du béton armé dans la restauration des monuments historiques.

Considérée à l'époque comme un monument de second degré, l'église de Triel ne justifie pas de coûteux travaux de consolidation traditionnelle, visant à forcer la résultante des poussées de revenir dans l'axe vertical des colonnes par un système d'encorbellement successif, qui entraînerait par ailleurs d'amples démolitions. La commande du projet est d'économiser les étalements, d'exécuter les travaux rapidement, de rendre l'intervention invisible : « cette méthode existe, c'est celle qui consiste à employer judicieusement le ciment armé ».⁹⁹⁸

André Ventre propose la suppression des improvisations, dont les tirants tenant en place les voûtes. Au niveau du sol du triforium est prévue une poutre en béton armé d'élévation triangulaire qui pénètre dans l'épaisseur du mur de la nef pour reposer dans l'axe de gravité des colonnes. De l'autre côté, la poutre s'encastre dans le contrefort, alors que dans sa partie basse se trouve une semelle conçue pour diffuser sur une plus grande surface la pression transmise au contrebutement par les voûtes. L'architecte dessine aussi les armatures et prévoit de profonds ancrages dans la maçonnerie. Chaque élément triangulaire en béton armé a une pente correspondant à celle des arcs-boutants et permet d'exercer un poids considérable contre les voûtes. Ces dispositifs invisibles remplissent aussi le rôle de fermes pour les charpentes couvrant les collatéraux.



181 Église de Triel. André Ventre. Pièces de consolidation en béton armé.
La Construction moderne, 28 avril 1906.

Ventre ne mettra pas en œuvre cette méthode pour sauvegarder l'église de Triel. La première tranche de travaux est achevée en 1911 avec, notamment, une reprise en sous-œuvre des colonnes. Une deuxième campagne de restauration est finalisée en 1976 avec la restitution de l'état primitif du bas-côté nord, comme l'indique une plaque commémorative.

Les conclusions de ce premier projet théorique par André Ventre sont multiples : le béton armé autorise l'application des charges ponctuelles à l'endroit souhaité à cause de son monolithisme. Le

⁹⁹⁸ REY Augustin. Monuments historiques. Nouvelle méthode de restauration. In : *La Construction moderne*, 21 avril 1906, pp. 340-344 et 28 avril 1906, pp. 354-357.

rapport entre le poids et la section de l'élément est très favorable pour une utilisation économique. La rigidité des structures historiques peut être accrue par des chaînages plus durables que le fer et dissimulables. La question de la visibilité du béton sur ce type d'intervention est claire dès le début : le nouveau matériau ne doit jamais rester apparent.

En tant qu'ACMH, André Ventre intervient sur la restauration de la cathédrale de Verdun et du dôme des Invalides. Pendant la Première Guerre mondiale il se place parmi les fondateurs du mouvement régionaliste, effectuant des relevés d'architecture vernaculaire. Il réfléchit avec Henri Sauvage sur la ville moderne. Avec Émile Aillaud et Roger-Henri-Expert il réalise la gare de Versailles-Chantiers⁹⁹⁹. Sa dernière réalisation est le ministère de la marine marchande, place Fontenoy, édifice qui relève à la fois de l'art déco et du style international. Ventre illustre la capacité des ACMH du début du XX^e siècle d'être en permanent accord avec les nouvelles techniques et manifestations de l'architecture. Quant à l'église de Triel, elle est restaurée plus tard avec un système de deuxième arc boutant en béton armé inclus dans les combles des collatéraux, relié aux piles de la nef par un chaînage et reposant sur des poutres métalliques enrobées de béton¹⁰⁰⁰.

Consolidations d'églises en système Hennebique

L'église Notre-Dame de Brebières dans la Somme est élevée à la fin du XIX^e siècle sur les plans de l'architecte Edmond Duthoit, qui combine des éléments de style byzantin et mauresque sur un fond à caractère toscan. Pendant le chantier, la tour occidentale doit faire l'objet d'une consolidation urgente. Arrivée à une hauteur de 45 m, elle commence à s'enfoncer dans le sol à cause d'une mauvaise exécution des fondations. La solution de stabilisation en béton armé système Hennebique consiste à créer une semelle encastrée dans la maçonnerie des fondations existantes qui dépasse de 6 m les limites de la tour, en réduisant de deux tiers la pression exercée sur le sol. Ces travaux sont présentés par *Le Béton armé* comme l'une des premières applications importantes du béton armé en France¹⁰⁰¹. Détruite lors de la Première Guerre mondiale, l'église est reconstruite à l'identique par le fils de Duthoit. En 2004, elle est classée au titre des monuments historiques dans sa totalité¹⁰⁰².

Le béton armé système Hennebique est utilisé entre janvier et juillet 1908 pour le renforcement des fondations de l'église Notre-Dame à Laeken en Belgique¹⁰⁰³. Construite à partir du milieu du XIX^e siècle sans être véritablement achevée, l'église souffre de tassements irréguliers qui menacent sa stabilité, surtout au niveau du porche et des tours qui prennent une inclinaison de plus de 40 cm sur une hauteur de 55 m. Les travaux de consolidation des fondations sont exécutés par un

⁹⁹⁹ COMPAGNIE des ACMH. Fiche biographique André Ventre. URL : <http://www.compagnie-acmh.fr/ventre/> (Consulté le 10 août 2023); GOVEN François. Béton et monuments historiques. Une histoire parallèle. In : *Monumental*, N° 16, septembre 1999, p. 22.

¹⁰⁰⁰ LEON Paul. *La vie des monuments français. Destruction. Restauration*. Paris : A. et J. Picard et Cie, 1951, p. 441.

¹⁰⁰¹ Renforcement des fondations de la tour de l'église Notre-Dame de Brebières à Albert (Somme). In : *Le Béton armé*, N° 151, 1910, pp. 197-198.

¹⁰⁰² Référence Mérimée PA80000002.

¹⁰⁰³ QUESNEL L. Renforcement des fondations de l'Église Notre-Dame à Laeken (Belgique). In : *Le Béton armé*, N° 151, 1910, pp. 190-194.

cessionnaire bruxellois du système Hennebique, sous la direction de plusieurs architectes. Afin de créer un massif de fondation unitaire, les fondations existantes en pierre sont enserrées dans les nouvelles par un agrandissement sur tous les côtés et une solidarisation avec des ancrages métalliques. Ces derniers sont fixés à l'intérieur des trous perforés dans la pierre et remplis de béton, ou dans des harpages établis dans la maçonnerie.

En 1908 aussi, Hennebique réalise des plans pour le renforcement des fondations d'un pilier de la cathédrale de Strasbourg¹⁰⁰⁴ (pilier Knauth). Avant la Première Guerre mondiale, le bureau est associé à divers travaux de restauration de monuments religieux importants, dont le clocher de la cathédrale de Rodez en 1914, avec l'architecte Henri Laffillée¹⁰⁰⁵. Dans le cadre de la première Reconstruction, Hennebique intervient par exemple en 1929 à l'église de Moreuil et à la cathédrale d'Arras¹⁰⁰⁶, et en 1930 à l'ancienne abbaye Saint-Léger de Soissons¹⁰⁰⁷.

La généralisation du béton armé dans la restauration

En dehors des grandes églises dévastées par la guerre que nous présentons plus loin, d'autres chantiers illustrent l'usage croissant du béton armé dans les travaux de restauration. À Versailles, dans les années 1920, Patrice Bonnet utilise le béton armé dans des proportions spectaculaires pour reconstruire les planchers de l'aile Louis XIII, la toiture du Grand Trianon et l'Orangerie, ainsi que pour la restauration d'autres ouvrages dans le parc : le bosquet des Rocailles, le bassin du Plat-fond, les maisonnettes du hameau, des escaliers etc. Des toitures terrasses en béton armé sont également mises en place au château de Fontainebleau par Albert Bray à la même époque. Remarqué par Anatole de Baudot pour la construction en ciment armé du lycée Jules Ferry¹⁰⁰⁸, Pierre Paquet reconstruit en béton armé la structure intérieure du beffroi de la cathédrale d'Arras où, par ailleurs, il renforce le dôme et monte la charpente du chœur avec le même matériau¹⁰⁰⁹. Au milieu des années 1930, il refait en béton armé les couvertures plates sur les communs du château de Chambord¹⁰¹⁰. Après la Deuxième Guerre mondiale, l'emploi du béton armé dans la restauration continue à prendre une place importante¹⁰¹¹.

¹⁰⁰⁴ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-01-1908-56069. 76 IFA 1301/17. Cathédrale de Strasbourg. Renforcement.

¹⁰⁰⁵ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-16-1914-59550. 76 IFA 1598/18. 76 IFA 1598/18. Cathédrale de Rodez. Clocher.

¹⁰⁰⁶ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-17-1929-38414. 76 IFA 2174/3. Cathédrale d'Arras. Charpente en béton armé.

¹⁰⁰⁷ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-19-1930-40560. 76 IFA 2244/12. 76 IFA 3274/3. Ancienne abbaye Saint-Léger, Soissons (Aisne). Restauration de la salle capitulaire et de l'église (ferme en béton armé).

¹⁰⁰⁸ DE BAUDOT Anatole. *L'Architecture - le passé - le présent*. Op. Cit., pp. 149-150.

¹⁰⁰⁹ CAPELAIN Jean, NORMAND Rose-Marie, TILLIE Michel. La cathédrale d'Arras sous les bombes. Diocèse d'Arras. URL : <http://arras.catholique.fr/cathedrale-arras-sous-bombes.html> (Consulté le 10 août 2023) ; LEON Paul. *La vie des monuments français. Destruction. Restauration*. Paris : A. et J. Picard et C^{ie}, 1951, p. 502.

¹⁰¹⁰ PAQUET Pierre. La remise en état des communs du château de Chambord. In : *Les Monuments historiques de la France*, 1937, fascicule 3, p. 121.

¹⁰¹¹ Michel Ranjard continue les travaux de Paquet à Chambord avec la mise en place des ceintures et fermes en béton armé. La consolidation de l'église de la Chaise-Dieu est réalisée en béton précontraint coulé sur place, dans un espace encombré et difficile d'accès. André Donzet crée ici de grandes fermes dans les combles afin de soulager les arcs sur lesquels reposent les deux tours occidentales. À la Collégiale de Saint-Leu d'Esserent, Jean-Pierre Paquet met en place des arcatures en béton armé incorporées dans les maçonneries. À Saumur, André Vitry restaure le dôme de Notre-Dame-des-Ardilliers en béton armé de 8 à 12 cm d'épaisseur.

5.1.2 Théories fondatrices sur l'emploi du béton armé dans la restauration

Pendant un quart de siècle passé en tant qu'enseignant-fondateur du cours de Chaillot, Anatole de Baudot imprègne les futurs restaurateurs de monuments historiques de sa propre compréhension de l'architecture du passé. Produit complexe des civilisations, l'architecture est pour lui toujours en accord avec les techniques constructives contemporaines. On ne reproduit pas une façon de faire si la matière, l'artisan et la mise en œuvre sont dépassés par l'actualité. Les techniques sont constamment améliorées en créant des styles qui évoluent avec elles sur un itinéraire dicté par la raison¹⁰¹². Anatole de Baudot trouve ses principaux arguments dans l'architecture des églises et cathédrales. Il estime que l'apparition du ciment armé est une nouvelle étape dans l'évolution naturelle des techniques constructives, et qu'il faut l'utiliser sans délai dans l'architecture de prestige. En revanche, nombreux sont les architectes des années 1890-1900 qui lui accordent une place marginale. Sans nier ses qualités confirmées dans les ouvrages de génie civil, pour eux, le jeune matériau doit rester invisible.

Pour la diffusion de la nouvelle technique, le mérite principal d'Anatole de Baudot réside dans la force de son exemple rationaliste. Il est déjà pionnier dans la restauration lorsqu'il utilise le ciment armé système Cottancin sur une pile de l'église Saint-Nicolas-Saint-Laumer et sur des planchers du château de Blois (1892-1896). À Saint-Jean de Montmartre, il franchit la limite de la théorie avec une audace qui ne passe pas inaperçue. Non seulement il utilise ce matériau controversé sur l'un des types les plus nobles de l'architecture, mais il lui réserve le rôle principal, celui de conditionner la composition et les formes.

Certains ACMH, comme André Ventre en 1905 ou Louis Barbier en 1925, proposent, dès leur concours d'admission, des solutions de restauration utilisant le béton armé pour des édifices religieux médiévaux présentant de graves désordres. Ceci démontre l'intérêt des professionnels pour des solutions innovatrices. Émile Brunet et André Collin ont l'occasion d'expérimenter, avec un succès reconnu par leurs contemporains, la technique du béton coulé en place dans les églises ruinées par la guerre. Le cas exceptionnel des charpentes en béton armé réalisées par Henri Deneux nous offre le modèle conceptuel en parfaite continuité avec le XVI^e siècle de Philibert de l'Orme. Ces interventions très lourdes sont, pendant la première moitié du XX^e siècle, acceptées et légitimées, d'une part par la pénurie, d'autre part grâce à la confiance faite au savoir-faire des architectes et des entreprises.

Paul Léon, chef du service d'architecture au sous-secrétariat des Beaux-Arts à partir de 1907 et puis directeur des Beaux-Arts de 1919 à 1932, joue un rôle fondamental dans l'application de la doctrine contemporaine, surtout dans le cas des charpentes reconstruites en béton armé. Pour lui, la restitution de ce qui a disparu est « le seul moyen de conserver une forme et de faire vivre une pensée »¹⁰¹³. Il est

¹⁰¹² Pour BERCÉ Françoise. *Des Monuments historiques au Patrimoine*. Paris : Flammarion, 2000, p. 44, « le rationalisme médiéval n'est que la projection du rationalisme du XIX^e siècle, sur le Moyen Âge », un malentendu qui justifie une vision radicale et désastreuse pour certains monuments restaurés dans cette optique : les églises de Vignory, Germigny etc., refaites dans un style parfait, en éliminant les « accidents » historiques.

¹⁰¹³ LÉON Paul. La restauration des monuments en France. In : *La conservation des monuments d'art et d'histoire*. Paris : Institut de coopération intellectuelle, 1933, pp. 58-59.

certain que dans les zones essentielles et visibles, les travaux doivent être guidés par la répétition fidèle des procédés traditionnels de l'art qui a donné naissance au monument. Avec le spectre du vandalisme révolutionnaire en tête, il ne faut pas laisser périr de nouveau des monuments, leur restauration s'imposant afin de perpétuer les significations qu'ils portent, avec l'aide des techniques contemporaines :

« La perfection des procédés actuels a fait ses preuves au cours des restaurations entreprises dans les régions dévastées qui utilisent les ressources de la technique moderne tout en conservant intact l'esprit même du Moyen Âge. »¹⁰¹⁴

Après la Première Guerre mondiale, la dimension des destructions impose dans le domaine de la restauration des réponses rapides, faciles à mettre en œuvre et peu coûteuses. C'est l'époque de la conférence d'Athènes sur la conservation des monuments et celle du dépassement définitif des techniques de restauration du XIX^e siècle¹⁰¹⁵. D'après Paul Léon, « la restauration fait place à la conservation », puisqu'on renonce à reconstruire pour s'orienter vers la sauvegarde de l'héritage du passé¹⁰¹⁶. Les italiens essayent sans succès d'imposer à Athènes deux grands principes : la distinction nette entre l'adjonction et l'originel, et la totale simplicité des adjonctions, sans laisser place à l'expression contemporaine¹⁰¹⁷. Dans les régions françaises dévastées par la guerre, ces principes sont difficilement applicables en raison de l'ampleur des destructions, les parties d'origine restantes étant souvent réduites. Un autre principe émerge, celui de compatibilité, ou insertion harmonieuse, qui autorise la création sous condition de ne pas rivaliser avec les parties anciennes et de contribuer à leur mise en valeur.

Sous le contrôle prudent de l'inspecteur général des monuments historiques Charles Genuys ont lieu plusieurs chantiers de restauration utilisant la technique déjà largement diffusée du béton armé¹⁰¹⁸. Genuys exprime ainsi sa vision : « l'architecte des monuments historiques doit être plus médecin que chirurgien. La médecine, c'est le strict, sévère entretien. La chirurgie, il ne faut y recourir que dans les cas graves, pressants, urgents quand l'existence d'un édifice est en péril (...) »¹⁰¹⁹. Ainsi, sur un chantier « chirurgical », les charpentes de la cathédrale et de l'église Saint-Remi de Reims sont refaites par Henri Deneux selon une technique contemporaine utilisant le ciment armé.

Lors de la conférence d'Athènes en 1931, Paul Léon expose sa conception sur la restauration. Ses idées, partagées par la plupart des spécialistes, sont reprises dans la Charte qui est élaborée à cette

¹⁰¹⁴ Ibidem.

¹⁰¹⁵ GARNERO Stéphane. La doctrine de la restauration en France entre les deux guerres. Quelques considérations sur la mise à jour de la discipline. In : *Livraisons d'histoire de l'architecture*, N° 13, 2007. Architectures des établissements d'enseignement supérieur, p. 123.

¹⁰¹⁶ LÉON Paul. La restauration des monuments en France. In : *La conservation des monuments d'art et d'histoire*. Paris : Institut de coopération intellectuelle, 1933, p. 56.

¹⁰¹⁷ GIOVANNONI Gustavo. La restauration des monuments en Italie. In : *La conservation des monuments d'art et d'histoire*. Paris : Institut de coopération intellectuelle, 1933, pp. 60-66.

¹⁰¹⁸ PALLOT Eric. Art. Cit., p. 98.

¹⁰¹⁹ GENUYS, Charles. Leçon inaugurale à l'École de Chaillot. MPP, N° 80/58/2, procès-verbaux de la commission des monuments historiques.

occasion. Le ciment armé est explicitement mentionné comme matériau dont l'emploi est permis, sous la condition d'être masqué :

« Les experts ont entendu diverses communications relatives à l'emploi des matériaux modernes pour la consolidation des édifices anciens. Ils approuvent l'emploi judicieux de toutes les ressources de la technique moderne et plus spécialement du ciment armé. Ils spécifient que ces moyens confortatifs doivent être dissimulés sauf impossibilité, afin de ne pas altérer l'aspect et le caractère de l'édifice à restaurer. (...) »¹⁰²⁰

Pour une époque où le terme « béton armé » est depuis longtemps consacré par la réglementation et les pratiques, le fait d'utiliser le « ciment armé »¹⁰²¹ dans la Charte démontre l'influence persistante d'Anatole de Baudot dans le milieu de la restauration¹⁰²². Sur le fond, les travaux menés par les ACMH français sur les édifices religieux dévastés par la guerre offrent des arguments dans la réflexion internationale qui a lieu à Athènes. Le fait d'indiquer un matériau nouveau dans ce contexte atteste l'importance qu'il a acquis dans la restauration.

5.2 La restauration de grandes églises avec les premiers bétons armés, 1919-1940

Nous retenons les exemples de trois ACMH qui interviennent sur de grands monuments religieux à l'issue de la Première Guerre mondiale.

Le premier est Henri Deneux (1874-1969), qui commence sa carrière auprès de l'architecte diocésain rémois Édouard Thierot, responsable de la cathédrale. Au concours d'ACMH de 1905, il est le mieux classé¹⁰²³. Il construit son propre immeuble dans le XVIII^{ème} arrondissement en 1912, sur un terrain d'angle au 185 rue Belliard, avec une ossature en ciment armé et une toiture terrasse. Le bâtiment est remarqué par Anatole de Baudot qui le présente de manière élogieuse¹⁰²⁴. Les façades en plaques carrées de céramique colorée rappellent l'esthétique d'Alexandre Bigot. En 1915, Deneux est nommé architecte en chef de la cathédrale de Reims, dans laquelle il va travailler pour un quart de siècle jusqu'à sa retraite. Il rentre en 1939 à Paris et vit discrètement le reste de sa vie dans l'un des appartements de son immeuble où, dans le tympan du portillon, il est représenté en train de réfléchir sur une planche, entouré comme les saints, par les attributs du métier : té à dessin, équerre, compas.

¹⁰²⁰ ICOMOS. *La Charte d'Athènes pour la Restauration des Monuments Historiques - 1931, IV. - Les matériaux de restauration*. URL : <https://www.icomos.org/fr/chartes-et-normes/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/425-la-charte-dathenes-pour-la-restauration-des-monuments-historiques-1931> (Consulté le 10 août 2023).

¹⁰²¹ « Reinforced concrete » dans la variante anglaise de la Charte.

¹⁰²² Anatole de Baudot est un critique du caractère mercantile et vulgaire du béton armé.

¹⁰²³ COLL. *Les charpentes de la cathédrale de Reims*. Reims : éditions RHA, Société des amis du vieux Reims, 1988.

¹⁰²⁴ DE BAUDOT Anatole. *L'Architecture - le passé - le présent*. Op. Cit., pp. 159-161.

Elève d'Anatole de Baudot et de Charles Genuys, Émile Brunet (1872-1952) est reçu au concours ACMH de 1899. Il a aussi une activité de création, avec notamment l'église parisienne Saint-Léon présentée plus haut. À l'exposition des arts décoratifs de 1925, il construit une « maison du tisserand »¹⁰²⁵ avec des façades en brique « amiantine » d'un ton jaune pâle ou teinté, la même que celle utilisée sur Saint-Léon. Pendant les années 1930, il construit le vaste lycée de filles de Sceaux¹⁰²⁶.

En termes d'écriture et de composition architecturale, Brunet se situe dans la tradition des Beaux-Arts. Au niveau des détails, il utilise, en revanche, des éléments personnels ou d'inspiration expressionniste. En matière de restauration, il intervient notamment sur la collégiale de Saint-Quentin et la cathédrale de Soissons où il emploie à grande échelle le béton armé.

André Collin (1875-1966) est reçu au concours ACMH de 1905. Lors de la Première Guerre mondiale, il est officier en chef du service de protection des monuments du front, assurant l'évacuation des œuvres d'art situées dans les communes bombardées. Après guerre, il est en charge de l'Oise, département très affecté par les combats¹⁰²⁷. Il intervient sur la cathédrale de Noyon, dans l'un des exemples tardifs d'usage du béton armé dans la restauration des monuments religieux dévastés par la Première Guerre mondiale.

5.2.1 La restauration de la cathédrale de Reims

L'histoire de la cathédrale de Reims est marquée par le feu. Elle est construite à partir du 1211 à l'emplacement d'une ancienne église détruite par un incendie. Vers la fin du XV^e siècle, la charpente est une première fois incendiée par la négligence des ouvriers couvreurs. En 1914, peu après le commencement des hostilités, la cathédrale est bombardée avec des obus incendiaires qui détruisent la charpente en chêne et partiellement la tour nord, calcinée suite au feu pris par l'échafaudage, alors en place. Le reste de la guerre apporte d'autres destructions sur l'édifice qui, à la fin des combats, se trouve gravement mutilé au milieu d'une ville ruinée. La charpente et la couverture sont détruites en totalité. Les voûtes sont percées à plusieurs endroits. Les gargouilles sont bouchées par l'énorme quantité de plomb fondu lors de l'incendie, alors que des voussoirs, claveaux ou chapiteaux autour des brèches restent en place dans un dangereux équilibre.

Henri Deneux surveille la cathédrale pendant la guerre en compagnie de l'architecte Max Sainsaulieu, avec lequel il fait des relèves¹⁰²⁸, mais ne peut pas monter des échafaudages en raison du risque permanent de bombardement. La commission des monuments historiques lui confie la restauration immédiatement après la fin du conflit. Des réparations d'urgence sont alors entreprises sous la menace d'effondrement des lourdes maçonneries. En effet, l'épaisseur des voûtes est située entre 55-

¹⁰²⁵ GOISSAUD Antony. La maison du tisserand. In : *La Construction moderne*, N° 2, 1925, pp. 19-21.

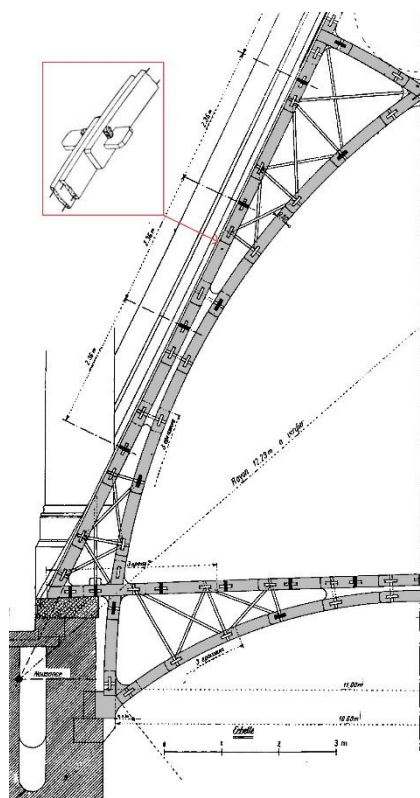
¹⁰²⁶ Aujourd'hui lycée Marie Curie.

¹⁰²⁷ TROUVELOT Jean. André Collin 1875-1966. In : *Les Monuments historiques de la France*, vol. 13, 1967, p. 60.

¹⁰²⁸ Extraits de relevés publiés dans : COLL. *Les charpentes de la cathédrale de Reims*. Reims : éditions RHA, Société des amis du vieux Reims, 1988, 53 p.

75 cm, très importante par rapport à celle des autres cathédrales, située entre 12-22 cm. À l'aide d'étaisements, les claveaux des arcs instables sont désassemblés¹⁰²⁹. Pour leur remise en place, ils sont scellés aux voûtes avec du mortier de ciment.

Le pilier sud-est de la croisée du transept est l'un des endroits les plus instables sur lequel Deneux fait des injections de ciment Portland dans chaque assise, atteignant une quantité de mortier de 19 t au total. Cette technique est utilisée par la suite dans d'autres éléments de construction disloqués¹⁰³⁰.



182 Cathédrale de Reims. Henri Deneux.
Coupe partielle de la charpente en ciment armé.
Travaux, N° 70, 1938.

Dans la vision des contemporains, une charpente en ciment armé sur la cathédrale de Reims se justifie par le manque de bois, le coût et la résistance au feu. Les deux incendies dévastateurs précédents font craindre un phénomène régulier. L'acier est exclu car en cas d'incendie, ses déformations pouvant exercer une force latérale sur les murs gouttereaux, seraient susceptible d'entraîner l'effondrement de la charpente sur les voûtes et la chute de celles-ci. Pour un béton armé classique coulé sur place il y a un problème pratique, car les fermes doivent avoir 19 m de hauteur et être posées à 40 m au-dessus du sol, alors que leur pente doit être de 60%. Le coût des coffrages serait supérieur à 30% du montant total des travaux, avec des difficultés d'exécution et un réel danger pour les ouvriers. Tout ceci oriente le projet vers une charpente assemblée en petits éléments de ciment armé facilement manipulables. Leur poids est limité à 50 kg par unité, afin de ne pas utiliser des engins de levage. Comme la densité du ciment armé est trois fois supérieure à celle du bois, Deneux prévoit de réduire au maximum le volume pour ne pas surcharger les murs de la nef. Aussi, le chevonnage en bois est supprimé, en intégrant son rôle dans la structure même de la ferme.

La charpente détruite comprenait des parties autonomes correspondant au chœur, au transept et à l'amorce de la flèche centrale, avec deux moitiés différentes au-dessus de la nef centrale. Henri Deneux s'inspire du type de charpente assemblée avec de petites pièces de bois imaginée par Philibert de l'Orme au XVI^e siècle¹⁰³¹. Il adapte cette conception afin de restituer à l'extérieur les volumes disparus. Les fermes sont constituées de petits éléments de 4 cm d'épaisseur, 20 cm de largeur et 100 cm à 300 cm de longueur, moulés à pied d'œuvre à l'aide de coffrages simples. Dans les pièces, des entailles et des mortaises sont réservées pour l'assemblage.

¹⁰²⁹ FORESTIER Marcel. La reconstruction de Reims. Les monuments historiques. In : *La Construction moderne*, N° 51, 1927, p. 595.

¹⁰³⁰ BRAIVE Georges. La restauration de la Cathédrale de Reims. In : *Travaux*, N° 70, 1938, pp. 423-436.

¹⁰³¹ DE L'ORME Philibert. *Inventions pour bien bastir et à petits fraix*. Paris, 1561.

Le dosage du ciment est fixé à 350 kg/m³, avec très peu d'eau. Les armatures se composent de barres d'acier rond de 12 mm tenues en place par des étriers. Le démoulage des pièces s'effectue après douze jours de durcissement. Les fermes sont montées sur un cintre en bois qui est déplacé suivant l'avancement des travaux. Un assemblage avec des clavettes en bois est réalisé dans les entailles prévues d'avance. Chaque ferme type est constituée de deux arbalétriers à treillis, droits vers l'extérieur et incurvés vers l'intérieur, avec un entrain principal supporté par un arc inférieur à treillis aussi, reposant sur des corbeaux créés dans la maçonnerie des murs.

À l'intérieur de la ferme, un vaste espace est créé, accessible par un plancher de service supporté par l'entrain¹⁰³². Du point de vue statique, la nouvelle structure n'est pas un monolithe et présente des avantages similaires aux charpentes en bois. Elle fonctionne comme une ossature à treillis, harmonisant les efforts de tension et compression.

Ce projet de création pure, qui ne restitue que le volume extérieur du monument, reçoit un avis très favorable de la commission des monuments historiques : « (elle) présente le plus grand intérêt au point de vue artistique et constructif »¹⁰³³. À cette époque, les parties des monuments invisibles au public sont encore le terrain d'expérimentation des architectes restaurateurs¹⁰³⁴.

La couverture est refaite en plomb entre 1926-1928 avec le matériau ancien fondu lors de l'incendie, récupéré à 75%. Henri Deneux refuse d'utiliser un procédé de laminage déjà appliqué sur Notre-Dame de Paris et fait couler des plaques de plomb sur sable, selon la méthode d'origine. En rétablissant la crête formée de fleurs de lys et de trèfles, l'architecte revient à un état antérieur à la Révolution. Ces détails montrent le fort contraste d'approche entre l'intérieur invisible et l'extérieur apparent sur ce chantier, c'est-à-dire entre les technologies contemporaines de pointe et l'artisanat médiéval. Deneux introduit une autre technologie moderne invisible, le réseau de chauffage à vapeurs placé sous le dallage de la cathédrale¹⁰³⁵. Le chauffage au sol est une innovation dans la construction des églises nouvelles, comme Saint-Esprit de Paris ou Saint-Pierre-de-Chaillot.

5.2.2 La restauration de l'église Saint-Remi de Reims

Saint-Remi de Reims est construite à partir du XI^e siècle en plusieurs phases. Les voûtes qui remplacent en 1170 le plancher primitif exercent une poussée latérale en dessous des arcs-boutants, source de désordres remédiés sans efficacité au cours des siècles. Après un effondrement partiel, elles sont remplacées au XIX^e siècle par des voûtes en bois enduites sous la direction de Narcisse

¹⁰³² Des images de la charpente en cours d'achèvement sont publiées dans : *Encyclopédie de l'architecture. Constructions modernes*. Tome 2. Paris : Albert Morancé, s.d. (1929-1939), pp. 5-6.

¹⁰³³ Procès-verbal de la commission des monuments historiques du 19 novembre 1920. MPP, N° 80/15/24.

¹⁰³⁴ BIDAUD Camille. *La doctrine des Monuments historiques en France d'après Paul Léon (1874-1962)*. Op. Cit., p. 164.

¹⁰³⁵ BRAIVE Andrée, BRAIVE Georges. La restauration de la cathédrale de Reims. In : *La Construction moderne*, N° 18-1, 1939, pp. 222-227 et N° 20, 1939, pp. 254-259.

Brunette¹⁰³⁶, considéré par Deneux comme le sauveur de cette église qui risquait d'être démolie¹⁰³⁷. Pendant la Première Guerre mondiale, les chapelles sont détruites par les bombardements et en 1918 la charpente et les voûtes du XIX^e siècle sont incendiées. Chargé de la restauration, Deneux ne peut pas empêcher l'effondrement de certains murs non étayés, qui détruisent dans leur chute d'autres parties de l'église.

Le choix principal pour le projet de restauration réside dans l'emploi du béton armé qui permet de restituer les voûtes du XII^e siècle sans intervenir sur l'aspect extérieur de l'église : « refaire les voûtes en bois c'était un aveu d'impuissance, refaire les arcs-boutants placés comme il convenait, c'était modifier l'aspect traditionnel de l'édifice », écrit Paul Léon¹⁰³⁸. Le béton armé présente un réel atout dans le contexte de crainte permanente d'incendie et de prise de conscience sur la fragilité des choses réputées durables qui caractérise le monde après la guerre. Quand les anciennes voûtes sont remplacées au XIX^e siècle par une structure en bois, la solution marque la résignation face à un problème apparemment insoluble. Au lieu de renforcer le monument en lui modifiant l'aspect (nouveaux arcs boutants ou tirants), il est préféré de neutraliser la source même du désordre, bien qu'elle soit un organe fondamental de l'édifice. À l'issue de la guerre, l'administration des monuments historiques trouve inconcevable de refaire ces voûtes en bois. Le vaisseau central découvert de Saint-Remi demande alors une solution de consolidation définitive. Pour ce faire, un corset et une charpente en béton armé sont projetés, non sans une contradiction doctrinaire de l'administration qui bannit le bois mais autorise le béton armé dans un édifice en pierre¹⁰³⁹. Deneux, soutenu par Charles Genuys, propose une vision purement pratique qui est fondée sur l'aspect visuel historique et non sur la vérité structurelle, car il refuse les tirants métalliques qui auraient expliqué cet édifice, né malade, de manière brutale mais sincère¹⁰⁴⁰.

Des poutres treillis en béton armé, qui épousent en leur partie inférieure la forme des arcs doubleaux en pierre, réunissent les murs opposés de la nef au niveau des arcs-boutants existants. Placées dans chaque travée au droit des colonnes, elles sont contreventées sur la direction longitudinale par deux poutres placées en partie haute près du centre. Les éléments en béton armé sont dissociés de la maçonnerie et font remonter le point dans lequel la poussée des voûtes s'exerce. Grâce à la fonction de tirant de ces cadres, les poussées latérales sont, en réalité, annulées¹⁰⁴¹. Dans le mode opératoire, les arcs doubleaux en pierre sont d'abord construits sur cintres et le béton est coulé avant leur démontage. Structurellement, ils sont donc suspendus. Des pierres d'attente sont prévues pour amorcer les futures voûtes en pierre.

¹⁰³⁶ BIDAUD Camille. Des expérimentations légitimées par le traumatisme : Paul Léon à Saint-Remi de Reims. In : *In Situ*, N° 23, 3 mars 2014. URL : <http://insitu.revues.org/10974> ; DOI : 10.4000/insitu.10974 (Consulté le 10 août 2023).

¹⁰³⁷ DENEUX Henri. Restauration de l'église Saint-Remi à Reims. In : *Les Monuments historiques de la France*, 1939, fascicule 4, p. 9.

¹⁰³⁸ LÉON Paul. *La vie des monuments français. Destruction. Restauration*. Paris : A. et J. Picard et C^e, 1951, p. 502.

¹⁰³⁹ BIDAUD Camille. Op. Cit., p. 172.

¹⁰⁴⁰ DENEUX Henri. La Restauration de la Basilique Saint-Remi, conférence. In : *Annuaire-bulletin de la société des amis du vieux Reims*. Reims : Matot-Braine, 1931-1935, pp. 22-35.

¹⁰⁴¹ Cf. description de Paul Léon, qui voit dans ce système de corsets une méthode de sauver des monuments auparavant condamnés : LÉON Paul. *La restauration des monuments après la guerre*. Communication à la séance annuelle des cinq académies. 25 octobre 1922. Paris : Firmin-Didot, 1922, pp. 14-15.

Deneux met en place un modèle de charpente légèrement différent par rapport à celui utilisé sur la cathédrale, plus légère malgré une portée supérieure de 1 m. La structure est, en revanche, moins élancée. L'arc ogival inscrit dans la ferme devient un arc en plein cintre avec l'origine dans le centre de gravité de l'ensemble. De plus, l'arc n'est pas dissocié des entrails, il est généré par une ramification naturelle, tandis que sur la cathédrale, l'arc ogival a un parcours indépendant. Il est construit séparément et touche tangentiellement l'arbalétrier, alors que la rigidité de l'ensemble est assurée par un treillage. En raison de l'intervention qui sert à stabiliser les murs de la nef et les nouvelles voûtes de Saint-Remi, l'entrait devient inutile. La technique de moulage, les dimensions générales des pièces et les principes de montage restent les mêmes qu'à la cathédrale¹⁰⁴². Succédant à Deneux en 1939, Henri Huignard termine la charpente et les couvertures, ainsi que la voûte de la croisée du transept. En 1950, il est, à son tour, remplacé par l'ACMH Paul Maurice Pillet qui achève ce lourd chantier¹⁰⁴³.

5.2.3 La restauration de la basilique Saint-Quentin

Edifice de type basilical à deux transepts, avec absidioles rayonnantes et tour-porche, la basilique (ancienne collégiale) de Saint-Quentin dans l'Aisne est classée sur la liste de 1840. Commencé au XII^e siècle, le chantier se prolonge jusqu'au XV^e siècle, quand la nef est achevée. Des travaux ultérieurs visent le bras sud du transept du chœur, tandis qu'une façade à deux tours est imaginée mais jamais construite. Incendiée deux fois au XVI^e et XVII^e siècle, la collégiale fait l'objet de réparations importantes qui apportent, entre autres, un couronnement d'inspiration classique au sommet de la tour. L'histoire tourmentée de cette église continue avec la dévastation par des tirs d'artillerie, principalement en 1917, suivie par la décision de l'armée allemande en retraite de la détruire en totalité. Des fossés pour explosifs sont creusés à la base des colonnes du vaisseau central, mais la fin de la guerre sauve le monument.

Lorsqu'il arrive sur place, Émile Brunet constate la disparition totale de la charpente, l'effondrement quasi-intégral des voûtes de la nef, la destruction partielle des arcs-boutants et une altération grave des murs. Les travaux qu'il projette sont exécutés pendant les décennies 1920 et 1930 par l'entreprise parisienne spécialisée dans la restauration E. Meaume, sous la direction de Charles Guidon¹⁰⁴⁴. Paul Léon et Charles Genuys visitent ce chantier, à la fois important et dangereux.

Dans une première phase, Brunet intervient sur la tour-porche, altérée aussi par d'anciens incendies (calcination de la pierre) et des réparations mal menées du XVII^e siècle, notamment par le manque de mortier entre les blocs de pierre. Après un lavage sous pression pour éliminer les impuretés, un mortier de ciment sans sable (50 kg ciment Portland/100 l eau) est injecté dans les murs pour créer

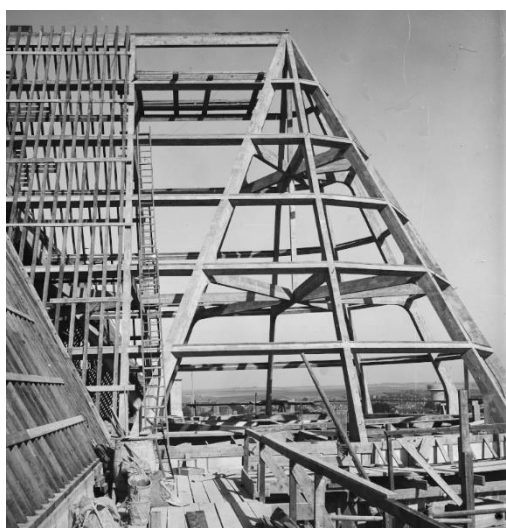
¹⁰⁴² DENEUX Henri. La Restauration de la Basilique Saint-Remi, conférence. Op. Cit.

¹⁰⁴³ PILLET Paul. La basilique Saint-Remi à Reims et sa remise en état. Architecture. In : *Les Monuments historiques de la France*, janvier-mars 1959, pp. 1-8.

¹⁰⁴⁴ GOISSAUD Antony. La restauration de la Collégiale de Saint-Quentin. In : *La Construction moderne*, N° 25, 1930, pp. 70-74.

une liaison entre les moellons.¹⁰⁴⁵ Afin d'éviter que le mortier ne s'échappe par les joints, ceux-ci sont bouchés au plâtre.

Pour résoudre les problèmes de stabilité de la tour, Brunet crée une ossature en béton armé à l'intérieur. C'est une cage de 11 m sur 8 m en plan, qui s'appuie sur le deuxième plancher de la tour et accompagne les murs jusqu'en dessous du niveau des voûtes de la nef centrale. Le squelette est formé de dix poteaux accolés aux murs et de trois niveaux de poutres les reliant sur le périmètre, avec quatre entretoises à chaque fois. Les poutres sont doublées aux trois cotes par un chaînage qui pénètre dans les murs.



183 Basilique Saint-Quentin.
La charpente en béton armé en chantier (chœur).
AD Somme. 1515W84.

Fort de son expérience sur le chantier de restauration de la cathédrale de Laon, où il emploie pour la première fois le béton armé pour remplacer une charpente en bois détruite par la guerre¹⁰⁴⁶, Émile Brunet envisage la même technique à Saint-Quentin. Les charpentes disparues au-dessus de la tour et de la nef centrale sont reconstruites en béton armé coulé sur place¹⁰⁴⁷. Brunet préfère cette technique à celle de préfabrication pour des raisons d'économie, de monolithisme et d'adaptabilité. En dépit du prix élevé des coffrages, les charpentes en béton armé coulé à l'emplacement définitif sont plus économiques, selon l'architecte. Selon lui, le montage et l'assemblage des pièces moulées d'avance sont assez sophistiqués et insuffisamment souples par rapport aux imperfections typiques des monuments historiques.

La solution retenue reprend le vocabulaire d'une charpente traditionnelle. Une semelle continue forme le chaînage horizontal reliant les murs et supporte les fermes maîtresses. Elle est aussi, comme à Laon, appui pour le chéneau récoltant les eaux pluviales. Des fermes de 15 m de hauteur prennent une allure simple, mais elles témoignent de plusieurs finesses constructives. Par exemple, la section des arbalétriers est agrandie au niveau du contact avec la semelle dans la direction transversale à la nef. C'est un détail qui intègre le rôle des jambettes dans un seul élément permettant la suppression de l'entrait bas par une résultante des forces corrigée vers l'axe vertical des murs gouttereaux. Un entrait retroussé soutenu par un poinçon est néanmoins prévu.

¹⁰⁴⁵ BRUNET Émile. Les nouveaux procédés de construction appliqués à la restauration des anciens édifices. L'église collégiale de Saint-Quentin. In : *La Construction moderne*, N° 31, 1927, pp. 358-368.

¹⁰⁴⁶ Cathédrale de Laon (Aisne) Première utilisation de la charpente en ciment armé dans les monuments historiques. In : *Les Monuments historiques de la France*, 1937, p. 60 ; BERCÉ Françoise. La conservation des charpentes anciennes, une préoccupation tardive ? In : *Monumental*, N° 1, 2016, p. 20.

¹⁰⁴⁷ AD Somme. 1515W. Basilique Saint-Quentin. Fonds iconographique documentaire du Service des monuments historiques de la Direction régionale des affaires culturelles de Picardie.

Contrairement à une charpente en bois, où les pannes sont posées au-dessus des fermes, le monolithisme du béton armé permet à Brunet d'insérer ces pièces dans l'épaisseur des arbalétriers. De plus, les fermes disposent sur la direction longitudinale d'un contreventement supplémentaire en diagonale. Toutes les liaisons sont renforcées par des goussets arrondis. Selon la doctrine prudente de l'administration, les voûtes de la nef sont reconstruites soigneusement en pierre selon l'ancien dispositif de l'appareil.

Dans le cadre de la nouvelle restauration commencée en 2006, certains choix d'Émile Brunet sont infirmés. Par exemple, le couronnement de facture classique sur la tour, qu'il avait remplacé par une croupe pour des raisons stylistiques, mais aussi de stabilité, est restitué dans son état d'avant 1917.

5.2.4 La restauration de la cathédrale de Soissons

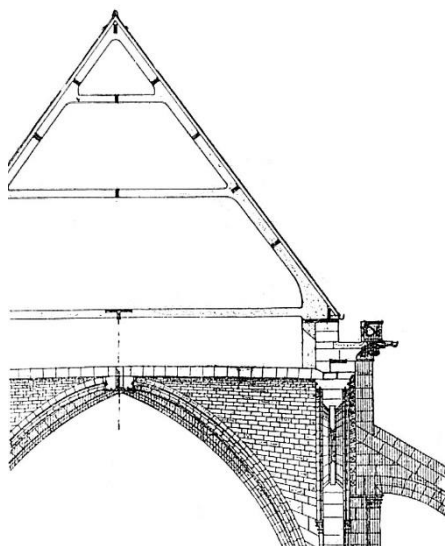
Classée sur la liste des monuments historiques de 1840, la cathédrale de Soissons compte parmi les plus grandes de France. Elle est construite à partir du XI^e siècle sur un plan d'abord modeste qui est augmenté au XII^e siècle. Pendant la Révolution et l'Empire, la cathédrale est détériorée par des destructions du décor et sa transformation en poudrerie. Une explosion en 1815 détruit les vitraux du vaisseau central. Situé dans une ville très touchée par les batailles successives du Chemin des Dames, l'édifice est dévasté en 1918, comme suite à la reprise de Soissons par les allemands. Si une grande partie des vitraux est déposée et sauvée grâce au service de sauvetage des œuvres d'art des régions dévastées, l'édifice lui-même est une cible trop grande pour être épargnée par les obus.

Les trois premières travées de la nef et les bas-côtés adjacents sont presque détruits en totalité, mais la charpente n'est pas anéantie comme à Saint-Quentin ou Reims¹⁰⁴⁸. Les voûtes du chœur sont touchées et les arcs-boutants et contreforts sont altérés en partie, tandis que la tour occidentale est trouée aux parties inférieures et détruite à moitié au niveau du beffroi. Le grand chantier de restauration mené par Émile Brunet dure jusqu'en 1937. Ici, le béton a une place plus discrète, parce que l'architecte considère que la construction d'origine a de très bonnes qualités statiques, issues de la dureté naturelle de la pierre utilisée, du mortier et de l'appareil, qui lui ont assuré la stabilité à travers plusieurs bombardements sans bénéficier de chaînages.

Pour les joints de 3 cm au niveau des tambours et des colonnes remontées, le mortier de ciment est utilisé. Il sert aussi pour fixer des agrafes métalliques qui reconstituent les dalles-tailloirs couronnant les chapiteaux. Comme mesure de précaution, Brunet emploie toutefois des chaînages en béton armé, par exemple au-dessus du collatéral sud, où ils sont positionnés au-dessus des arcs et encastrés dans la maçonnerie avant l'exécution des voûtes. De section rectangulaire, ils sont armés à chaque fois de quatre barres longitudinales en fer rond tenues en place par des étriers. Ces chaînages transversaux sont reliés à une semelle longitudinale cachée dans le mur de la nef au niveau du triforium. Au cours

¹⁰⁴⁸ BRUNET Émile. La restauration de la cathédrale de Soissons. In : *La Construction moderne*, N° 17, 1928, pp. 193-198 et N° 20, 1928, pp. 234-240.

du chantier sont découvertes les traces d'un chaînage-étréssillon provisoire en bois ayant servi pendant les travaux au XII^e siècle. Ce détail justifie virtuellement les chaînages introduits par Brunet, qui sont, cependant, définitifs. Des chapes en béton recouvrent les voûtes des collatéraux pour assurer l'écoulement des eaux pluviales jusqu'à la création des toitures, alors que des injections de ciment sont utilisées pour consolider la tour sud.



184 Cathédrale de Soissons.
Coupe par la nef et la charpente en béton armé.
La Construction moderne, N° 20, 1928.

Une grande partie de l'ancienne charpente en chêne couverte d'ardoises est conservée. Brunet essaie, dans un premier temps, de la compléter par le même matériau, mais il est impossible de trouver des pièces de bois de 13 m de longueur et de section 30/30 cm. L'architecte a donc recours au béton armé, d'une section réduite à 12 cm. Les fermes ont trois entrants à des niveaux différents et sont dépourvues de poinçons. Comme à la collégiale Saint-Quentin, le point d'appui de la ferme sur le mur gouttereau de la nef est renforcé par une augmentation de la section transversale de l'arbalétrier. Les pannes sont incluses dans l'épaisseur des fermes et tous les nœuds disposent de goussets arrondis. La jonction entre la nouvelle et l'ancienne charpente est réalisée au niveau des pannes, par des lambourdes moisées et boulonnées. Un chevronnage en chêne et une couverture en ardoises complètent le dispositif.

5.2.5 La charpente en béton armé de la cathédrale de Noyon

La cathédrale de Noyon est classée sur la liste de 1840. Construite à partir du milieu du XII^e siècle, elle remplace une église romane incendiée et se place chronologiquement comme la deuxième cathédrale en France, après celle de Sens. Le plan en croix latine est composé d'une nef centrale et de deux collatéraux, d'un transept terminé par des absides et d'un chœur disposant d'un déambulatoire et de cinq chapelles rayonnantes. Au cours du printemps 1918, la ville de Noyon est bombardée et le 1^{er} avril la charpente de la cathédrale est incendiée. Après des travaux provisoires de protection, André Collin prend en charge le chantier de restauration en 1919.

La solution d'une charpente en béton armé coulé sur place est choisie¹⁰⁴⁹, comme à Saint-Quentin et Soissons, pour des raisons d'économie et de rapidité d'exécution. Des chantiers similaires sont déjà envisagés et peuvent servir d'exemple, mais André Collin ne prend pas de décision immédiate. Au concours d'ACMH de 1925, Louis Barbier propose une charpente en béton armé pour la cathédrale de Noyon¹⁰⁵⁰. Il envisage un système à fermes principales et secondaires, du béton fretté dosé à

¹⁰⁴⁹ TIMBERT Arnaud. La charpente en béton de la cathédrale Notre-Dame de Noyon. In : *La cathédrale Notre-Dame de Noyon. Cinq années de recherches*. Noyon : Société historique, archéologique et scientifique de Noyon, 2011, pp. 161-172.

¹⁰⁵⁰ MPP. N° 80/11/30. Louis Barbier, projet de restauration de la cathédrale de Noyon.

300 kg ciment/m³, ainsi qu'une technique de semi-préfabrication pour les pièces de moindres dimensions.

Collin attend jusqu'en 1936 pour entreprendre les travaux qui démarrent des deux extrémités de la nef¹⁰⁵¹, afin de mieux coordonner les ouvriers. Après des travaux de maçonnerie pour établir une arase unitaire, la charpente en béton armé est réalisée comme une ossature monolithe de fermes de faible section, pour s'approcher du poids de l'ancienne charpente en bois¹⁰⁵².

L'architecte-restaurateur ne connaît pas le cubage de la charpente disparue, puisque cette dernière n'a jamais été relevée. Par conséquent, il fait une analogie avec celle de Saint-Ouen de Rouen. D'après ses calculs, cette dernière pèse 285 kg/m² tandis que la structure proposée pour Noyon arrive à seulement 259 kg/m² pour le béton, plus 74 kg/m² environ pour le chevronnage en bois de 8/11 cm et la couverture en tuiles plates. Le dosage retenu est de 400 kg de ciment/m³.

Comme les charpentes construites par Émile Brunet, celle de la cathédrale de Noyon est posée sur l'arase des murs gouttereaux, couverte par un chaînage-semelle en béton armé faisant le tour de la nef. Formées d'arbalétriers avec une section élargie à la base pour incorporer la fonction des jambettes et permettre l'encastrement de l'entrait, les fermes disposent également d'un entrait retroussé tenu par un poinçon.

Une passerelle est prévue le long de la charpente, au-dessus des entrails¹⁰⁵³. Les jonctions sont droites, les goussets arrondis de Brunet deviennent simples renforcements locaux de la section. Sur la direction longitudinale, les pannes en béton armé sont intégrées à trois niveaux dans l'épaisseur de la ferme, avec une panne faîtière de plus faible section. Les chevrons en bois de chêne sont fixés sur l'ossature en béton armé par boulonnage.

Cette charpente tardive, mise en perspective avec les exemples similaires réalisés auparavant à Reims, Saint-Quentin et Soissons, illustre la simplification progressive des techniques et formes du béton armé qui a lieu entre les années 1920 et 1930, y compris dans la restauration.

¹⁰⁵¹ Musées de Noyon. Fonds photographiques. La reconstruction de la charpente de la cathédrale de Noyon. Image de chantier.

¹⁰⁵² Rapport d'André Collin, 14 janvier 1936. Reconstruction des charpentes et des couvertures de la tour sud détruites au cours de la guerre. Reprise de maçonnerie et réalisation d'une charpente en béton. MPP, N° 81/060, 456/5, 112.

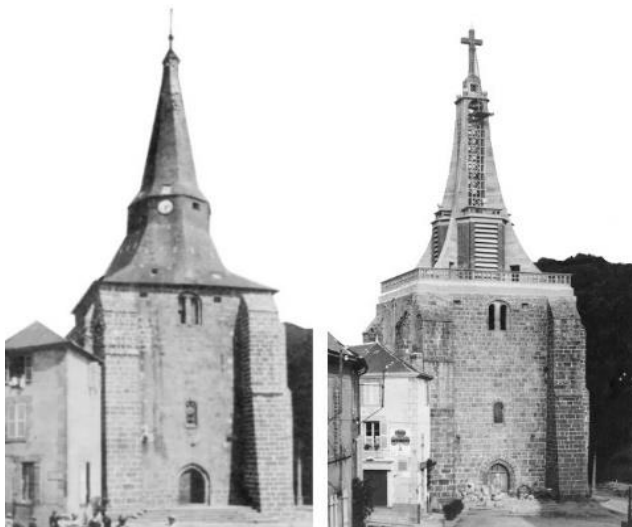
¹⁰⁵³ MPP. N° 81/060. 456/6, carton 113. André Collin. Plans de la charpente de la cathédrale de Noyon.

5.3 Manifestes d'architecture en béton armé dans les églises existantes, 1919-1940

En ce qui concerne les travaux sur les églises anciennes non protégées ou protégées partiellement, le béton armé a la liberté d'avoir sa propre expression formelle et spatiale dans l'entre-deux-guerres, ce qui donne quelques réalisations exceptionnelles de dialogue entre l'ancien et le nouveau. En raison de leurs qualités, ces œuvres de Perret, Vidal, Duval et Gonse, Chirol et Gaillard, sont, à leur tour, protégées depuis peu. De plus, elles présentent des qualités valides pour la doctrine actuelle de la restauration et se situent en accord avec certains points de la Charte de Venise.

5.3.1 Saint-Julien, Saint-Vaury (Creuse), 1923-1924

Avant de brûler en 1921, l'église du X^e siècle Saint-Julien de Saint-Vaury (Creuse) disposait d'un plan simple où, sur une largeur unique, s'enchaînaient une tour-porche trapue, une nef sans collatéraux et une abside reconstruite au XIX^e siècle. L'édifice n'est pas protégé lorsqu'en 1923-1924 Auguste Perret y réalise des travaux de transformation¹⁰⁵⁴. Son projet de « restauration » représente une création originale annonçant ses projets ultérieurs d'églises à Paris, Metz et Le Havre.



185 Saint-Julien, Saint-Vaury. Vue de l'église avant et après les travaux. Carte postale Nussac s.d. (gauche) / CAAC. PERAU-095. 535 AP 95/2 (droite).

La voûte en berceau de la nef terminée en cul-de-four sur l'abside est restituée en béton armé. Elle reçoit deux lanternons carrés plats tournés à 45°, placés au niveau du chœur et du centre de la nef pour un meilleur éclairage naturel. Une couverture à pente beaucoup plus faible que celle d'origine est mise en place ultérieurement. C'est au niveau du clocher qu'une disposition plus audacieuse est retenue. Anciennement, la toiture de la tour disposait d'une géométrie grossièrement parabolique donnée par les pentes croissantes. Cette forme était définie par les coyaux raccordant à la base un premier tronc de pyramide octogonale, surmonté d'un tambour, à son tour, continué

par une deuxième pyramide plus élancée. L'architecte retient ce mouvement et le transforme en quatre lamelles en béton armé réunies en croix de Saint André, reprenant le profil de l'ancienne toiture, pourtant sans aucune enveloppe permettant de créer un volume réel¹⁰⁵⁵.

¹⁰⁵⁴ CAAC. Fonds Perret. Projet PERAU-095. 535 AP 95/1. Église, Saint-Vaury (Creuse) : transformations.

¹⁰⁵⁵ À. et G. Perret. Église de Saint-Vaury (Creuse). In : *L'Architecture vivante*, printemps-été 1925, pl. 38.

La forme disparue est ainsi rappelée par un dispositif virtuel qui s'adresse à l'imagination et à la mémoire. À sa base, le beffroi octogonal bas est croisé par les quatre lamelles. Ses murs en brique rouge et les abat-sons donnent un aspect graphique au clocher, mais leur orthogonalité nie la direction ascensionnelle des quatre lamelles diagonales. Au niveau supérieur du clocher, des claustras en béton armé identiques à ceux de l'église de Raincy ferment les quatre faces entre les pièces maîtresses de la structure surmontée d'une croix en béton armé. Dans cette réalisation se manifeste l'intérêt futur de Perret pour une église à plan centré subordonné à son élévation, en fait à la tour-lanterne. L'église de Saint-Vaury est inscrite à partir de 2004 au titre des monuments historiques¹⁰⁵⁶.

5.3.2 Saint-Vaast, Moreuil et Saint-Pierre, Roye (Somme), 1923-1933

Charles Duval (1873-1937) et Emmanuel Gonse (1888-1954) sont déjà associés depuis quinze ans quand ils créent en 1919 l'agence «La Cité nouvelle», consacrée à la reconstruction dans le département de la Somme¹⁰⁵⁷. Accessoirement, ils réalisent dans le Pas-de-Calais, à la fin des années 1920, la remarquable église Saint-Louis de Rouvroy¹⁰⁵⁸, sur plan centré avec une coupole octogonale sur trompes à arcs en encorbellement, inscrite depuis 2009 au titre des monuments historiques¹⁰⁵⁹.

En dehors des nombreux équipements publics¹⁰⁶⁰, ils réalisent dans la Somme deux reconstructions partielles d'églises anciennes, qui témoignent d'une approche radicale, actuellement patrimonialisée. Ces projets comptent parmi les plus intéressants en termes de création architecturale religieuse du XX^e siècle, à la fois par leur inscription dans la tradition séculaire de modification des lieux de culte selon les styles successifs¹⁰⁶¹ et la complexité de la lecture que nous pouvons leur donner.

Détruite pendant l'offensive de printemps 1918, la façade renaissance de l'ancienne abbatale du XVI^e siècle Saint-Vaast de Moreuil était dominée par la tour-clocher basse sur plan carré, située à gauche de la nef. Cette asymétrie est le seul élément retenu par Duval et Gonse lors de la reconstruction partielle de l'église. S'ils peuvent restaurer les voûtes et les toitures de la nef et du chœur, la grande tour effondrée doit être reconstruite. Au regard des photographies de la ruine, le pignon de la nef et les portails auraient pu être restaurés. Cependant, les architectes proposent de refaire en totalité la façade et la tour dans un style homogène contemporain¹⁰⁶². Ils construisent une ossature en béton armé réinterprétant le style gothique. Le choix stylistique est surprenant, compte tenu du caractère initial de

¹⁰⁵⁶ Référence Mérimée PA23000013.

¹⁰⁵⁷ CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Charles Duval. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00276798> (Consulté le 10 août 2023). CROSNIER-LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique d'Emmanuel Gonse. URL : <https://agorha.inha.fr/inhaprod/ark:/54721/00277630> (Consulté le 10 août 2023).

¹⁰⁵⁸ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., p. 371.

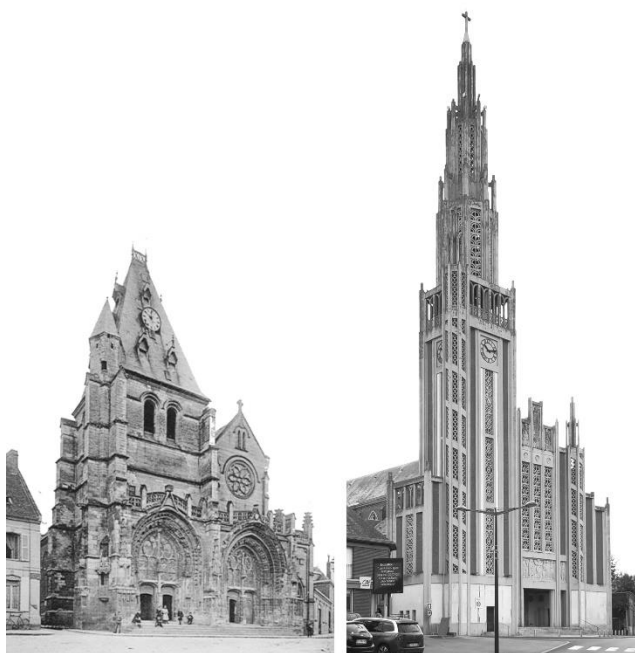
¹⁰⁵⁹ Référence Mérimée PA62000102.

¹⁰⁶⁰ CAPPRONNIER Jean-Charles. *L'agence d'architecture de Charles Duval et Emmanuel Gonse (1905-1937) et les enjeux de la première reconstruction*. Thèse de doctorat en histoire de l'architecture (sous la dir. de LOYER François). Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, 2007 ; AD Somme. 28FI14. Album des projets et réalisations de l'architecte Emmanuel Gonse (Somme, Pas-de-Calais, Paris).

¹⁰⁶¹ Par exemple, l'abbatale de Marmoutier ou le portail classique de la cathédrale de Metz par Blondel illustrent bien cette idée.

¹⁰⁶² Un exemple contraire est Saint-Médard d'Aizy-Jouy, où les vestiges sont intégrés au projet contemporain.

la façade, mais démontre la puissance de l'influence de Perret¹⁰⁶³. Mis en avant comme style national, le gothique peut aussi apparaître légitime dans ce contexte géographique et historique pour marquer la victoire dans la guerre. De plus, l'ossature est remplie de briques, matériau local qui enracine cette nouvelle architecture.



186 Saint-Vaast, Moreuil. État en 1907 (à gauche) et en 2023 (à droite).
Carte postale Lugez, Archives de la Ville de Moreuil / Photo à droite : l'auteur.

La commande est effectuée en 1923, mais les études techniques du bureau Hennebique¹⁰⁶⁴ et les travaux se déroulent de 1929 à 1932. Comme dans la disposition d'origine, le clocher est implanté à gauche du portail. Son plan carré est, en revanche, beaucoup réduit et son élévation augmentée jusqu'à 62 m¹⁰⁶⁵. Sur l'un de ses angles, la tourelle d'un escalier hélicoïdal croise le volume du clocher et rappelle une tourelle d'origine, disparue. Cet élément comporte un pendant plus bas de l'autre côté de la façade, près du portail. Les trois éléments verticaux principaux disposent, chacun, d'un couronnement à plusieurs retraits successifs, comportant des faisceaux qui soulignent les angles et se prolongent vers le ciel comme des pinacles stylisés.

L'étage supérieur de la tour principale dispose d'un plan octogonal, avec des abat-sons en claustras en béton armé, pièces multipliées sur l'ensemble des baies. Au centre de la façade, un dispositif à trois registres verticaux de claustras vitrés, encadrés de faisceaux saillants, marque la nef. De forme rectangulaire, le porche tripartite est surmonté d'une frise sculptée au niveau du linteau, alors qu'au sommet de la composition trois autres reliefs décorent la façade. Les briques utilisées en parement sur l'ensemble de la façade ont des dimensions spéciales, plus réduites que le standard afin d'augmenter l'effet des proportions créé par l'ossature.

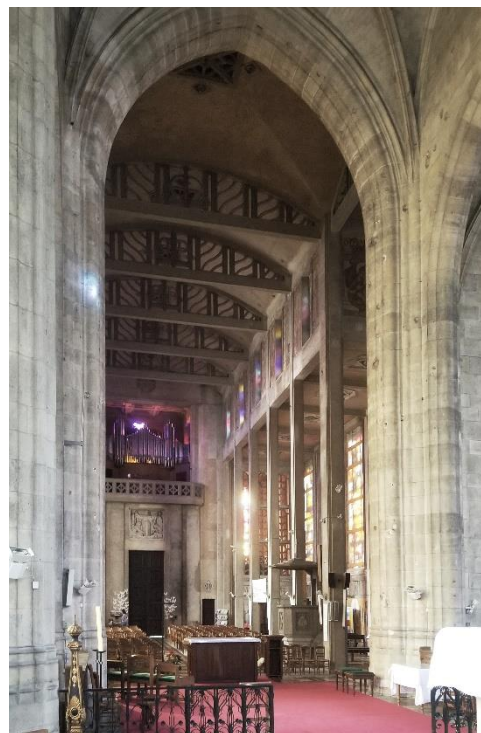
L'intérêt de cet exemple réside dans sa qualité de composition, contextualiste au sens large, par ses références historiques (gothique) et contemporaines (Perret) interprétées dans une note personnelle par les architectes. Il s'agit d'un volume à part entière placé harmonieusement dans la continuité d'un édifice ancien. Aussi, la qualité des détails architectoniques et artistiques, ainsi que l'appartenance à une famille cohérente d'édifices contribuent à investir cette création d'une valeur patrimoniale.

¹⁰⁶³ L'église du Raincy et celle de Moreuil sont comparées dans la revue *L'Art Sacré*, où l'on apprécie davantage la dernière lors de son inauguration, pour changer complètement d'avis vingt ans plus tard. Cf. CAUSSÉ Françoise. La critique architecturale dans la revue « L'Art Sacré » (1937-1968). In : *Livraisons d'histoire de l'architecture*, N° 2, 2002, L'édition et l'architecture, pp. 27-36.

¹⁰⁶⁴ CAAC. Fonds Hennebique. Projet BAH-19-1929-08507. 76 IFA 2126/2. Église Saint-Vaast, Moreuil (Somme). Restauration et reconstruction partielle, 1929-1932.

¹⁰⁶⁵ LAPRADE Albert. Église de Moreuil (Somme). In : *L'Architecture*, N° 2, 1932, pp. 53-58. Reproduit dans : LAPRADE Albert. L'église de Moreuil (Somme). In : *Le Béton armé*, N° 297-298, novembre-décembre 1932, pp. 787-792.

Un cas similaire se présente à Roye, où l'église classée Saint-Pierre datant du XVI^e siècle est partiellement détruite lors de la Première Guerre mondiale. Le classement au titre des monuments historiques est modifié en 1924 pour exclure la nef et le transept, ce qui permet leur reconstruction sous une forme différente. De 1931 à 1933, Duval et Gonse restaurent à l'identique le vaste chœur dans son style gothique flamboyant et reconstruisent le transept et un clocher-porche de 64 m de hauteur selon une écriture architecturale et des techniques contemporaines¹⁰⁶⁶. La nouvelle nef de type basilical dispose de piliers carrés soutenant une voûte surbaissée divisée par des poutres à treillis en béton armé, conception similaire à d'autres lieux de culte de la même époque, comme Sainte-Thérèse de Montmagny, qui inaugure ce modèle, Notre-Dame-de-la Trinité de Blois ou la chapelle de Voreppe. Le transept est couvert par une voûte similaire, ce qui crée une voûte d'arêtes surbaissée sur la croisée précédant l'arc triomphal de l'église primitive.



187 Saint-Pierre, Roye.
Vue de la nef en béton armé depuis le chœur ancien.
Photo: l'auteur, 2023.

Les deux bas-côtés sont, en revanche, couverts de dalles séparées par des poutres et décorées par des rosaces. Sur le clocher à plan carré, tributaire de Perret, l'étage supérieur est similaire à celui de Moreuil¹⁰⁶⁷, alors que le parement en brique entre les faisceaux de l'ossature a, ici, un aspect plus décoratif, en dessinant des losanges et triangles. Des balustrades et gargouilles en béton armé renouent avec la tradition médiévale.

La commission des monuments historiques accepte la juxtaposition entre l'ancien et le moderne à condition d'harmoniser les deux¹⁰⁶⁸, selon un positionnement doctrinaire jugé extrême pour la restauration du patrimoine à cette époque¹⁰⁶⁹.

Le béton armé constitue à la fois la structure porteuse, le décor architectural et le support des techniques décoratives, car les céramiques de Maurice Dhomme sont serties dans le ciment frais, les fresques d'Henri Marret sont réalisées sur ciment et Robert Couvègues réalise des sculptures en béton moulé¹⁰⁷⁰. En 1997, le classement en place sur l'église primitive est étendu sur les parties créées par Duval et Gonse, dans un acte de reconnaissance de la valeur patrimoniale globale de cette église¹⁰⁷¹.

¹⁰⁶⁶ GONSE Emmanuel. L'église Saint-Pierre de Roye. In : *L'Art sacré*, N° 9, mars 1936, pp. 76-81.

¹⁰⁶⁷ CAAC. Fonds Exposition d'architecture française : SADG 1939. SADG-DUVA-6. Dossier 179 IFA 3/13. Doc. SADG-109.

¹⁰⁶⁸ Procès-verbal de la commission des monuments historiques du 26 octobre 1926. MPP, N° 80/15/27.

¹⁰⁶⁹ GARNERO Stéphane. La doctrine de la restauration en France entre les deux guerres. Quelques considérations sur la mise à jour de la discipline. In : *Livraisons d'histoire de l'architecture*, N° 13, 2007, Architectures des établissements d'enseignement, p. 128.

¹⁰⁷⁰ ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises*. Op. Cit., fig. 115.

¹⁰⁷¹ Référence Mérimée PA00116231.

5.3.3 Saint-Nicaise, Rouen (Seine-Maritime), 1934-1937

L'église Saint-Nicaise de Rouen est remarquable par son aspect hybride à plusieurs titres. Fondée au VII^e siècle, elle subit diverses campagnes de travaux et des pillages, lors des guerres de religion. En 1934, un incendie détruit l'édifice, y compris l'orgue du début du XVII^e siècle, classé en 1908 et restauré en 1928. Seul le chœur polygonal à trois travées du XVI^e siècle n'est pas atteint.



188 Saint-Nicaise, Rouen. Vue générale.
Photo : E. Lefevre.

Pierre Chirol et Émile Gaillard sont retenus pour le projet de reconstruction de la nef et du clocher. Leur projet propose un emploi systématique du béton armé selon une interprétation personnelle des éléments gothiques subsistants. Pour la nef, ils choisissent un plan centré à arcs entrecroisés qui adoptent un léger profil ogival. La croisée est couronnée d'un dôme pyramidal en pavés de verre à plan octogonal, reposant sur des trompes en retrait successif. Sur trois façades, les arcs génèrent des pignons de gabarit identique, percés de grandes rosaces. Les élévations en béton apparent sont rythmées de fins meneaux encadrant des arcs en mitre, alors que la façade principale est mise en valeur par un auvent surmonté d'un grand pignon ajouré en claustras. Un campanile, à toiture ajourée en béton armé, complète la composition. Par un ensemble de modénatures, les volumes contemporains s'intègrent harmonieusement près du chœur existant. Malgré leurs dimensions plus importantes, ils n'altèrent pas la compréhension de ce dernier. Inscrit en 1981 et désacralisé en 2015, l'édifice est classé en 2020 avec un projet de reconversion en brasserie.

5.3.4 Sacré-Cœur, Agen (Lot-et-Garonne), 1938-1947

Cette église commencée en 1876 par Paul Abadie est achevée selon le projet de Henri Vidal établi en 1938. Son intérêt réside dans la solution choisie pour construire une façade principale contemporaine sur un édifice néo-gothique. L'architecte met en œuvre une structure en béton armé moulé, pervibré et bouchardé, en contraste avec la pierre de taille de l'existant¹⁰⁷². Dans le dessin, il exprime la section basilicale avec une partie centrale de type portique, surmontée d'un clocher évidé¹⁰⁷³. Des piliers sur toute la hauteur de la façade, supportant des arcs ogivaux, donnent un caractère monumental et moderne à cette élévation définie par un tracé régulateur, selon le mode habituel de conception de Vidal. Si pour la façade et les charpentes l'architecte choisit le béton armé et un vocabulaire personnel de formes, pour la construction de nouvelles voûtes sarrasines il se place dans la continuité de son prédécesseur, en utilisant le même système. En 2000, l'église est inscrite dans sa totalité¹⁰⁷⁴.

¹⁰⁷² Église du Sacré-Cœur d'Agen. Agrandissement par Henri Vidal, architecte. In : *L'Architecture française*, N° 35, 1943, pp. 16-18.

¹⁰⁷³ Cf. fig. 12 dans ce texte.

¹⁰⁷⁴ Référence Mérimée PA47000042.

6. Restauration contemporaine et entretien

Ce chapitre est consacré à la problématique de la restauration des églises en béton armé construites en France entre 1890 et 1940. Dans un premier temps, nous proposons une synthèse d'informations habituellement dispersées, concernant les pathologies du béton armé et ses modalités de réparation. Rares sont les ouvrages spécialisés sur ce sujet qui soit adressés à l'architecte. Comme Vitruve l'a écrit, l'architecte doit maîtriser les notions générales de toutes les sciences, mais n'a pas à les approfondir. Il existe de nombreux articles hautement techniques, thèses en génie civil ou brevets dédiés aux pathologies et aux procédés de réparation des bétons. En même temps, la multiplication récente des chantiers de restauration de monuments historiques en béton armé permet d'illustrer l'application de ces contributions théoriques. Il nous paraît donc utile de réunir l'ensemble des renseignements pertinents, sans recherche d'originalité, en utilisant un vocabulaire et des exemples adaptés au regard global de l'architecte « chef d'orchestre ». Cette synthèse met en exergue la complexité créée autour d'un projet de restauration. Dans un deuxième temps, nous présentons quelques éléments de doctrine appliqués dans la restauration de monuments en béton armé en général, afin d'extraire ce qui est exploitable pour le corpus étudié. Ces analogies sont nécessaires en raison du caractère représentatif ou reproductible de certaines démarches intellectuelles appuyées par le progrès technique. Enfin, l'analyse de plusieurs chantiers complète et illustre les points analysés au préalable.

6.1 Diagnostic et procédés de restauration des bétons armés

6.1.1 Pathologies

Les pathologies du béton armé peuvent être classifiées selon leur caractère superficiel ou profond, visible ou invisible. Réunir les désordres par familles présente un intérêt considérable pour la mise en place de protocoles d'intervention.

La connaissance de ces pathologies est relativement récente. Pendant l'époque des pionniers, les praticiens ignorent notamment les effets de la carbonatation et se consacrent dans des débats stériles, comme celui sur l'adhérence. Voulant intervenir à ce sujet dans son discours d'ouverture de la commission du ciment armé en 1901, le président Théodore-Marie Lorieux proclame que le fer et le ciment ne se séparent pas sous l'action de l'oxydation¹⁰⁷⁵. En revanche, le chimiste Henry Le Chatelier remarque, à la fin du XIX^e, des mécanismes internes destructeurs, comme la combinaison des sulfates avec les sels calcaires du ciment ou aluminés, y compris leur action expansive lente¹⁰⁷⁶. C'est lui qui explique plus tard le phénomène de l'hydratation du ciment, selon une définition toujours d'actualité¹⁰⁷⁷.

Les ciments anciens

Le béton armé est un matériau hétérogène formé d'une pierre artificielle complexe (le béton) et d'une armature (en fer ou acier). La composante « béton » dispose d'une ossature (gravier, sable, fines) et d'un liant (hydratation des anhydres du ciment et du régulateur de prise). Les anhydres sont le silicate tricalcique, le silicate bicalcique, l'aluminate tricalcique, l'alumino-ferrite tétracalcique, alors que le gypse est communément utilisé pour retarder la prise. Dans les bétons d'avant 1940, le taux des silicates tricalciques est d'environ 50%, tandis qu'il atteint 60-70% dans les bétons actuels.

Avant de présenter brièvement les principales pathologies, il convient de rappeler quelques notions sur les ciments historiques, qui sont d'une assez grande diversité. Le ciment romain de Parker et Wyatt (1796) est fabriqué pour la première fois en France en 1802 avec les galets de la plage de Boulogne-sur-Mer. C'est un ciment obtenu par simple cuisson à 900° C de la pierre et contient environ 30% d'argile, sa prise étant rapide (10-20 minutes). Il commence à être produit de façon industrielle à Pouilly-en-Auxois (Côte d'Or) en 1827, et à Boulogne-sur-Mer à partir de 1848. Le ciment Portland de John Aspdin (1824) contient autant d'argile, mais la cuisson se réalise à 1450° C et

¹⁰⁷⁵ Commission ministérielle du ciment armé. Allocution du président : M. l'inspecteur général Lorieux. In : *Le Ciment*, N° 3, 1901, pp. 35-37.

¹⁰⁷⁶ LE CHATELIER Henry. Sur le mécanisme de la désagrégation des mortiers hydrauliques. In : *Le Ciment*, N° 4, 1899, pp. 49-50 ; LE CHATELIER Henry. Sur la décomposition des ciments à la mer. In : *Le Ciment*, N° 12, 1900, pp. 185-192 ; N° 1, 1901, pp. 13-16 ; N° 2, 1901, pp. 31-32.

¹⁰⁷⁷ GMIRA Ahmed. *Étude structurale et thermodynamique d'hydrates modèle du ciment*. Thèse en physico-chimie des matériaux. Université d'Orléans. 2003, p. 13.

sa prise est lente. Le ciment naturel prompt, produit à partir de 1842 à Grenoble¹⁰⁷⁸, est particulièrement adapté pour les pièces moulées de pierre factice, comme celles de la Casamaures¹⁰⁷⁹. Jules Bied étudie dans les laboratoires Lafarge le ciment alumineux ou fondu (brevet déposé en 1908, commercialisation à partir de 1918), qui remplace les silicates de calcium du Portland par des aluminates de calcium afin de mieux résister aux attaques sulfatiques du sol. Ainsi, alors que le ciment Portland se fabrique à partir de calcaire et d'argile, le ciment fondu est obtenu à partir de calcaire pur et de bauxite ferrugineuse qui se mettent en fusion lors de la fabrication, d'où le nom du produit¹⁰⁸⁰. Le ciment fondu est adapté pour la reprise en sous-œuvre, car son durcissement est atteint en seulement 24 h.

Le ciment de laitier est d'abord produit en Allemagne, grâce à Emil Langen et Prussig, puis à partir de 1929 en France. Il s'agit d'un mélange de laitier de hauts-fourneaux, chaux grasse éteinte et chaux hydraulique donnant un béton de teinte verte, adapté pour les travaux en milieu humide. Au XIX^e siècle en France, le ciment brûlé est un produit non moulu après la cuisson à 1450° C, dont la prise est retardée par l'ajout du gypse.

Un ciment similaire au Portland, mais sans oxyde métallique, est le ciment blanc utilisée déjà au XIX^e siècle et breveté par Lafarge en 1921. Il permet une prise rapide, adaptée à la fixation de carrelages ou à la création de pièces moulées. Le ciment aux cendres, contenant une quantité égale de clinker et de laitier et cendres volantes, apparaît seulement en 1951 grâce à P. Fouilloux qui le nomme ciment pouzzolano-métallurgique.

Pathologies superficielles

Comme dans le cas des pierres et des enduits, les façades en béton armé apparent sont soumises à l'action de la pollution et aux intempéries. Les polluants primaires sont le dioxyde de soufre (SO₂), le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO_x) ou les composés organiques ou solides volatiles (suies, cendres volantes, particules biologiques).

Par les réactions chimiques entre ces divers éléments apparaissent les polluants secondaires (aldéhydes, cétones, sulfates, nitrates etc.). Les dégradations se forment par voie sèche lorsqu'il y a un simple dépôt, ou par voie humide lorsque les particules sont entraînées en profondeur par l'eau atmosphérique. La porosité, l'orientation et les conditions climatiques ont une influence décisive sur ces désordres.



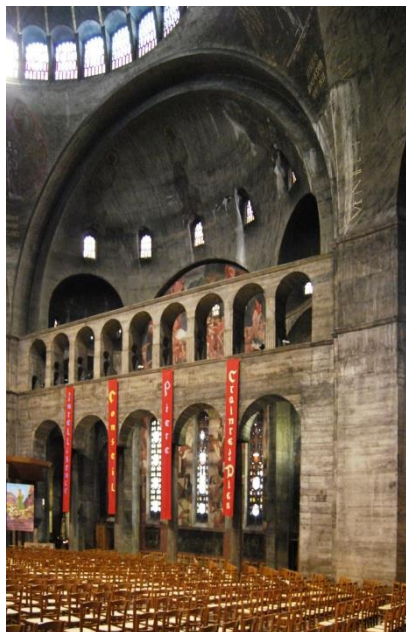
189 Noircissement du ciment armé dans une zone non soumise à la pluie. Saint-Jean de Montmartre. Baie sud-est. Photo : l'auteur, 2012.

¹⁰⁷⁸ PETELAZ Dominique. La Casamaures. Le matériau béton. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., p. 120.

¹⁰⁷⁹ Idem, pp. 119-121.

¹⁰⁸⁰ Pourquoi et en quoi les propriétés du ciment fondu diffèrent de celles du ciment portland artificiel. In : *Travaux*, février 1936, pp. 86-87.

Selon Pierre-Antoine Gatier, qui cite les études de pathologies sur la maison La Roche à Paris ou sur l'usine Mame de Tours, la peinture ou l'enduit appliqués à l'origine sur les bétons ont un rôle protecteur qui explique leur meilleure tenue dans le temps, et qui montre que l'intuition des concepteurs était correcte¹⁰⁸¹.



190 Noircissement avancé du béton armé apparent à l'intérieur. Saint-Esprit, Paris.
Photo : l'auteur, 2013.

Le noircissement est dû aux dépôts secs de suies issues de la combustion de carburants (charbon, essence, diesel, biomasse végétale), notamment sur les zones protégées contre la pluie. Ici, la calcite présente à la surface du béton se transforme en gypse par une réaction chimique avec le dioxyde de soufre, en solidifiant les dépôts noirs. En raison des nouvelles réglementations environnementales, le carburant est moins sulfureux, mais l'augmentation de la circulation automobile entraîne plus d'oxydes d'azote, ce qui se traduit par des particules plus fines, mais aussi plus nombreuses. Ainsi, l'encrassement est plus discret, mais plus étendu. Dans le cas des églises, l'intérieur peut être très affecté par la fumée des cierges, chargée en micro-suies carbonées.

En fonction de l'environnement, des recouvrements biologiques peuvent être présents sur les façades. Ils altèrent le béton par la rétention d'humidité, la création d'acides, la formation de patines et même l'action mécanique, en cas de racines. Les algues vertes se forment sur les façades nord sous forme de surfaces assez bien

délimitées et lisses, alors que les algues noires préfèrent les façades ouest, où elles prennent la forme de dépôts visqueux. Plus difficiles à éliminer sont les algues rouges, qui colorent le béton en profondeur sur les façades soumises à vents pluvieux. Les lichens, qui sont formés de l'association d'une algue et d'un champignon, forment des croûtes ou tâches attaquées en milieu urbain par les sulfures et la fumée, mais favorisées en milieu rural par l'azote présent dans les engrais. Enfin, à la différence des lichens, les mousses n'ont pas de racines et s'accrochent à la surface par des rhizoïdes. Elles préfèrent les zones humides, mais peuvent résister sous une forme desséchée¹⁰⁸².

Pathologies profondes

La tenue dans le temps du béton armé est liée à trois facteurs : la stabilité du pH, déterminée par la composition minéralogique et chimique du liant ; la perméabilité, conditionnée par la microstructure du matériau ; l'agressivité de l'environnement, associée notamment à l'humidité relative¹⁰⁸³. Les désordres profonds présentent un haut niveau de complexité et peuvent avoir une source externe ou

¹⁰⁸¹ GATIER Pierre-Antoine. Les techniques récentes de restauration des bétons. In : *Lettre de l'Académie des Beaux-Arts*, N° 80, hiver 2015-2016, pp. 30-32.

¹⁰⁸² BOUCHOU Myriam, MARIE-VICTOIRE Élisabeth. *Le nettoyage des bétons anciens*. Op. Cit., pp. 7-12.

¹⁰⁸³ HORNAIN Hugues. Pathologies du matériau béton. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., pp. 53-57.

interne. C'est le béton qui est soumis d'abord aux agressions, ce qui expose les armatures noyées dans sa masse. À leur tour, les armatures réagissent en créant de nouveaux désordres sur le béton, dans un rapport d'interdépendance.

Deux types de pathologies peuvent être distinguées dans la matière du béton : dissolution et expansion. La première fonctionne par lixiviation, la dernière par cristallisation de sels gonflants (eau sulfatique), formation de gels expansifs (alcali-réaction), production d'oxydes de fer (corrosion des aciers) ou pression hydraulique ou osmotique (gel-dégel).

La lixiviation désigne l'extraction des produits solubles, notamment par l'eau. Dans le béton armé, le phénomène apparaît avec l'exposition du matériau à un environnement humide avec un pH différent. Comme le pH du béton sain est d'environ 13,5 et celui de l'eau naturelle est inférieur de quelques unités, toute exposition à l'humidité est potentiellement dangereuse¹⁰⁸⁴. Par un échange d'ions, l'eau conduit à la dissolution des hydrates de pâte de ciment contenant du calcium, à commencer par la portlandite¹⁰⁸⁵. Ensuite, le silicate de calcium hydraté est décalcifié dans un processus plus long¹⁰⁸⁶. Le premier résultat est une augmentation de la porosité du béton qui ouvre des possibilités de dégradation en profondeur. De même, la rigidité et la résistance du béton diminuent considérablement après la dissolution des deux composantes citées. Une expérience récente montre que la lixiviation par l'eau du béton sur une profondeur de 4 cm est un processus lent qui peut durer 300 ans¹⁰⁸⁷. La présence d'un champ électrique, une température élevée ou la présence de nitrate d'ammonium accélère la dégradation. Pour les bétons ayant une faible teneur en chaux dans le liant (ajouts de laitier ou cendres volantes) on constate une meilleure résistance à la dissolution.



191 Cristallisation de carbonates (calcite) en sous-face de dalles et poutres en béton armé. Notre-Dame-de-la-Trinité, Blois (cloître). Photo : l'auteur, 2015.

Trois catégories de pression déterminent les mécanismes d'expansion du béton. Premièrement, la pression de cristallisation est conditionnée par le taux de sursaturation, qui engendre des forces supérieures à la résistance à la traction du béton et pousse un sel à quitter la solution. L'ettringite secondaire est un exemple de ce type. Deuxièmement, la pression d'hydratation est liée à la présence de l'eau qui fixe le sel par l'augmentation du volume molaire. C'est le cas pour les efflorescences dues

¹⁰⁸⁴ GUILLON Emmanuel. *Durabilité des matériaux cimentaires : modélisation de l'influence des équilibres physico-chimiques sur la microstructure et les propriétés mécaniques résiduelles*. Thèse de doctorat en mécanique. École normale supérieure de Cachan, 2004, p. 65.

¹⁰⁸⁵ ADENOT F. *Durabilité du béton : caractérisation et modélisation des processus physiques et chimiques de dégradation du ciment*. Thèse de doctorat en sciences appliquées. Université d'Orléans, 1992.

¹⁰⁸⁶ REVERTEGAT E., RICHET C., GEGOUT P. Effect of pH on the durability of cement pastes. In : *Cement and Concrete Research*, vol. 22, N° 2, p. 259–272. Elsevier, 1992.

¹⁰⁸⁷ JEBLI Mouad, MIELNICZUK Boleslaw, JAMIN Frédéric, PELISSOU Céline, EL YOUSOUFI Moulay Saïd. Étude expérimentale de la lixiviation du béton à l'échelle de l'interface pâte de ciment-granulats. Rencontres Universitaires de Génie Civil. Bayonne, mai 2015, p. 2.

aux remontées capillaires. Enfin, la pression osmotique se manifeste dans les sels issus des réactions alcali-granulats.

Les pluies acides peuvent atteindre un pH de 4, très agressif avec le béton, par un phénomène de dissolution associé à une expansion entraînée par les acides et les sulfates. Ceux-ci réagissent avec l'hydroxyde de calcium pour produire une cristallisation d'ettringite ou gypse secondaires en forme expansive. L'ettringite secondaire provoque le doublement du volume d'origine et apparaît comme le résultat d'une réaction entre les aluminates du liant et les ions sulfates, créant des cristaux en forme d'aiguilles. Les bétons dont le ciment présente une faible teneur en aluminates tricalciques sont moins exposés à cette pathologie.



192 Corrosion avec éclat du béton en sous-face de dalle. Comparaison de trois cas.
De haut en bas : Saint-Jean de Montmartre, Saint-Géry, Brie, Sainte-Thérèse, Montmagny.
Photo : l'auteur.

La réaction alcali-granulats prend plusieurs formes, en fonction de la composition des granulats. D'une part, la réaction alcali-silice implique la présence de silices mal cristallisées qui créent des gels expansifs au contact de la solution interstitielle basique du béton, selon des paramètres liés au pourcentage des agrégats réactifs (>3,5%), à l'humidité relative (>80%) et au potentiel de réactivité des silices. D'autre part, des réactions alcali-silicates et alcali-carbonates peuvent se manifester, mais sont très rares.

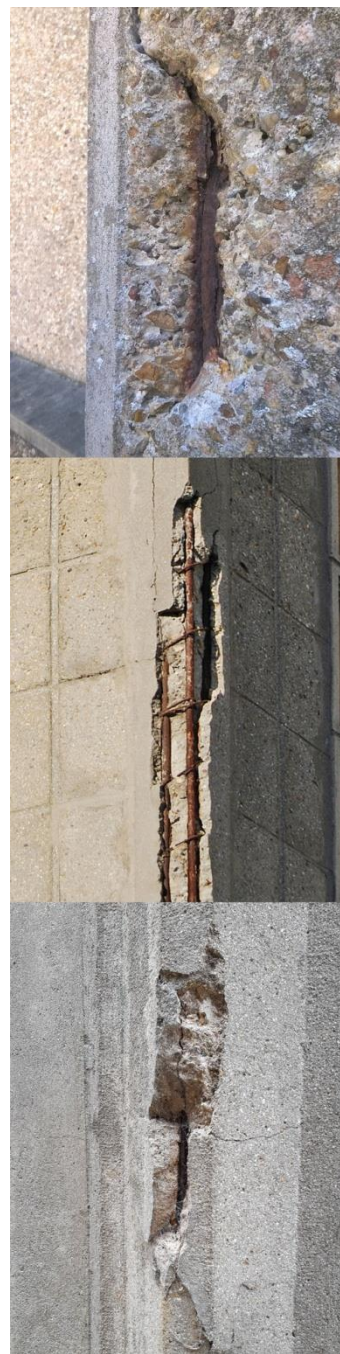
Le désordre le plus courant du béton armé est la corrosion des armatures, phénomène électrochimique qui apparaît entre l'anode métallique, qui cède des électrons, et la cathode constituée des ions H^+ , qui les absorbe. Elle a deux causes principales, la carbonatation et la pénétration d'ions chlorures. Aussi, les eaux acides ou pures, les sulfates, nitrates ou les sels d'ammonium peuvent produire la corrosion. Le pH basique du béton protège les fers ou les aciers par une couche passivante d'hydroxyde de fer. Par la pénétration de CO_2 dans la matière (carbonatation) a lieu une baisse du pH. Lorsque la valeur est inférieure à 9 au niveau de l'armature, la couche passivante est détruite, produisant des oxydes et hydroxydes de fer expansifs (la rouille). Le béton poreux, le faible enrobage des armatures ou l'exposition à la pluie, aux substances agressives ou aux vents, contribuent à accélérer la carbonatation. L'oxydation se manifeste par l'augmentation du volume qui finit par fissurer ou faire éclater le béton, ouvrant un cercle vicieux qui alimente le désordre par les failles créées.

Dans la corrosion macrocell (galvanique), l'anode et la cathode sont séparées physiquement. Il s'agit, par exemple, d'une armature sensible à la corrosion qui est mise en contact, à travers un béton contaminé de chlorures, avec une armature moins sensible ou située dans un environnement différent. Dans la corrosion « microcell », l'anode et la cathode sont adjacentes à l'échelle microscopique¹⁰⁸⁸.

D'autres effets négatifs de la carbonatation sont les variations de teinte et les efflorescences. Pourtant, la carbonatation implique aussi une augmentation de la compacité des surfaces du béton par la formation d'une couche de calcite suivant la réaction du CO₂ avec l'hydroxyde de calcium et les silicates de calcium hydratés.

Concernant l'action du gel, elle est expliquée par des pressions hydrauliques ou osmotiques liées à l'augmentation en volume de l'eau qui produisent des fissures. Plusieurs paramètres conditionnent l'étendue des dégradations : la vitesse de refroidissement, la température minimale, le taux de saturation en eau du béton ou sa compacité. Les bulles d'air présentes dans le matériau peuvent servir de vases d'expansion et des adjuvants existent à cet effet (entraîneurs d'air), pour assurer des poches d'air micrométriques uniformément distribuées.

L'usage du béton dans la restauration des monuments historiques bâtis en maçonnerie traditionnelle peut avoir des effets néfastes, par la modification de leur comportement. Ainsi, à l'église Saint-Jean de Caen, reprise en sous-œuvre par Jean Merlet dans les années 1960 par 67 puits en béton armé de 12 m de profondeur¹⁰⁸⁹, il est constaté, dans les années 1990, la migration par capillarité de sels expansifs entre les reprises en sous-œuvre en béton armé¹⁰⁹⁰ et les piles en pierre de la nef et du chœur. L'effet direct est l'apparition de fissures sur les parements¹⁰⁹¹. D'autres désordres peuvent apparaître en cas de corrosion des aciers et, de manière générale, partout où la rigidité du béton armé s'oppose à l'élasticité des maçonneries traditionnelles. Considéré longtemps comme une solution lourde mais inerte - ce qui



193 Corrosion avec éclat des arêtes verticales. Comparaison de trois cas. De haut en bas : Notre-Dame-de-la-Trinité, Blois, Sainte-Thérèse, Montmagny, Saint-Pierre, Roye. Photo : l'auteur.

¹⁰⁸⁸ HANSSON C. M., POURSAEE A., LAURENT A. Macrocell and microcell corrosion of steel in ordinary Portland cement and high performance concretes. In : *Cement and Concrete Research*. Elsevier, Volume 36, N° 11, novembre 2006, pp. 2098-2102.

¹⁰⁸⁹ MERLET Jean. Caen. Église Saint-Jean. Reprise en sous-œuvre des fondations des transepts et du chœur. In : *Les Monuments historiques de la France*, janvier-mars 1964, pp. 1-12.

¹⁰⁹⁰ MOUTON Benjamin. Le béton armé dans le renforcement des structures. In : *Monumental*, N° 16, septembre 1999, pp. 54-57.

¹⁰⁹¹ PÉRIGNON Jean-Michel. Débat. Problèmes de conservation et de restauration : présentation de cas. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., p. 139.

est partiellement faux vu les phénomènes constatés - le béton armé doit faire l'objet d'une surveillance particulière dans la restauration. Actuellement, les spécialistes s'orientent davantage vers des solutions dynamiques légères contrôlées, notamment pour les reprises de tensions.

Désordres visibles et invisibles

La classification en désordres visibles et invisibles présente un intérêt pratique pour l'architecte-maître d'œuvre en vue de la préparation des travaux de restauration ou d'entretien sur les parties apparentes. Dans le cadre d'un projet de recherche sur le béton dans les édifices protégés, le laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH) a élaboré une liste de pathologies selon ce critère¹⁰⁹² : aspect grenu, bullage, corrosion, écaillage, efflorescences, épaufrures, faïençage, fissures, fuites de laitance, gonflement du béton, nids de cailloux, pommelage, recouvrements biologiques, salissures, stalactites, suintements, traces de rouilles, variations de teinte. Accompagné d'une brève description, d'une indication des origines possibles et d'un code graphique, cet outil permet d'identifier, d'ordonner et de suivre les divers désordres constatés lors d'un diagnostic.



194 Érosion légère du béton.
Notre-Dame-de-l'Assomption, Rungis.
Photo : l'auteur, 2017.

L'érosion par les intempéries a comme conséquence l'aspect grenu. La présence des cavités sur la surface vient des défauts d'exécution des travaux. L'écaillage a l'origine dans la corrosion ou dans le cycle gel-dégel et peut être suivi d'épaufrures qui laissent souvent des armatures dénudées. D'autre part, le gonflement du béton peut être dû à la corrosion des armatures, à une réaction au cycle gel-dégel ou à des réactions internes, alcali-granulats ou sulfatiques. Les efflorescences indiquent une migration entraînée par la capillarité des sels vers la surface, alors que le réseau de microfissures qui caractérise le faïençage vient d'un retrait des surfaces, du gonflement du béton ou de causes thermiques. Dans cette catégorie, le pommelage se manifeste par des taches-fantômes des granulats, par des différences de densité entre les constituants du béton ou par des variations du taux d'hydratation du ciment.

Une étanchéité insuffisante des coffrages peut produire des coulures de laitance. Les nids de cailloux indiquent une trop importante hauteur de chute du béton dans le coffrage, ou une mauvaise vibration qui produit la ségrégation. Par la circulation de l'eau à travers les fissures ou les pores du béton, des stalactites de calcite issue de la dissolution de la portlandite peuvent apparaître. Les suintements se forment selon le ruissellement des eaux et comportent une zone sombre humide et une zone blanche où la calcite se cristallise. Lorsque des variations de teintes sont visibles, elles sont dues soit à des impuretés, soit à des reprises de coulage ou à des ragréages ultérieurs. Enfin, les recouvrements biologiques et les salissures complètent le tableau de ces désordres visibles.

¹⁰⁹² MARIE-VICTOIRE Élisabeth. *Les altérations visibles du béton, définitions et aide au diagnostic*. Op. Cit.

6.1.2 Evaluation non destructive du béton armé

Les techniques de prélèvement physique de matériaux ont des limites liées à l'accessibilité, à la difficulté de généralisation sur l'ensemble de la structure et au risque de non-représentativité des échantillons. Pour cette raison, les méthodes de contrôle non destructif permettent d'évaluer plus globalement les ouvrages, par la détection des défauts, le classement des éléments et la quantification des propriétés¹⁰⁹³. Afin de rester dans le domaine de l'architecture, la présentation suivante se limite à une synthèse généraliste, du point de vue du maître d'œuvre appelé à intervenir pour la restauration des bétons anciens, notamment ceux d'une église.

L'inspection visuelle est la méthode la plus empirique qui peut s'accompagner d'outils simples de mesure, de relevés topographiques ou d'analyses photographiques, afin de mettre en évidence les déformations. C'est généralement un procédé préliminaire à une auscultation. Dans cette phase, il convient de répertorier les désordres, de les localiser et d'observer les caractéristiques de l'environnement du bâtiment (pollution, milieu marin etc.).

Par l'analyse du temps ou de la fréquence du signal issu des ondes mécaniques inférieures à 300 KHz distribuées à travers le matériau ou sur sa surface, il est possible d'effectuer une évaluation non destructive du béton, mais en moindre mesure des armatures. Elle a l'avantage de déterminer l'homogénéité du matériau, d'identifier les fissures, les résistances à la compression, la saturation ou la porosité. Dans cette famille, plusieurs techniques issues des besoins du génie civil sont disponibles, dont l'ultrason, le rebond, l'impact écho ou l'émission acoustique.



195 Auscultation (droite) et carottage (gauche).
Notre-Dame du Haut, Ronchamp.
Photo : l'auteur, 2022.

Largement employée, la technique de l'ultrason (ou auscultation sonique) repose sur la mesure de la vitesse de transmission de l'onde¹⁰⁹⁴. L'appareil de mesure est composé d'un générateur couplé à un émetteur et à un récepteur (transducteurs) placés à la surface du matériau et d'un oscilloscope numérique qui enregistre les signaux. Les transducteurs peuvent être placés sur deux faces opposées de l'élément, mais aussi sur deux faces contiguës ou sur la même face, en fonction de l'accessibilité et de

¹⁰⁹³ LERM (Laboratoire d'études et de recherches sur les matériaux). Contrôle non destructif des ouvrages ou comment obtenir une échographie des structures. In : *Le Moniteur*, 26 octobre 2010. URL : <https://www.lemoniteur.fr/article/contrôle-non-destructif-des-ouvrages-ou-comment-obtenir-une-échographie-des-structures.1213529> (Consulté le 10 août 2023).

¹⁰⁹⁴ PIWAKOWSKI B., SAFINOWSKI P., LOSECKI A. Contrôle non destructif du béton par ultrasons à l'aide d'un dispositif automatisé. Projet SENSEO. Ministère de la Recherche et Réseau de Génie civil et urbain, 2008, p. 2. Par exemple, la tour Perret de Grenoble a été pourvue de quatre capteurs dans le cadre du chantier test de restauration (2019-2020).

la configuration. Concernant la fiabilité de l'analyse, elle peut être affectée par l'humidité, la température, le gel couplant ou la présence d'armatures¹⁰⁹⁵.

Depuis les années 1950, la technique du rebond repose sur l'évaluation de la dureté du béton à la surface analysée. C'est un indicateur de la résistance mécanique du matériau, de la profondeur de carbonatation et de l'âge du béton. La méthode représente une analyse locale nécessitant d'être démultipliée afin d'obtenir des résultats représentatifs qui doivent être interprétés selon des corrélations empiriques. Dans la pratique, un scléromètre industriel de petites dimensions (le marteau Schmidt) est utilisé pour prendre les mesures à travers une tige appuyée contre la surface du matériau. Le ressort comprimé par la tige permet de déterminer les valeurs de rebond.

Vers la fin des années 1980, la technique de l'impact-écho est introduite afin de détecter les vides dans le béton et de mesurer l'épaisseur des dalles. Elle consiste à analyser la fréquence des ondes mécaniques suite à un choc mécanique capté à faible distance de la surface¹⁰⁹⁶.

Les ondes de surface permettent une analyse très sensible du béton par des mesures effectuées sur une seule face de l'élément. L'intérêt du procédé utilisant des fréquences de 50 à 250 KHz réside dans sa simplicité et dans sa capacité à fournir des informations sur les caractéristiques mécaniques en profondeur¹⁰⁹⁷.

Les mini-centrales d'auscultation présentent l'avantage de réaliser un examen mutualisé de plusieurs paramètres et de pouvoir être installées de manière pérenne dans un but de surveillance, en raison de leurs petites dimensions et de l'absence de fils. Ces appareils permettent d'intégrer les capteurs classiques du génie civil et d'analyser diverses données, dont la température, l'hygrométrie, la fissurométrie optique dans les trois dimensions, les vibrations, l'inclinométrie bi-axiale, l'accélérométrie ou la piézométrie. Par exemple, un dispositif de ce type (Captae, société SETEC - LERM) est mis en place vers 2022 à la chapelle Notre-Dame du Haut de Ronchamp, en vue de sa restauration. Il est autonome, géolocalisé et connecté aux serveurs du laboratoire de la société.

Afin de déterminer l'état de corrosion des armatures, des procédés électriques sont nécessaires. Ils se déclinent en trois types : le potentiel de corrosion, la vitesse de corrosion et la résistivité électrique. Comme la corrosion produit un potentiel électrique à l'interface béton-acier par la réaction d'oxydoréduction, la mesure des différences électriques entre l'armature et la surface du béton permet d'évaluer le potentiel de corrosion¹⁰⁹⁸. Plusieurs facteurs déterminent ces différences, notamment le

¹⁰⁹⁵ NGUYEN Ngoc Tan. *Évaluation non destructive des structures en béton armé : étude de la variabilité spatiale et de la combinaison des techniques*. Thèse de doctorat en mécanique. Université de Bordeaux, 2014, p. 18.

¹⁰⁹⁶ IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux). Méthodes d'auscultation du matériau en place - béton. Cahiers interactifs de l'IFSTTAR B1-4. URL : https://www.ifsttar.fr/collections/CahiersInteractifs/CII1/pdfs/FicheB1-4-Guide_Auscultation_Ouvrage_Art-Cahier_Interactif_Ifsttar.pdf (Consulté le 10 août 2023).

¹⁰⁹⁷ CHEKROUN Mathieu. *Caractérisation mécanique des premiers centimètres du béton avec des ondes de surface*. Thèse en Mécanique. École Centrale de Nantes, 2008, pp. 10-21.

¹⁰⁹⁸ GARCIA Sylvain. *Caractérisation de l'état de corrosion des aciers dans le béton par cartographie de potentiel*. *Matériaux composites et construction*. Thèse de doctorat en génie civil. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2017, résumé.

pH, la température, l'humidité ou l'épaisseur d'enrobage. Les mesures se présentent sous forme de cartes qui représentent les probabilités de corrosion. En ce qui concerne la vitesse de corrosion, elle peut être évaluée par la soumission du béton armé à une perturbation électrique de faible ampleur, qui a comme finalité des résultats indiquant la perte en millimètres d'acier par an. Quant à la résistivité électrique, elle indique la durabilité du matériau dans sa globalité, en complément de l'analyse du potentiel et de la vitesse de corrosion. La résistivité est déterminée par la teneur en eau et par la porosité du matériau, puisque le béton est un faible conducteur et les charges électriques sont déplacées par des ions sous l'effet du potentiel. Ainsi, les zones plus conductrices indiquent une corrosion probable¹⁰⁹⁹. La présence des chlorures peut aussi être établie, en raison de la concentration ionique plus forte. Les résultats, sous forme de cartes d'iso-valeurs, peuvent indiquer la durabilité des armatures, mais aussi la profondeur des fissures et la variabilité des bétons.

Dans le domaine de l'électromagnétisme, le radar peut être utilisé pour diagnostiquer le béton armé. Les impulsions émises à la surface du matériau sont de haute fréquence, entre 100-300 MHz et, en raison des différences de propriétés électromagnétiques des composantes du béton, détectent les armatures, les vides et les fissures. Il est également possible de relever les épaisseurs d'enrobage ou celles globales, car le procédé est fiable en profondeur. Des études spécifiques déterminent les propriétés évoquées, clé de lecture de la méthode radar appliquée au béton armé. Le LERM conçoit des appareils maniables de mesure radar à partir des années 2000. La lecture des résultats s'effectue via des logiciels sur une restitution cartographique en couleurs, similaire à celle utilisée dans la thermographie¹¹⁰⁰.

Les procédés de thermographie infrarouge sont basés sur le gradient de température du matériau présentant des discontinuités : cavités, fissures, humidité, ponts thermiques ou sources de combustion¹¹⁰¹. Une carte de températures de la surface est établie avec une caméra infrarouge, mais la limite de la méthode réside dans la difficulté d'évaluer la profondeur des défauts constatés ou l'épaisseur du béton d'enrobage¹¹⁰².

Plusieurs techniques radiographiques sont disponibles, sur la base de l'interprétation du mode de passage des rayons X ou gamma à travers le matériau : la radiographie, la radioscopie et la gammagraphie. Pour un coût élevé, justifié par sa complexité et sa redoutable fiabilité, la radiographie met en évidence les vides, les armatures, les reprises de coulage, les discontinuités ou les joints. À l'église Notre-Dame de Royan, une auscultation radiographique de plus de 300 clichés permet en 1987

¹⁰⁹⁹ IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux). Mesure de la résistivité du béton pour estimer le risque de corrosion. Cahiers interactifs de l'IFSTTAR B2-6. URL : https://www.ifsttar.fr/collections/CahiersInteractifs/CII1/pdfs/FicheB2-6-Guide_Auscultation_Ouvrage_Art-Cahier_Interactif_Ifsttar.pdf (Consulté le 10 août 2023).

¹¹⁰⁰ SOUCHU Philippe. Contrôle non-destructif des ouvrages et des bâtiments. Entretien avec Jean-Luc Garciaz, expert au LERM. URL : <http://doc.lerm.fr/contrôle-non-destructif-des-ouvrages-et-des-bâtiments/> (Consulté le 10 août 2023).

¹¹⁰¹ LARGET Mathilde. *Contribution à l'évaluation de la dégradation du béton : thermographie infrarouge et couplage de techniques*. Thèse de doctorat en mécanique. Université de Bordeaux, 2011, pp. 32-35.

¹¹⁰² BRACHELET F., DU T., DEFER D., ANTCZAK E. Détermination de la diffusivité thermique et de l'épaisseur du béton d'enrobage par thermographie infrarouge. XXIX^e Rencontres Universitaires de Génie Civil. Tlemcen, 29-31 mai 2011, 10 p.

d'effectuer une projection de l'armature métallique et d'évaluer le degré de corrosion¹¹⁰³. Afin d'examiner un élément, il est nécessaire d'accéder à ses deux faces et de se limiter à des épaisseurs jusqu'à 65 cm, qui peuvent être exceptionnellement doublées à l'aide de rayons plus forts¹¹⁰⁴.

Des systèmes de surveillance du vieillissement du béton armé sont aussi disponibles aujourd'hui. En grande majorité, ils comportent des capteurs noyés filaires. Leur coût est assez considérable et ils nécessitent un entretien régulier pendant une durée de vie de maximum 50 ans, ce qui est assez peu pour un ouvrage en béton armé. Nous pouvons citer des produits comme Anode Ladder (1986), Corrowatch (1996), ECI et WESP (2001) ou Smart Pebble (2002). Ils permettent d'évaluer la résistivité, la température ou la corrosion macrocell. Depuis 2011, Bouygues introduit une nouvelle méthode de surveillance avec des indicateurs non filaires, peu coûteux, nommés « lames orphelines »¹¹⁰⁵. Ces simples lames en fer pur sont noyées à des profondeurs différentes, entre la surface du béton et la première couche d'armatures, afin d'être soumises à la corrosion induite par l'inéluctable carbonatation. Pour évaluer l'état de l'ouvrage, un appareil mobile à induction magnétique pulsée chauffe les lamelles, qui deviennent lisibles à la caméra thermique. Les différences de chaleur indiquent la profondeur de la carbonatation, en sachant que le métal corrodé s'échauffe moins. Le Palais d'Iéna bénéficie de ce système de surveillance (monitoring) depuis son dernier chantier de restauration¹¹⁰⁶. Il est autonome en énergie pour une durée de dix ans et peut être interrogé à distance¹¹⁰⁷.

6.1.3 Procédés de restauration des bétons anciens

Des techniques spéciales sont disponibles pour le traitement du béton armé dégradé. Les ingénieurs de génie civil utilisent le terme « réhabilitation »¹¹⁰⁸, alors que les spécialistes du patrimoine bâti trouvent plus adaptée le mot « restauration », surtout pour les édifices protégés au titre des monuments historiques. Les techniques de réhabilitation ou restauration peuvent être distinguées, d'une part, en traitements électrochimiques et inhibiteurs de corrosion ayant comme cible principale les armatures et leur environnement immédiat, d'autre part, en renforcements par tirants ou tissus, reconstitutions partielles et nettoyages de surface, dédiés à la matière et à l'aspect du béton.

¹¹⁰³ OUDIN Philippe. Restauration de l'église Notre-Dame de Royan, Charente-Maritime. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., p. 106.

¹¹⁰⁴ Cette technique est normalisée en France : NF A 09-202. Principes généraux de l'examen radiographique, à l'aide de rayons X et gamma, des matériaux béton, béton armé et béton précontraint ; NF EN 1330-3. Essai non destructif. Terminologie. Partie 3 : Termes pour le contrôle radiographique industriel (indice de classement A09-020-3) ; NF EN 25580. Essai non destructif. Négatoscopes utilisés en radiographie industrielle. Exigences minimales (indice de classement A09-210).

¹¹⁰⁵ BARBERON Fabien, GEGOUT Philippe, LOPEZ-RIOS Julien (BOUYGUES). *Procédé de mesure de la corrosion d'un élément métallique dans un ouvrage en béton*. Brevet N° FR2955178A1, 15 juillet 2011 ; CRÉMONA Christian, KHADRA Mahdi, BOUICHOU Myriam. « Lames orphelines » - une technologie innovante. In : *Patrimoine en béton, enjeux et innovations*. Journée d'études citée.

¹¹⁰⁶ ROCHE Michel. Dupliquer les bétons Perret. In : *Béton*, N° hors-série 20, hiver 2017, pp. 26-28.

¹¹⁰⁷ MARIE-VICTOIRE Élisabeth, BOUICHOU Myriam. Le Palais d'Iéna. Un temple à sauvegarder. In : *1970-2020. Le laboratoire de recherche des monuments historiques. Un demi-siècle au service du patrimoine*. Paris : Beaux-Arts éditions, 2020, p. 66.

¹¹⁰⁸ Cf. TACHÉ Guy (coord.) AFGC/ CEFRACOR (Centre français anti-corrosion). *Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion*. Novembre 2003, 107 p. Cette synthèse doit être complétée avec des avancées technologiques réalisées depuis sa parution, par exemple les tirants en carbone.

Procédés électrochimiques

Certains procédés électrochimiques utilisés d'abord dans d'autres domaines, comme la protection cathodique par courant galvanique et la protection cathodique par courant imposé¹¹⁰⁹, finissent par être introduits au XX^e siècle dans la réhabilitation du béton armé. Dans ces techniques, les armatures à passiver sont reliées à la borne négative d'une alimentation en courant électrique continu, tandis qu'un élément métallique (anode) placé à la surface du béton (cathode) est relié à la borne positive.

Dans le cadre de l'extraction des chlorures du béton, la polarisation électrique doit être suffisamment forte pour entraîner le déplacement des ions chlorures depuis les armatures vers la surface extérieure. La migration est facilitée par une pâte appliquée sur le béton et qui contient l'anode. Quelques inconvénients existent en cas de surcharge ou d'application prolongée. Ainsi, les pores du béton peuvent s'élargir en facilitant une nouvelle attaque. Une alcali-réaction peut avoir lieu en cas de présence d'agrégats réactifs, ou la couleur du béton peut se modifier par le rejet de la solution autour de l'anode.

La réalcalinisation vise à augmenter le pH du béton carbonaté jusqu'à son niveau sain, à la fois autour des armatures et à la surface de l'élément. En pratique, la polarisation d'une anode sacrificielle recouverte d'une pâte électrolytique provoque le déplacement vers l'intérieur de la solution basique qui l'entoure¹¹¹⁰. Les deux zones peuvent s'unir si l'enrobage n'est pas considérable, ce qui assure un meilleur résultat. En cas d'application défectueuse, les mêmes inconvénients que dans le cas de l'extraction des chlorures peuvent se manifester.

La protection cathodique par courant galvanique, comme celle brevetée par la société Freyssinet¹¹¹¹, a pour objectif la création d'une couche passivante autour des aciers, sans impact significatif sur les caractéristiques du béton, d'où le besoin de charge électrique considérablement réduite par rapport aux techniques précédentes¹¹¹². En revanche, c'est un traitement permanent qui peut modifier l'aspect des surfaces, ce qui représente un inconvénient dans la restauration. Des revêtements conducteurs de type peinture métallique sont utilisés en tant qu'anodes à la surface du béton¹¹¹³, sinon des treillis en

¹¹⁰⁹ La protection cathodique galvanique est appliquée par Humphrey Davy dès le début du XIX^e siècle pour la protection des coques de navire en cuivre. La protection cathodique par courant imposé est introduite dans les années 1910 par Elliott Cumberland pour la protection des condensateurs des machines à vapeurs.

¹¹¹⁰ Cette méthode est brevetée selon diverses variations. Par exemple : HIRD Pamela, FOSROC Ltd. *Procédé de traitement électrochimique du béton*. Brevet N° W09901407, 14 janvier 1999 ; GUERIN Richard, FREYSSINET INTERNATIONAL. *Procédé de régénération et de protection du béton armé*. Brevet N° EP0723947, 31 juillet 1996.

¹¹¹¹ TOURNEUR Christian, FREYSSINET SOLETANCHE. *Procédé de protection cathodique d'une structure en béton armé*. Brevet N° EP2839057, 25 février 2015.

¹¹¹² Cette méthode est brevetée sous différentes formes. Par exemple : PAGE Christopher Lyndon. *Protection cathodique du béton armé*. Brevet N° W09429496, 22 décembre 1994 ; plus récemment : WHITMORE David, CHILD Geoffrey. *Protection contre la corrosion cathodique comportant un limiteur de courant*. Brevet d'invention N° W02019006539, 1^{er} octobre 2019 ; WHITMORE David, BECKER Tobias. *Système de protection contre la corrosion cathodique comportant un ensemble de montage de barre d'armature*. Brevet N° W020190066540, 1^{er} octobre 2019 ; GLASS Gareth, ROBERTS Adrian, DAVIDSON Nigel. *Procédé de traitement pour béton*. Brevet N° EP3190210, 7 décembre 2017 ; SIMPSON David, SERGI George, RATHOD Tejal, WHITMORE David. *Protection cathodique contre la corrosion*. Brevet N° W02017075699, 5 novembre 2017 ; KIM Ki Joon. *Système de protection cathodique par courant imposé (ICCP) pour béton en mer*. Brevet N° W02013062234, 5 février 2013.

¹¹¹³ La société Renofors utilise une technique de projection de zinc sur des grandes surfaces, dans le cadre de cette protection appelée « galvanique » dans le vocabulaire de l'entreprise.

titane traité, noyés dans un enduit de béton à résistivité contrôlée qui uniformise l'aspect. Afin d'évacuer les chlorures, lorsque ceci est nécessaire, les anodes peuvent être commutées en mode courant imposé, accélérant la migration ionique. Pour la restauration de l'église Notre-Dame à Royan, le procédé électrochimique Norcure¹¹¹⁴ breveté par Fosroc est utilisé¹¹¹⁵.

La protection cathodique par courant imposé est adaptée aux grandes surfaces dégradées. Dans le procédé appliqué par Novbéton, elle utilise des anodes auxiliaires en titane insensibles à la corrosion, réparties de manière calculée sur l'ouvrage à protéger et branchées au générateur de courant continu. Cette technique est employée aux Halles du Boulingrin à Reims et à l'église Saint-Jacques-le-Majeur à Montrouge. En revanche, la protection cathodique par courant galvanique proposée par la même société met en œuvre des anodes en alliages sensibles à la corrosion (zinc, aluminium, magnésium), c'est-à-dire avec un potentiel électrochimique moins élevé que celui des armatures, afin de se « sacrifier » à leur place.

Un procédé breveté Renofors-Novbéton utilise l'hydrolyse et l'électro-osmose afin d'augmenter le pH du béton autour des armatures et recréer ainsi une couche passivante. Pour une durée de quinze jours, un cataplasme anodique est installé sur la surface du béton, en étant soumis à un courant imposé qui peut aussi avoir un effet de déchloruration. C'est un traitement adapté aux bétons apparents, puisque l'aspect de la surface n'est pas altéré. Lors d'une première phase, les bétons non adhérents sont purgés, des ponts électriques sont créés entre les armatures et la continuité électrique est évaluée par ohmmètre. Ensuite, un treillis soudé est appliqué et connecté électriquement à l'élément à traiter. Un flocage de pâte en cellulose de quelques centimètres d'épaisseur, avec une humidité surveillée, est projeté pour recouvrir le treillis et servir de réservoir pour l'électrolyte. Après le raccordement des câbles, la mise sous tension est effectuée sous une surveillance constante. Afin de s'assurer des résultats, des carottages sont réalisés pour évaluer le pH du béton dans le cadre du test à la phénolphthaléine. Le pont Camille de Hogues de Châtellerault, construit en 1900 par Hennebique¹¹¹⁶, a été restauré entre 2002 et 2006 selon cette technique¹¹¹⁷.

Inhibiteurs de corrosion

Les inhibiteurs de corrosion sont des produits liquides qui ralentissent la corrosion des aciers. Leur objectif est de créer des films d'oxydes stables sur la surface de l'acier et la composition de la substance appliquée est définie selon le diagnostic préalable. Les inhibiteurs inorganiques sont les nitrites et le monofluoro-phosphate de sodium (MFP), qui s'appliquent en phase liquide ou en gel sur la surface du béton durci, afin de le pénétrer. Les inhibiteurs organiques contiennent des mélanges

¹¹¹⁴ FOSROC. *Norcure- Electrochemical Treatment for Reinforced Concrete Specifiers Guide*. Publication Fosroc Tamsworth, 1996.

¹¹¹⁵ SIMMONET Cyrille. La peau et les os. Sur la restauration des constructions en béton armé. In : *Faces*, N° 42/43, 1997-1998, p. 27.

¹¹¹⁶ Premier pont en béton armé de portée supérieure à 100 m. Classé MH en 2002. Notice Mérimée PA86000019.

¹¹¹⁷ DESBOIS T., THAUVIN B., BOUTEILLER V. Présentation des procédés de traitement électrochimiques. Journée technique AFGC Méditerranée : La protection cathodique des ouvrages en béton armé : du diagnostic aux travaux. Mallemort, 12 décembre 2018.

d'alcanolamines, amines, acides aminés ou émulsions d'ester d'acide gras et peuvent soit être appliqués à la surface, soit être utilisés comme adjuvants dans le béton neuf¹¹¹⁸.

La technique MFP consiste à utiliser un gel porteur pour appliquer les inhibiteurs sur la surface du béton. Il assure une pénétration d'environ 50 mm par absorption capillaire et peut être supprimé du parement par simple lavage. En réaction avec les armatures, les molécules inhibitrices produisent des phosphates de fer et des oxydes ferriques qui retardent la corrosion. D'autre part, la solution aqueuse Sika Ferro Gard contient des amino-alcools et des sels amino-alcools qui pénètrent jusqu'à une profondeur de 40 mm deux mois après l'application¹¹¹⁹. Les deux méthodes montrent des qualités comparables, selon les tests effectués par des organismes indépendants¹¹²⁰. Les inhibiteurs de corrosion peuvent être utilisés aussi en complément de la protection cathodique¹¹²¹.

Renforcement de la matière

La méthode des tissus en fibre de carbone collés à l'aide d'une résine époxy sur les éléments en béton armé est apparue relativement récemment¹¹²², en complément des armatures en tension, au niveau des poutres ou dalles, ainsi que pour le frettage des poteaux. Les dispositifs sont de très faible épaisseur, mais ils peuvent avoir un impact visuel considérable, principalement en raison de leur couleur noire.

Pour la restauration de la chapelle Notre-Dame-du-Haut de Ronchamp, l'entreprise Albizzati¹¹²³ met en œuvre des tirants en carbone au niveau de la tour nord¹¹²⁴. L'ACMH Richard Duplat, en charge de l'opération, déclare : « On n'est pas sur un monument en péril mais un monument malade. Il faut restaurer l'épiderme. C'est un travail sensible, de la microchirurgie »¹¹²⁵.

Certains procédés récents de renforcement des structures autorisent un impact très limité sur la matière d'origine, comme les tissus à fibre de carbone collés à la résine, utilisés pour le renforcement du mur de clôture de la maison Hennebique¹¹²⁶.

¹¹¹⁸ CHAKRI Sara. *Compréhension des mécanismes d'inhibition de la corrosion des armatures métalliques des bétons par des molécules d'origine biologique*. Thèse de doctorat en génie chimique. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2015, p. 33.

¹¹¹⁹ Notice produit. Sika FerroGard-903 Plus.

¹¹²⁰ HUNKELER F., UNGRICH H. et al. Qualification de deux inhibiteurs (MFP et Sika FerroGard-903) pour la remise en état d'ouvrages en béton armé contaminés par des chlorures. Rapport VSS Suisse N° 554, juillet 2001.

¹¹²¹ EFIM Ya Lyubiski. *Protection cathodique de béton renforcé avec un inhibiteur de corrosion imprégné*. Brevet d'invention N° W00233147, 25 avril 2002.

¹¹²² CSTB. Avis Technique n°3/14-757*V2. Produit Foreva TFC (Freysinnet). Publié le 8 février 2017.

¹¹²³ Cette entreprise a effectué en 2015 la démolition de l'église Sainte-Thérèse de Mandeure-Beaulieu (Cf. 1.2.2).

¹¹²⁴ FERNANDEZ Jean-François. Début des travaux de restauration du béton de Notre-Dame du Haut à Ronchamp, construite par Le Corbusier. In : *France bleu Besançon*, 13 février 2021. URL : <https://www.francebleu.fr/infos/culture-loisirs/debut-de-travaux-de-restauration-du-beton-de-notre-dame-du-haut-a-ronchamp-construite-par-le-1613156216> (Consulté le 10 août 2023).

¹¹²⁵ BRUNNARIUS Isabelle. En Haute-Saône, la Chapelle de Le Corbusier entame un vaste chantier de restauration jusqu'en 2024. In : *France info*, 17 février 2021. URL : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/bourgogne-franche-comte/haute-saone/ronchamp-debut-d-un-vaste-chantier-de-restaurations-pour-la-chapelle-de-le-corbusier-1954039.html> (Consulté le 10 août 2023).

¹¹²⁶ GATIER Pierre-Antoine. Les techniques récentes de restauration des bétons. In : *Lettre de l'Académie des Beaux Arts*, N° 80, hiver 2015-2016, p. 32.

Le béton fibré à ultra hautes performances (BFUP) est utilisé dans les environnements très agressifs afin de se substituer au béton armé classique ou de le conforter sans augmentation trop importante du volume. Le BFUP combine les caractéristiques du béton à hautes performances (BHP) avec celles des bétons fibrés, par l'addition de fibres métalliques ou polymériques afin de créer une ductilité en traction¹¹²⁷. Ce matériau peut être intéressant pour la reconstitution de pièces fortement exposés aux intempéries. Il est notamment utilisé pour la restitution des structures des grandes baies vitrées aux halles du Boulingrin à Reims, mais aussi à Saint-Jean de Montmartre.

Reconstitution ponctuelle des bétons anciens (patch repair)

Le traitement le plus simple pour les armatures corrodées est le ragréage associé ou non à un produit de protection, mais cette technique ne traite pas dans sa totalité les causes du phénomène, qui sont électrochimiques¹¹²⁸. C'est en 1977 que le Laboratoire central des ponts-et-chaussées (LCPC) et le Service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA) publient pour la première fois un guide de solutions pour le traitement des bétons altérés¹¹²⁹, sans composante électrochimique et sans vocation d'application à la restauration des monuments historiques.

Cet ouvrage est largement diffusé et il bénéficie du prestige des auteurs, ce qui mène à la mise en place d'une méthodologie quasi-classique¹¹³⁰. Elle repose sur une définition des objectifs à atteindre, dans un contexte de sécurité et durabilité de l'ouvrage préalablement fixé. D'abord, il est nécessaire de réaliser un diagnostic pour identifier les anomalies qui sont de deux types : liées au matériau ou au fonctionnement. Comme le béton armé se dégrade par la corrosion de l'armature, les réparations visent à arrêter ou ralentir ce processus. Si l'on constate que la section des aciers a diminué, des renforts sont ajoutés par scellement ou collage. Ensuite, il est nécessaire, d'une part, de mettre fin à la circulation d'eau car elle permet les échanges oxydo-réducteurs, et de l'autre, de maintenir un environnement passivant capable de résister aux nouvelles agressions. Les liants hydrauliques de type LHM ou LHA¹¹³¹ peuvent répondre à ces exigences, parce qu'ils contiennent du clinker. En revanche, ils ont une adhérence variable, alors que les résines synthétiques (époxydiques, acryliques, polyuréthanes etc.) assurent une bonne adhérence et une barrière très efficace pour l'eau. Néanmoins, les résines n'ont pas de capacité passivante et un produit doit être appliqué pour pallier ce défaut avant leur mise en œuvre.

Sur les bétons anciens, les réparations ponctuelles se réalisent déjà depuis plusieurs décennies. Il s'agit d'une technique qui nécessite de purger en profondeur le béton dégradé et de traiter les armatures corrodées. Ces dernières peuvent être attaquées en profondeur, ce qui altère leur rôle structurel. Dans

¹¹²⁷ SALLES Hervé. *Utilisation du béton fibre à ultra-hautes performances dans le bâtiment. Matériaux composites et construction*. Mémoire en génie civil. CNAM - Centre régional associé de Bordeaux, 2013, p. 6.

¹¹²⁸ Le nouveau mortier atteint les causes électrochimiques car, théoriquement, le phénomène d'anode induite peut s'opérer.

¹¹²⁹ LCPC, SETRA. *Choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton*. Guide technique. 1977 ; rééditions 1985, 1993, 1996. Référence F9613, 75 p.

¹¹³⁰ MOUTON Yves, RAHARINAIVO André. *Restauration du béton dégradé*. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., pp. 77-80.

¹¹³¹ Liant hydraulique modifié (LHM) ; Liant hydraulique avec ajouts éventuels (LHA).

ce cas, il convient de les remplacer avec de nouveaux aciers de diamètre adapté, soudés aux armatures existantes purgées et saines. Pour une question de durabilité de l'intervention, l'usage de l'innox peut être retenu, mais son coût est plus important et, dans certaines conditions, il peut accélérer la corrosion des armatures existantes par le phénomène macrocell¹¹³².

Si les armatures d'origine sont dans un état satisfaisant, elles peuvent être brossées et couvertes d'un inhibiteur de corrosion. Dans les réparations ordinaires réalisées au cours du XX^e siècle, le mortier de reconstitution est généralement à base de ciment Portland, sans utiliser une formulation identique à celle du béton ancien existant¹¹³³. Cette composition du « patch » présente des inconvénients qui contribuent à faire réapparaître le désordre traité. L'adhérence de ces mortiers est problématique en raison des mortiers à fort retrait, car ils sont responsables de l'apparition de microfissures au niveau des raccords entre la matière ancienne et la nouvelle matière, ce qui favorise la carbonatation et l'infiltration d'eau. Des résines ou polymères ajoutés aux bétons de réparation pour améliorer l'adhérence peuvent avoir des effets négatifs dans l'évolution différenciée de l'aspect, ou ils peuvent accélérer la dégradation du béton d'origine.



196 Reconstitution ponctuelle incompatible avec le ciment armé d'origine. Saint-Jean de Montmartre. Garde-corps. Photo : L. Fouqueray, BECH, 2007.

Un autre effet nocif de ces reprises peut être l'accélération de la corrosion dans les zones adjacentes à la réparation, phénomène nommé « effet d'anode induite », ou en anglais « ring anode corrosion ». Il s'agit d'une différence de potentiel électrochimique entre les parties d'armatures situées dans le nouveau béton alcalin et les armatures saines situées dans le vieux béton armé carbonaté, qui accélère la corrosion de ces dernières¹¹³⁴. Par exemple, des reprises locales peu adaptées sont effectuées au cours du XX^e siècle sur les églises Saint-Jean de Montmartre et Saint-Jacques-le-Majeur de Montrouge. Il peut être constaté que certaines de ces reprises ne sont pas armées.

Les interventions sur les bétons d'origine de l'église Saint-Antoine de Bâle (1925-1927) servent de référence pour la technique de reconstitution dans les années 1990. Si les bétons d'enrobage situés sur la façade principale sont remplacés en totalité, ce qui réduit les éventuels désordres d'adhérence et d'aspect cités ci-dessus, les bétons des autres façades sont traités avec des reconstitutions locales¹¹³⁵. Elles n'engendrent pas de désordres techniques mais vieillissent de manière différente par rapport au béton d'origine.

À proximité du littoral, les bétons sont davantage soumis aux agressions climatiques et aux chlorures, ce qui impose des techniques adaptées de restauration. Sur l'église Saint-Ferdinand à Arcachon, les

¹¹³² HANSSON C. M., POURSAEE A., LAURENT A. Art. Cit.

¹¹³³ STEGEN Guido. La renaissance du patch repair. Colloque Restaurer les bétons : la masse et l'épiderme. ICOMOS France. Grenoble, 23-24 novembre 2017. In : *Cahier ICOMOS France*, N° 29, 2018, p. 128.

¹¹³⁴ EUCLID Chemical Company. *Corrosion Prevention & Control*. Brochure B14 Sentinel Galvanic Anodes. Cleveland, 2014

¹¹³⁵ BASYN Jean-Marc. Le *Patch Repair* au chevet de l'église sainte-Suzanne. Plaidoyer pour une restauration microchirurgicale des bétons. In : *Bruxelles Patrimoines. Dossier bétons*, N° 30, avril 2019, p. 88.

moulures du clocher en béton armé sont restaurées en 2015 par la société Arénov, sous la direction de l'agence Architecture Patrimoine de Bordeaux¹¹³⁶, avec des mortiers fibrés spécifiques posés dans des coffrages en bois réalisés sur place. Ces derniers incluent en négatif des éléments en staff reproduisant les profils d'origine¹¹³⁷. Aussi, les sculptures en béton présentent des difficultés de restauration en raison de leur volume irrégulier. Le clocher de cette église est dominé d'une statue monumentale en béton du Christ de 4 m de hauteur. Ses mains sont particulièrement dégradées et leur restauration nécessite de modeler le béton en début de prise, selon une méthode proche de celle de Sarrabezolles. En revanche, le béton utilisé est gris alors que la teinte d'origine, quoique patinée, est beige sable. Une couche de badigeon blanc est appliquée sur l'ensemble de la partie sommitale du clocher afin d'uniformiser les teintes¹¹³⁸.

La restauration d'un décor moulé en béton armé est illustrée par le chantier mené par Pierre-Antoine Gatier à partir de 2018 sur la villa Éphrussi de Rothschild, à Saint-Jean-Cap-Ferrat¹¹³⁹. Sur ce bâtiment achevé en 1912, les réparations qui ont lieu régulièrement depuis le milieu des années 1930 indiquent des dégradations précoces. En dehors de la carbonatation des bétons de ciment et de chaux qui atteint des armatures insuffisamment enrobées, les chlorures de l'eau de mer aggravent les pathologies du matériau qui fissure et s'éclate notamment aux arêtes. Afin de supprimer l'enduit d'origine qui recouvre les bétons, plusieurs techniques de décapage sont testées sous le contrôle du LRMH. Entre laisser le béton apparent et le recouvrir, il est décidé de restituer un enduit similaire à celui d'origine, mais imperméabilisant et réversible. Les mortiers de réparation qui doivent compléter les parties moulées manquantes, ainsi que le nouvel enduit et sa performance sont expérimentés avant leur mise en œuvre¹¹⁴⁰.

Traitement des parements en bétons anciens

À l'instar de la pierre, le béton apparent a besoin d'un nettoyage régulier pour supprimer les salissures issues des intempéries et de la pollution. Ce traitement n'est appliqué qu'après avoir effectué, le cas échéant, les travaux de réparation lourde dans la profondeur du matériau (augmentation du pH, ragréages). Deux grandes familles de techniques sont disponibles, par voie humide et par voie sèche, mais il y a aussi des techniques mixtes. Les voies de traitement sèche et humide peuvent comporter des abrasifs : poudres de verre, carbonate de calcium ou oxydes d'aluminium, les plus fins disponibles.

¹¹³⁶ Église Saint-Ferdinand. Site de l'agence Architecture Patrimoine. URL : <http://architecturepatrimoine.fr/projet/4/restauration-clocher-eglise-arcachon> (Consulté le 10 août 2023).

¹¹³⁷ ARENOV. Restauration du clocher de l'église Saint Ferdinand à Arcachon. URL : <https://www.arenov.fr/projets/restauration-eglise/> (Consulté le 10 août 2023).

¹¹³⁸ DUBOURG Bernadette. Arcachon : volée de cloches à Saint-Ferdinand pour la restauration de l'église. In : *Sud-Ouest*, 18 février 2016. URL : <https://www.sudouest.fr/region/arcachon/arcachon-volee-de-cloches-a-saint-ferdinand-pour-la-restauration-de-l-eglise-3680161.php> (consulté le 10 août 2023).

¹¹³⁹ IMH 1993, CMH 1996. Référence Mérimée PA00125706.

¹¹⁴⁰ BOUICHOU Myriam, MARIE-VICTOIRE Élisabeth. La villa Éphrussi de Rothschild à Saint-Jean-Cap-Ferrat. Des choix de restauration. In : *1970-2020. Le laboratoire de recherche des monuments historiques. Un demi-siècle au service du patrimoine*. Paris : Beaux-Arts éditions, 2020, p. 68.

Le nettoyage par voie humide à haute pression présente le plus de risques, en raison de la pénétration profonde de l'eau dans le matériau. C'est une méthode réservée aux supports très solides et denses. Le nettoyage à basse pression présente des formes moins agressives, comme la nébulisation qui implique la projection de microgouttelettes, ou l'injection-aspiration d'eau sous vide. Les vapeurs d'eau sont mises en œuvre efficacement contre les recouvrements biologiques sur les parements denses. Par exemple, sur le chantier de restauration du palais d'Iéna, une projection d'eau à 85° à 2,5 bar est choisie, car les autres méthodes ne sont pas assez efficaces ou laissent des résidus¹¹⁴¹. L'injection-extraction d'eau utilise de l'eau froide projetée, puis aspirée sous vide d'air et récupérée dans un récipient pour être éliminée. Des agents chimiques de type détergents sont utilisés notamment pour des façades récentes, mais certaines substances peuvent aider à détruire les salissures très difficiles sur les bétons anciens : l'acide fluorhydrique, phosphorique ou chlorhydrique, ou encore la bifluorure d'ammonium. Les substances de ce type sont néanmoins très agressives avec le support et doivent être employées avec prudence. Enfin, pour éliminer les recouvrements biologiques, des produits biocides sont employés, comme les sels d'ammonium quaternaires.

Parmi les méthodes de traitement par voie sèche, nous pouvons citer le cryogommage et le laser. Le premier est comparable au sablage ou à l'aérogommage, mais il utilise la glace carbonique en mélange avec une matière abrasive adaptée à la surface traitée, comme le bicarbonate de soude, le garnet ou les billes de verre. L'efficacité du procédé s'explique par le passage du CO₂ de l'état solide à l'état gazeux dans un rapport de 1 à 700. C'est un traitement de surface qui, grâce à son effet thermique négatif (-80°C) n'affecte pas les métaux par la surchauffe. En dehors des résidus issus du nettoyage, presque aucune poussière n'est créée et, à la différence du hydrogommage, il n'y a pas d'humidité résiduelle.

Quant au laser, son coût et sa complexité n'autorisent qu'une application limitée à des opérations de haute précision. Le laser produit une ionisation qui détruit en partie les salissures, ainsi qu'une onde de choc qui les élimine sous forme de poussière¹¹⁴². Une critique acerbe du procédé est réalisée par l'ACMH Jacques Moulin qui, fort de son expérience du nettoyage complexe par microsablage du portail de la basilique de Saint-Denis, affirme que le laser est un exemple « d'erreur technique élevée au rang de pensée institutionnelle »¹¹⁴³. Il accuse le laser de dégrader la pierre en la jaunissant, comme sur les portails de la cathédrale de Chartres. Est-ce le cas pour le béton ? Selon notre examen visuel des expériences de nettoyage au laser exécutées à l'église du Saint-Esprit à Paris il semblerait que non, au moins dans ce cas. Au contraire, c'est le bas-relief de l'allégorie du mois de mars, traité par projections d'abrasifs à basse pression, qui est devenu jaunâtre. Toutefois, les avis contraires des professionnels sur le laser invitent à une certaine prudence concernant cette méthode.

¹¹⁴¹ ROCHE Michel. Dupliquer les bétons Perret. In : *Béton*, N° hors-série 20, hiver 2017, p. 28.

¹¹⁴² BOUICHOU Myriam, MARIE-VICTOIRE Élisabeth. *Le nettoyage des bétons anciens*. Op. Cit., p. 15.

¹¹⁴³ MOULIN Jacques. La restauration monumentale entre projet, projets et non-projet. Intervention dans le cadre de : *Le projet de restauration aujourd'hui. Une pratique hors-normes ?* Journée d'études. Paris : Cité de l'architecture et du patrimoine, 13 mai 2016. URL : <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/video/ouverture-le-nouveau-chateau-du-lichtenberg-la-rencontre-hors-normes-entre-un-monument> min. 1 :15 :00 (Consulté le 10 août 2023).

Dans la famille de techniques mixtes de nettoyage, l'application d'un cataplasme sur les surfaces permet de supprimer par imprégnation les salissures, les graisses ou les croûtes noires. Les compresses à laine de roche consistent à projeter ce matériau mélangé avec un liant sur un réseau de tubes d'eau installés préalablement sur la surface verticale du béton. Par l'irrigation constante de ce cette compresse, les salissures se ramollissent et peuvent être éliminées par un simple brossage humide. Un autre type de compresses, adaptées aussi pour l'intrados de voûtes et pour les plafonds, sont celles à base d'attapulгите mélangée avec des adjuvants et de l'eau. La pâte est projetée mécaniquement ou manuellement comme un enduit, pour être enlevée à la spatule après son action. Adapté notamment aux parements intérieurs, le peeling consiste en l'application d'une pâte en latex, qui sèche sous forme de film et attire les impuretés du béton, et pouvant être facilement retirée.



197 Comparaison des résultats de deux techniques de nettoyage du béton apparent. La teinte jaunâtre en haut peut être due à la projection d'abrasifs à basse pression. Église du Saint-Esprit, Paris. Photo : l'auteur, 2023.

Des pelables à base d'alcool polyvinylique sont également disponibles. Projetés en pâte, ils durcissent sous la forme d'un film facilement retirable dans lequel les impuretés s'incrustent. Le temps de durcissement et la consistance peuvent, en revanche, poser problème sur des surfaces très rugueuses, comme celles bouchardées, par des coulures et par l'insuffisante pénétration dans les irrégularités du béton. Il existe également des pelables à base de latex naturel ou mélangé d'argile, applicables à la brosse ou par projection, avec ou sans additifs, notamment les acides éthylène diamine tétra acétique (EDTA). Enfin, l'hydrogommage est une technique adaptée aux supports fragiles, utilisée par exemple dans la restauration de l'église Saint-Jacques-le-Majeur à Montrouge. Il s'agit d'une abrasion par projection à basse pression de microgranulats, atténuée par l'apport d'eau qui empêche la formation de poussière.

Pour des raisons d'adaptation au problème à résoudre, plusieurs techniques de nettoyage sont testées sur les chantiers de restauration avant d'en effectuer le choix. Par exemple, afin de traiter les salissures extérieures sur la Maison du Brésil ou sur l'église du Saint-Esprit, la majorité des moyens présentés ci-dessus sont mis en œuvre sur des zones très limitées, pour comparer les résultats. Les bétons apparents de l'édifice de Le Corbusier, situé près du polluant périphérique parisien, répondent mal aux produits pelables à base d'alcool polyvinylique et à l'eau sous pression, car ces techniques dégradent les traces des coffrages. Un mélange de compresses, projection d'abrasifs, laser et techniques moins agressives à base d'eau est finalement mis en

application¹¹⁴⁴. À l'intérieur de l'église dessinée par Paul Tournon sont testées des produits de peeling à base de latex, mais c'est l'injection-extraction d'eau qui est la seule à ne pas laisser de résidus polluants. Sur les sculptures extérieures en béton de la même église, sont écartées, dès le départ, les méthodes de peeling ou compresses en laine de roche, inadaptées en raison du relief complexe. Lors des tests, la projection d'abrasifs par voie humide crée une accumulation de pâte dans les concavités, ce qui empêche leur nettoyage. Les compresses d'attapulgite et la nébulisation ont une puissance limitée devant l'épaisse croûte noire, ce qui mène à utiliser le laser et la projection d'abrasifs fins à basse pression¹¹⁴⁵. L'église Sainte-Odile fait l'objet d'essais de pelables à base d'argile et latex et d'injection-extraction d'eau, mais les cataplasmes donnent des résultats plus satisfaisants sur le béton bouchardé et les sculptures¹¹⁴⁶. Au palais d'Iéna, le nettoyage des bétons est effectué par pulvérisation d'eau chaude, doublée d'une projection d'abrasifs à faible pression sur les zones le nécessitant.

Sur les bas-reliefs extérieurs de l'église du Saint-Esprit à Paris, plusieurs techniques de nettoyage des salissures noires sont expérimentées à la fin des années 2000 : eau sous pression, nébulisation, projection d'abrasifs par voie humide ou sèche, projection directe et en vortex, compresses d'attapulgite et laser¹¹⁴⁷. Les techniques les plus efficaces sont la projection d'abrasifs à sec et le laser, qui s'adaptent le mieux aux creux des ouvrages et attaquent moins le béton. De manière générale, les techniques humides présentent l'inconvénient des coulures sales qui aggravent l'aspect déjà crasseux du parement aux endroits non traités.

Un protocole de traitement des parements en béton

L'examen visuel préalable et exhaustif est obligatoire. Il doit reposer sur une compétence dans l'identification des pathologies, issue d'une compréhension expérimentale ou théorique des premiers bétons armés. Aussi, il doit être complété par la consultation des textes et plans disponibles, sinon sur des relevés graphiques et photographiques. Les salissures doivent être localisées en plans et élévations, dans l'objectif de quantifier les surfaces et aider à la compréhension des sources des désordres. Connaître les causes des problèmes permettra de traiter de manière durable les parements. Par exemple, une gouttière défaillante qui engendre des infiltrations peut être réparée à l'occasion des travaux, l'émission de fumée de cierges peut être mieux gérée etc. Deux familles de désordres peuvent être constatées : les salissures noires et les recouvrements biologiques.

Les salissures noires extérieures sont généralement plus indurées que celles intérieures, mais ces dernières sont plus grasses. Leur nature doit être identifiée afin de définir les travaux qui s'imposent. Le choix dépend aussi de la configuration du site et de l'envergure des travaux. Pour les salissures noires, les procédés sont choisis en fonction de la localisation. Ainsi, à l'intérieur il sera privilégié d'appliquer des produits pelables, ou le laser avec projection d'abrasifs par voie sèche. L'injection-

¹¹⁴⁴ MARIE-VICTOIRE Élisabeth, BOUICHOU Myriam. Le nettoyage des bétons. In : *Monumental*, N° 1, 2017, p. 72.

¹¹⁴⁵ Idem, p. 73.

¹¹⁴⁶ BOUICHOU Myriam, MARIE-VICTOIRE Élisabeth. *Le nettoyage des bétons anciens*. Op. Cit., p. 23.

¹¹⁴⁷ Idem, p. 19.



198 Exposition aux intempéries et vieillissement des reliefs en béton. Du haut vers le bas : exposé sur portail (Sainte-Odile, Paris), protégé sous porche (Saint-Vaast, Moreuil), exposé sur rosace mais peint (Saint-Rémi, Roupy). Photo : l'auteur, 2023.

extraction d'eau n'est pas adaptée aux sculptures en béton. À l'extérieur, les dépôts fins et les croûtes noires peuvent se nettoyer par des projections d'abrasifs en voie sèche. Ces abrasifs peuvent être plus facilement collectés qu'à l'intérieur, où un confinement est nécessaire. La nébulisation et le laser peuvent être utilisés efficacement sur les sculptures. Quant aux risques à prendre en compte, la toxicité des produits, en lien avec l'environnement du chantier, peut orienter le choix. Par exemple, certains produits pelables à additifs complexants (éthyle-diamine tétra-acétique ou tri-ammonium citrate) peuvent attaquer la couleur du béton.

Une étape de test doit être préconisée dans les documents du marché de travaux, avec un budget dédié, afin d'arrêter la technique la plus appropriée. Le maître d'œuvre effectue une présélection de plusieurs méthodes parmi celles citées. L'essai se réalise in situ sur des zones représentatives pour chaque type de désordre, avec une analyse visuelle simple ou à la loupe binoculaire. La récupération de l'eau ou des produits abrasifs doit être anticipée. Il faut prévoir une évaluation des techniques en amont, pendant les tests et après les travaux par observation directe, de même que par examens en microscopie optique et à balayage accompagnés d'une microanalyse à rayons X dispersive en énergie (EDX) sur petits échantillons.

Dans le cas des recouvrements biologiques, la sélection du procédé tient compte de l'état sanitaire du béton. Les interventions se font à l'abri d'intempéries et sur une certaine durée. L'élimination mécanique des mousses est la première étape avant le traitement de la surface du parement. Si ce dernier se trouve en bon état, il est possible d'appliquer soit un traitement à la vapeur, doublé d'une substance biocide préventive qui agit de deux jours à plusieurs semaines en fonction de ses caractéristiques, soit un produit biocide curatif en compagnie d'une injection-extraction d'eau. Les parements dégradés peuvent être traités avec un brossage adapté et un produit biocide.

Il existe des cas, comme celui des flèches ou des bas-reliefs de certaines églises de la première Reconstruction, où le béton est peint à l'origine, mais son exposition prolongée aux intempéries et à la pollution favorise la colonisation biologique et la disparition presque totale de la peinture (comme dans le cas des cathédrales médiévales). Dans ces situations, il convient de réaliser une critique solide d'authenticité avant la remise en peinture du béton, en sachant que ce traitement nécessite un produit spécial, par exemple la peinture aux silicates de potassium, sous réserve de compatibilité avec le support, ainsi qu'un entretien régulier.

6.2 La doctrine de restauration des églises en béton armé

La présentation d'exemples représentatifs de l'architecture religieuse en béton armé, réalisée plus haut, permet de souligner la diversité des mises en œuvre de ce matériau, du point de vue de sa composition, des techniques constructives, de ses formes, de son rapport avec les autres matériaux et de son environnement. Si ces édifices forment une famille architecturale, leur variété à toutes les échelles nécessite d'envisager un processus de restauration adapté à chaque cas de figure. Définir le matériau « béton armé » comme seul objet de la restauration signifierait tomber dans le piège d'un ensemble de technologies de pointe qui peuvent obstruer la vision globale sur la pérennité de l'édifice.

6.2.1 Problèmes spécifiques de préservation

Un certain nombre d'erreurs de conception ou d'exécution accompagnent jusqu'à aujourd'hui les églises en béton armé, comme des maladies congénitales qui affectent leur préservation. Le monde anglophone utilise même la formule de « cancer du béton »¹¹⁴⁸ pour qualifier le phénomène de dégradation alimenté par la corrosion des armatures. Pour garder ce vocabulaire médical, les spécialistes conviennent que la restauration n'est pas limitée à de simples objectifs « chirurgicaux » ou cosmétiques. Elle est censée appliquer des solutions pérennes permettant de transmettre le patrimoine, à la fois matériellement et spirituellement, c'est-à-dire du point de vue de l'intérêt qu'il porte. Traiter les sources innées des pathologies pose, en revanche, des questions doctrinaires.

Par exemple, les couvertures en béton non étanche, la mauvaise gestion des eaux pluviales ou la mise en œuvre défectueuse du béton armé, pour diverses raisons, représentent un « péché originel » qui impose des solutions durables au regard du contexte environnemental actuel. D'autre part, la non-prise en compte du confort acoustique et thermique par les architectes d'origine peut-elle être acceptée, dans le même contexte, au titre de la préservation patrimoniale ? Nous savons que le mode actuel de diagnostic énergétique n'est pas adapté au bâti ancien et qu'il fait l'objet de débats¹¹⁴⁹.

La suppression des matériaux dangereux pour la santé est imposée par la réglementation, mais certains sont plus difficilement remplaçables que d'autres. Si l'amiante pose généralement un simple, mais grand problème de coût et d'organisation, le plomb reste sous certaines formes un matériau indissociable de l'intérêt patrimonial de l'édifice¹¹⁵⁰. Par ailleurs, les normes d'accessibilité et de sécurité incendie sont irréversibles et pourront évoluer, mais elles ne peuvent pas être respectées sans dérogations ou compensations dans les bâtiments patrimoniaux¹¹⁵¹. Selon l'ACMH Richard Duplat,

¹¹⁴⁸ En anglais : « concrete cancer ».

¹¹⁴⁹ SÉNAT. Commission d'enquête sur l'efficacité des politiques publiques en matière de rénovation énergétique. Lancement le 25 janvier 2023. En plus, sept associations de défense du patrimoine demandent un moratoire du diagnostic de performance énergétique.

¹¹⁵⁰ Citons l'exemple des couvertures en plomb ou des réseaux des vitraux.

¹¹⁵¹ Par exemple, l'article R164-3 Code de la construction et de l'habitation permet des dérogations en termes d'accessibilité pour les monuments historiques ou les immeubles situés dans leurs abords.

ce ne sont pas les monuments historiques qui doivent s'adapter aux normes, mais les normes qui doivent s'adapter aux monuments historiques¹¹⁵².

De plus, les églises sont chargées de symboles spirituels et culturels qui perdureront encore longtemps, malgré l'évolution du rapport du public à la religion. Les démolitions sont un sujet sensible, alors que la réutilisation reste marginale et peu acceptée. Un édifice sans usage entraîne le manque d'entretien, ce qui déclenche le lent processus de dégradation qui peut aboutir à un état sanitaire jugé irrémédiable, sauf coûts exorbitants. Pourtant, l'entretien minimal et régulier, doublé d'un usage aussi minimal et qui justifie le maintien de la construction, sont efficaces en termes de préservation patrimoniale. Ceci est compatible avec l'éthique environnementale de notre temps.

Dans ce contexte, qui dépasse les considérants constructifs et architecturaux, les projets de restauration forment eux-mêmes un enjeu sociétal. Ils sont rares, coûteux et ciblés vers les monuments protégés au nom de l'intérêt général. Ce sont généralement les communes propriétaires d'églises qui demandent des subventions à l'État afin de sauver leur patrimoine religieux. Mais certaines églises étudiées ici appartiennent à des associations encore moins riches que les communes. Dans les prochaines décennies, ces édifices feront l'objet de chantiers de restauration imposés par les effets implacables du temps. L'entretien défaillant permet déjà de pressentir des travaux conséquents.

Face à la multitude d'éléments en cause, la restauration d'une église en béton armé peut démarrer d'un constat sur la valeur architecturale et constructive, ainsi que d'un état sanitaire global raisonné. En revanche, l'usage actuel et, fatalement, les possibilités de changement ou d'adaptation de l'usage, constituent le point central du projet. Les crédits, sans cesse plus rares, limitent drastiquement les chantiers d'ampleur et obligent à des interventions ciblées sur une partie de l'édifice ou limitées à un corps d'état. En effet, dans le contexte actuel, le coût des travaux circonscrit la restauration à des interventions ponctuelles, étalées dans le temps et souvent menées par des architectes différents. Le maître de l'ouvrage et l'architecte doivent s'entourer de compétences en ingénierie du béton, mais il est nécessaire, avant tout, d'établir un projet global de préservation et mise en valeur de l'édifice qui, dans la plupart des cas, transcende les questions techniques.

Dans l'entretien, la volonté de renouveau peut avoir des résultats incompatibles avec l'esprit de l'édifice. Par exemple, les colonnes et les arcs de l'église Saint-Joseph-des-Quatre-Routes à Asnières-sur-Seine sont peints en rouge vif lors des travaux menés en 2006 par les Chantiers du Cardinal. Cette peinture masque les joints d'origine entre les pièces préfabriquées en béton moulé imaginées par Alfred Nasousky et, par conséquent, occulte le procédé constructif¹¹⁵³. De manière similaire, l'église des Dominicains de Strasbourg connaît de travaux de remplacement de blocs dégradés en béton moulé, conçus par le même Nasousky, avec des blocs en grès rose des Vosges.

¹¹⁵² DUPLAT Richard. Question dans le cadre de la conférence franco-allemande sur la conservation et restauration des bâtiments classés du XX^e siècle. Paris, Ambassade de l'Allemagne, 14 juin 2023.

¹¹⁵³ Présentation des travaux. Saint-Joseph-des-Quatre-Routes. Chantiers du Cardinal. URL : <https://www.chantiersducathedral.fr/projet/eglise-saint-joseph-des-quatre-routes-a-asnieres-sur-seine-92> (Consulté le 10 août 2023).

6.2.2 Éléments de doctrine actuelle

En comparaison avec les monuments antérieurs à la fin du XIX^e siècle, les églises en béton armé présentent l'avantage d'une critique d'authenticité relativement simple. À la différence des églises plus anciennes, il n'existe que rarement des travaux de restauration ou de modification qui peuvent fausser la lecture visuelle, car les réparations sont souvent trop grossières pour passer inaperçues, alors que l'ancienneté limitée des bâtiments réduit les possibilités de reprise. L'état d'origine est connu principalement à travers des plans, textes et photographies, ce qui n'est pas le cas pour un monument médiéval. Le grand chantier de restauration de Notre-Dame de Paris montre combien les interventions des siècles passés sont à la fois complexes et méconnues¹¹⁵⁴. Face à cette relative facilité de compréhension archéologique globale du monument en béton armé, les problématiques doctrinaires se concentrent davantage sur la matière, jusqu'à son échelle microscopique.

Particularités du matériau béton armé

Se confondant souvent avec l'élément architectural qu'il crée, le béton peut avoir un aspect extérieur aussi bien pauvre que soigné, voire précieux. Sa restauration fait l'objet de dilemmes doctrinaires insolubles, commencés dans les années 1960 et 1970 par l'immaturité et la déroute face à des monuments majeurs de l'architecture moderne en état de dégradation, et confirmés ensuite par la complexité infinie de ce matériau qui interdit la généralisation sur le plan idéologique.

Le béton ne peut pas être retrouvé dans une carrière d'origine, comme c'est le cas pour la pierre¹¹⁵⁵. Seules les méthodes spécifiques de remise en état du matériau peuvent former le langage commun de la restauration du béton armé. Une fois qu'il intègre les exigences de la maîtrise d'ouvrage, l'architecte restaurateur n'est face qu'à son propre discernement pour définir un projet d'intervention sur la peau du béton, mais aussi sur sa substance. Se met-il dans la mentalité du concepteur pionnier qui utiliserait les méthodes de pointe disponibles aujourd'hui, comme il l'a fait à l'origine ? Ou choisit-il de retourner dans le temps et reproduire les conditions de l'époque ?

Le béton armé apparaît comme un court-circuit dans la tradition constructive, apparu pour établir un lien direct entre le concepteur et les utilisateurs sans se soumettre au déterminisme des méthodes de mise en œuvre. Cela est possible grâce à son état initial passant de fluide à solide, ainsi qu'à deux artifices constructifs, le coffrage et l'armature. Sous l'effet libérateur que ce matériau-procédé procure à la fin du XIX^e siècle, le concept de pérennité, souverain jusqu'alors, subit un glissement vers la primauté de l'usage, qui peut désormais commander les formes directement. Les traces de l'artisan peuvent être présentes, mais elles ne suffisent pas à définir le béton armé. On a qualifié d'extravagante la performance des restaurateurs de Notre-Dame du Raincy de reproduire les gestes des ouvriers,

¹¹⁵⁴ Les supports du tabouret de la flèche du XIX^e siècle, les reprises multiséculaires sur la grande rose, le jubé enfoui sous la croisée etc.

¹¹⁵⁵ Même pour la pierre, les difficultés d'exploitation de la carrière d'origine sont souvent grandes, pour des raisons d'épuisement des ressources, mais aussi de réglementation environnementale : *Monumental*, semestriel 1, 2019. La pierre dans l'architecture.

alors que le béton est si dépourvu d'image initiale authentique, à la grande différence des matériaux traditionnels¹¹⁵⁶.

Dans la méthodologie de restauration des églises en béton armé, les analyses préliminaires sur l'état du matériau ont un rôle déterminant et il est difficile de s'avancer sur des choix de projet avant d'interpréter les résultats selon un regard souvent strict. En raison de la complexité physique, mécanique et chimique des pathologies du béton armé, l'architecte restaurateur est obligé de s'entourer de spécialistes hautement qualifiés, encore peu nombreux dans le secteur de la construction et souvent formés pour s'occuper d'ouvrages de génie civil sans intérêt patrimonial. Les quelques entreprises effectuant des travaux de réparation des bétons utilisent des méthodes brevetées, dans une sorte d'étrange reproduction des « systèmes » qui ont caractérisé les débuts de ce matériau¹¹⁵⁷. Depuis leur position de « chefs d'orchestre », les architectes doivent emprunter le jargon de ces nouvelles technologies et du génie civil. Ainsi, l'ACMH Philippe Oudin utilise le vocabulaire d'un ingénieur lorsqu'il passe en revue les pathologies de Notre-Dame de Royan et les travaux visant à y remédier¹¹⁵⁸. Les choix du maître d'œuvre, qui ne sont pas à minimiser, peuvent se limiter souvent à la validation de l'un ou l'autre des procédés disponibles sur le marché afin de sauver la matière existante.

Pour Benjamin Mouton, les défis de la restauration des bétons armés anciens sont aussi des enjeux qui découlent de la loyauté du regard. Avec le temps, on découvre de nouvelles richesses esthétiques et la lecture visuelle du spécialiste et du public s'aiguise. Depuis cinquante ans, des progrès considérables sont constamment réalisés, ce qui encourage de nouvelles exigences. Les défis ou les enjeux les plus importants sont la conservation de la matière béton et des armatures avec les contraintes réglementaires actuelles de stabilité et de sécurité, la préservation des proportions et de l'échelle des ouvrages (longueur de coffrages, épaisseurs des éléments), la conservation des assemblages (car c'est une architecture de grande charpenterie), la conservation des coutures, de la patine, des défauts caractéristiques (nids de cailloux, joints tirés ou beurrés, baves, coulures de laitance) et, enfin, la sauvegarde des nouveaux épidermes créées par l'usure climatique. Pour Benjamin Mouton, il n'y a pas de différence fondamentale entre la restauration de la pierre et celle du béton, les techniques étant bien évidemment spécifiques. Il s'agit des mêmes problématiques de compatibilité des matériaux neufs et anciens, de l'identité des matériaux (même carrière versus même ciment)¹¹⁵⁹.

Certains bétons anciens sont mal réalisés à l'origine, mais les édifices qu'ils constituent ont un intérêt patrimonial. Pour Philippe Bonnet, conservateur en chef du patrimoine, les églises bâties par les Chantiers du Cardinal posent des problèmes de conservation et restauration de deux points de vue. D'une part, le regroupement des communautés religieuses laisse des édifices libres d'occupation, d'autre part, ces églises sont construites selon des méthodes économiques, en matériaux souvent mal

¹¹⁵⁶ SIMMONET Cyrille. La peau et les os. Sur la restauration des constructions en béton armé. In : *Faces*, N° 42/43, 1997-1998, pp. 24-28.

¹¹⁵⁷ Des entreprises comme Freysinnet, Renofors-Novbéton, Sika, Mapei etc.

¹¹⁵⁸ OUDIN Philippe. Art. Cit., p. 106.

¹¹⁵⁹ MOUTON Benjamin. Enjeux de la conservation des monuments historiques en béton. Conférence. *Patrimoine en béton, enjeux et innovations*. Rencontre professionnelle au Palais d'Iéna, 21 octobre 2020. URL : <https://www.dailymotion.com/video/x7xvqi4> (Consulté le 10 août 2023).

mis en œuvre, principalement pour le béton armé. Pour cet ancien inspecteur des monuments historiques, les églises en béton armé « sont quasiment plus difficiles à restaurer techniquement que la cathédrale Notre-Dame-de-Paris ou une chapelle romane du XII^e siècle ! Pour ces édifices en béton, il faut des reprises de pans entiers de maçonnerie et comme en général c'est conçu d'un seul tenant, c'est vraiment compliqué techniquement »¹¹⁶⁰.

Entretien ou restauration ?

L'entretien n'est pas une mesure de prévention contre la restauration, mais il peut éviter de lourds travaux que les associations culturelles ou les mairies ne peuvent pas financer seules. Nous constatons un manque d'entretien des églises en béton armé en général, par manque de moyens ou parce que des travaux de restauration sont attendus ou espérés. Toutefois, les chantiers de restauration ne peuvent que rarement traiter une église dans sa globalité, alors que les enjeux environnementaux invitent à entretenir régulièrement, à coût réduit, plutôt que de dépenser des sommes élevées à intervalles très longs.

François Macé de Lépinay, ancien conservateur du patrimoine et inspecteur des monuments historiques, considère que malgré l'évidence de l'entretien régulier et des travaux minimalistes qui assurent à la fois la pérennité de l'édifice et le respect de la plus dure doctrine « archéologique », la société demande à voir des restaurations spectaculaires, dans une sorte d'avidité pour la pédagogie de vulgarisation et les curiosités. Pour lui, il faut veiller à un équilibre entre « la conservation pure qui dessèche et la restitution abusive qui séduit »¹¹⁶¹. Mais est-ce que la société peut accepter que la génération actuelle paie, seule, les travaux non effectués pendant des décennies par les générations passées, ou qu'elle fasse payer aux générations futures les crédits engagés pour ces travaux ?

Une contrariété doctrinaire de la restauration ou de l'entretien des églises en béton armé peut surgir lors des travaux absolument nécessaires pour des raisons sanitaires, mais qui ne correspondent pas à l'état d'origine de l'édifice, modifiant de surcroît sa géométrie et ses couleurs. Cette situation peut être illustrée par la mise en place de couvertures en cuivre sur les coupoles en béton ou ciment apparent, par exemple aux églises Saint-Jean de Montmartre et Saint-Esprit à Paris. Anatole de Baudot n'a jamais envisagé cette solution, en donnant même un aspect soigné en écailles à certaines parties de



199 Les couvertures d'origine en ciment. Saint-Jean de Montmartre. État d'origine et couverture en cuivre posée en 1997. *La Construction moderne*, 15 avril 1905. Photo en bas : l'auteur, 2012.

¹¹⁶⁰ Entretien de Philippe Bonnet. *La participation des Chantiers du Cardinal au prix pèlerin du patrimoine est logique*. Site des Chantiers du Cardinal. 2022. URL : <https://www.chantiersducardinal.fr/actualites/la-participation-des-chantiers-du-Cardinal-au-prix-pelerin-du-patrimoine-est-logique.html> (Consulté le 10 août 2023).

¹¹⁶¹ MACÉ DE LÉPINAY François. De la Restauration/restitution à la conservation des monuments ? In : RUSSO Henry. *Le regard de l'histoire, actes des entretiens du patrimoine*. Paris : éditions du Patrimoine Monum, 2003, pp. 178-185.

couverture en ciment. En revanche, Paul Tournon l'a souhaitée, mais n'a pas réussi à la réaliser pour des raisons financières. Les coupoles sont donc restées nues, puis protégées pendant des décennies par une étanchéité bitumineuse. C'est l'ACMH Pierre-Antoine Gatier qui crée la couverture définitive de 20 tonnes en cuivre, dans le cadre d'un chantier de restauration mené pendant vingt mois entre 2021 et 2022 incluant les vitraux des coupoles, pour un montant élevé à 5.200.000 euros. S'agit-il dans ce cas de travaux d'achèvement de l'œuvre architecturale, qualifiables de restauration selon la définition de Viollet-le-Duc ?

Montrer ou dissimuler la restauration

Dans la restauration des monuments historiques en béton apparent, les principes de l'article 12 la Charte de Venise sur la lisibilité des interventions afin de ne pas falsifier le « document d'art et d'histoire » posent des problèmes pratiques. Du point de vue chimique et granulométrique, le béton de restitution doit être nécessairement similaire à l'ancien. Cette compatibilité physiologique permet d'éviter le rejet de la greffe par la fissuration d'une pièce censée être monolithique, mais aussi d'échapper à des phénomènes moléculaires sources de pathologies, dont la corrosion. À cet égard, le béton armé est beaucoup plus complexe que la pierre. De plus, effectuer la distinction visuelle prescrite par la Charte entre le neuf et l'ancien est une affaire délicate, compte tenu du monolithisme du matériau, de son mode particulier de dégradation et donc de l'irrégularité des formes des greffes.



200 Saint-Esprit, Paris.
Couverture en cuivre posée en 2021-2022.
Photo : Ville de Paris.

Les principales caractéristiques du patrimoine monumental français peuvent expliquer, dans une certaine mesure, les pratiques de restauration des édifices en béton armé. Cette architecture, traditionnellement en pierre de taille, anticipe et inspire le caractère monolithique de la construction en béton armé, comme Peter Collins l'a signalé dans les années 1950. Au-delà des considérants archéologiques, les pierres courantes d'un ouvrage maçonné sont chargées d'une valeur esthétique en tant que parties de l'ensemble, et elles peuvent être remplacées comme des pièces de rechange, sans nuire à la cohérence globale. Le joint remplit la fonction fondamentale de frontière de l'intervention, mais dans le béton armé il est absent par nature. Il faut donc trouver des limites équivalentes. Cette vision est appliquée dans la restauration des claustras des églises du Raincy et de Montmagny. Aucun débat n'a lieu sur l'authenticité tant que l'aspect global est reproduit « à l'identique ».

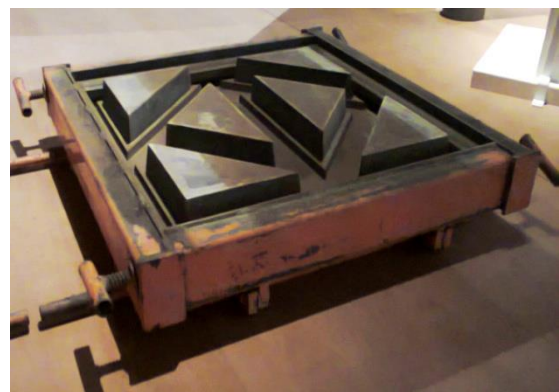
De cette représentation du monument en tant qu'objet découle la pratique de camoufler la restauration des édifices par un badigeon général en fin de chantier, pour remettre les détails en cohérence avec l'ensemble. Si le badigeon à la chaux est parfaitement compatible avec le calcaire par

leur nature chimique identique, une patine sur le béton apparent se présente comme une solution problématique. À Saint-Ferdinand d'Arcachon, les parties sommitales du clocher sont patinées en blanc et masquent la matière et les variations de teinte des bétons, ce qui fait penser qu'il peut être généralement plus judicieux d'effectuer un nettoyage général sec ou humide, ou de dissimuler le matériau neuf avec les outils ou gestes d'origine reconstitués. À Saint-Jacques-le-Majeur de Montrouge, un hydrogommage est appliqué, à Notre-Dame-de-l'Assomption de Châbons un gel est projeté par pistolet airless, alors que pour Sainte-Suzanne de Schaerbeek en Belgique les bouchardes d'origine sont reconstituées et utilisées sur les nouveaux bétons. Enfin, à Notre-Dame du Raincy, ce sont les gestes de l'ouvrier des années 1920 que l'on cherche à reconstituer.

Remplacer la matière

L'ACMH Jean-François Lagneau se déclare conscient qu'il peut choquer lorsqu'il affirme que la restitution est une technique de conservation, et « quelquefois le seul moyen pour qu'un monument conserve ou retrouve son authenticité »¹¹⁶². Dans la pratique, le béton d'origine peut être remplacé par des reproductions identiques en termes de dessin, mais préfabriquées en béton armé plus performant par sa composition, ses armatures et son exécution.

Lorsqu'il est impossible de consolider le clocher en désintégration de l'église de Rocquigny, l'ACMH Lionel Dubois assume une reconstruction en atelier, selon les méthodes les plus avancées de notre temps. Pour l'église Saint-Chrysole de Comines, l'ACMH Vincent Brunelle refait aussi en atelier les réseaux des grandes baies, mais en béton fibré. Sur un chantier pionnier, l'ACMH Benjamin Mouton réalise à Notre-Dame de Raincy des fac-similés de claustras, mais avec une composition contemporaine en béton à résines armé d'inox et préfabriqués à pied d'œuvre dans des moules métalliques conçus à cet effet.



201 Moule utilisé pour reconstituer les claustras de l'église Notre-Dame du Raincy.
Photo : l'auteur, 2014 (exposition Auguste Perret. Huit chefs d'œuvre).

Les ACMH Pierre Bonnard et Jacques Lavedan avaient considéré, aux débuts de ce chantier, qu'ils doivent s'inspirer de la restauration de la pierre par greffes. Or, le résultat n'est pas satisfaisant pour leur successeur Benjamin Mouton, puisque l'échelle du béton correspond à l'échelle du coffrage, ce qui est différent de la maçonnerie où l'échelle est donnée par le bloc de pierre. Pour l'architecte, lorsqu'un élément est trop altéré, il faut accepter de le remplacer en totalité¹¹⁶³. En effet, de nombreuses greffes locales effectuées au Raincy sur des éléments trop grands pour être remplacés (colonnes, murs) ne respectent pas ce critère intellectuel holistique.

¹¹⁶² LAGNEAU Jean-François. De la Restauration/restitution à la conservation des monuments ? In : RUSSO Henry. *Le regard de l'histoire, actes des entretiens du patrimoine*. Paris : éditions du Patrimoine Monum, 2003, pp. 187-191.

¹¹⁶³ MOUTON Benjamin. Enjeux de la conservation des monuments historiques en béton. Op. Cit.

À la villa Casamaures¹¹⁶⁴ (Isère), l'ACMH François Botton utilise des moules en béton et élastomères pour refaire les balustrades en béton non armé préfabriquées dans les années 1870. Avec l'appui des bureaux Vicat, il reproduit un ciment prompt similaire à celui d'origine¹¹⁶⁵, mais avec l'ajout de fibres en polypropylène afin d'éviter les fissurations¹¹⁶⁶. Sur le chantier de restauration du Mobilier National bâti par Perret, l'ACMH Jacques Moulin accentue la couleur jaunâtre du béton à l'aide de pigments, afin d'assurer une intégration discrète des réparations.

Une pratique innovante de restauration est la greffe par empreinte numérique, qui permet déjà pour les constructions en pierre d'effectuer des purges très limitées en perte de matière et d'insérer avec une grande précision les pièces neuves¹¹⁶⁷. Dans le cas du béton armé, cette technique serait très contrainte par la nécessité de continuité des armatures et du béton, afin de conserver les caractéristiques porteuses dans une structure hyperstatique. Toutefois, pour les éléments en béton non armé comme les sculptures ou les modénatures, la méthode pourrait donner les mêmes résultats satisfaisants et économiquement intéressants que dans le cas des maçonneries.

6.2.3 Les enseignements tirés des chantiers analogues de restauration

Quelques chantiers de restauration d'édifices protégés en béton armé peuvent mettre en lumière les problématiques rencontrées également dans le cas des églises, d'où l'intérêt d'en effectuer une brève analyse. En effet, malgré leurs différences, les bâtiments sélectionnés s'apparentent au corpus du présent travail de recherche par leurs technologies constructives au sens large et plus spécifiquement par leurs bétons armés similaires. Au-delà des débats doctrinaires qui pourraient nourrir intellectuellement un projet de restauration d'église en béton armé, ces travaux illustrent l'état de développement des techniques spécifiques de réhabilitation ou restauration des premiers bétons armés, leurs résultats et leurs limites.

La Cité de Refuge et la piscine des Amiraux

Les professionnels peuvent refuser une certaine « idéologie » de restauration reposant sur l'application sans expérimentation d'un projet fondé uniquement sur l'analyse préalable de l'œuvre et des sources écrites. C'est le cas de la Cité de Refuge, œuvre majeure de Le Corbusier, où les choix sont justifiés en égale mesure par l'adaptation permanente aux conditions concrètes du chantier et aux découvertes archéologiques fortuites lors de l'intervention¹¹⁶⁸. La note d'intention de l'architecte François Gruson et de l'ACMH François Chatillon met en avant la continuité de l'usage d'origine en subordonnant la

¹¹⁶⁴ Référence Mérimée PA00117262 - classement au titre des monuments historiques en 1986, étendu en 1992.

¹¹⁶⁵ BOTTON François. Un prototype d'architecture orientaliste en béton moulé : la Casamaures à Saint-Martin-le-Vinoux -Isère. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., pp. 115-117.

¹¹⁶⁶ BOTTON François. Débat. Problèmes de conservation et de restauration : présentation de cas. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., p. 136.

¹¹⁶⁷ MOULIN Jacques. Les greffes par empreintes numériques. In : *Monumental*, N° 1, 2017, p. 82.

¹¹⁶⁸ RAGOT Gilles. CHANDON Olivier. *La cité de refuge. Le Corbusier et Pierre Jeanneret. L'usine à guérir*. Paris : éditions du Patrimoine, 2016, p. 176.

question patrimoniale à celle sociale, ce qui attire l'attention du jury. Les deux s'interrogent pour qui est réalisée la restauration, en situant les usagers au centre du projet. Malgré son absence de doctrine déclarée, Chatillon affirme, dans une phrase de facture saint-augustinienne, « qu'il n'y a qu'un temps : le présent des choses passées qui est le souvenir, le présent des choses présentes qui est l'action, le présent des choses futures qui est l'espoir; la seule chance du patrimoine étant d'avoir une actualité »¹¹⁶⁹. Pour lui, la restauration et la création (forcement contemporaine) ne sont pas incompatibles sur le plan de la théorie, ce qui s'inscrit dans la définition que Viollet-le-Duc donne à la restauration d'un édifice : « le rétablir dans un état complet qui peut n'avoir jamais existé à un moment donné »¹¹⁷⁰. Ce n'est pas un état idéal historique ou architectural qui est retenu aujourd'hui, mais un état idéal social, défini par ce que l'on attend de l'édifice. Ceux qui continuent à lire le long article du *Dictionnaire raisonné* trouvent que Viollet-le-Duc est d'une remarquable modernité face aux démarches intellectuelles comme celle de Chatillon : « notre temps ne se contente pas de jeter un regard scrutateur derrière lui : ce travail rétrospectif ne fait que développer les problèmes posés dans l'avenir et faciliter leur solution. C'est la synthèse qui suit l'analyse »¹¹⁷¹. S'il s'agit ici du domaine des idées, il évoque une deuxième fois l'avenir, précisément au sujet de la pérennité physique : « Il faut que l'édifice restauré ait passé pour l'avenir, par suite de l'opération à laquelle on l'a soumis, un bail plus long que celui déjà écoulé »¹¹⁷².

La piscine des Amiraux, conçue par Henri Sauvage, est restaurée par le même François Chatillon dans un état visuel proche de celui d'origine, mais la mise aux normes actuelles impose des réaménagements, notamment en ce qui concerne l'accessibilité des personnes à mobilité réduite. Si le système de ventilation d'origine est restitué, les éléments cachés, comme l'étanchéité, sont refaits à l'aide de produits actuels plus performants afin d'augmenter la pérennité des ouvrages¹¹⁷³. En outre, des dômes en béton translucide sont mis à jour après la suppression d'étanchéités palliatives récentes.

Les halles du Boulingrin

Deux questions sont illustrées par l'exemple des Halles du Boulingrin à Reims : la restauration de bétons armés jugés dans un état de dégradation irrémédiable et l'adaptation de l'usage aux normes actuelles. Sur les photographies prises peu après leur achèvement en 1929, les halles laissent déjà entrevoir des pathologies sur l'extrados des voûtes de 7 cm d'épaisseur¹¹⁷⁴. Questionné dans les années 1950 en raison de la dégradation générale assez avancée, Freyssinet accuse l'évacuation insuffisante des vapeurs d'eau qui attaquent les voûtes depuis l'intérieur. En 1988, le bâtiment est fermé et voué à la démolition, mais l'État le protège au titre des monuments historiques¹¹⁷⁵. L'ACMH Pierre-Antoine Gatier mène les premières études de restauration au début des années 1990 et c'est

¹¹⁶⁹ Ibidem. Citation d'après un entretien avec François Chatillon à Ferney-Voltaire le 5 février 2015.

¹¹⁷⁰ VIOLLET-LE-DUC Eugène Emmanuel. Op. Cit., tome 8, Restauration.

¹¹⁷¹ Ibidem.

¹¹⁷² Ibidem.

¹¹⁷³ CHATILLON François Architecte. *La Piscine des Amiraux. Visite de chantier/2017*. Paris, 2017. Tract, 4 p. ; CHATILLON François Architecte. *Restauration et mise aux normes de la Piscine des Amiraux, 75018 Paris. Dossier presse*. Paris, septembre 2017, 16 p.

¹¹⁷⁴ *Encyclopédie de l'architecture. Constructions modernes*. Tome 3. Paris : Albert Morancé, s.d. (1929-1939), planches 35-39.

¹¹⁷⁵ Référence Mérimée PA00078789.

son confrère François Chatillon qui les reprend en 2007. Lors du chantier (2010-2012), les murs du sous-sol, attaqués par un apport de sulfates dû à l'absence d'étanchéité, sont traités par une protection cathodique à courant imposé généralisée. Le plancher au-dessus du sous-sol technique est renforcé par des poutres métalliques. Au niveau des voûtes, les bétons et aciers sont purgés par hydrosablage sur les deux faces, les armatures sont complétées et un inhibiteur de corrosion est posé afin de pénétrer et protéger la matière dans sa profondeur. Un micromortier est utilisé pour la reconstitution des voûtes et une peinture aux silicates assure l'unité d'aspect sur l'intrados. Sur l'extrados, une étanchéité liquide doublée d'une couche sablée est mise en œuvre, sous réserve de vérification d'efficacité tous les 4 à 5 ans¹¹⁷⁶. Des améliorations sont adoptées pour les verrières qui reçoivent de nouveaux remplages selon le dessin initial, mais en BFUP, ainsi que de capotages en aluminium à la place du mastic. À l'intérieur, un système de sécurité incendie est installé, alors que le désenfumage est assuré par les neuf tourelles de ventilation d'origine, dans un bon exemple d'adaptation aux normes. Enfin, l'ensemble des réseaux d'électricité passent derrière des faux-plafonds ou dans le sol.

Les maisons Jaoul

La restauration récente des maisons Jaoul de Le Corbusier¹¹⁷⁷ par l'architecte Claudia Devaux¹¹⁷⁸ met en évidence l'écart entre les méthodes actuelles de réparation des bétons et celles utilisées au début des années 1990. L'architecte Jacques Michel avait alors utilisé des techniques de réparation locale sur environ 30% des bétons dégradés ou éclatés, mais avec une purge insuffisamment profonde des bétons et armatures. Si l'épiderme est restauré avec sensibilité, selon le dessin d'origine du coffrage, le front de carbonatation continue à avancer et finit par engendrer la corrosion des armatures en produisant de nouveaux éclatements. Le diagnostic¹¹⁷⁹ de 2019, fait en lien avec le LRMH, est fondé sur une analyse visuelle de pathologies courantes du béton, mais aussi sur des carottages qui déterminent précisément la profondeur de la carbonatation à l'aide de la phénolphthaléine. Une réparation traditionnelle est confiée à l'entreprise Novbéton¹¹⁸⁰, y compris sur les parties précédemment restaurées. Elle consiste à réaliser des découpages rigoureusement rectangulaires et profonds dans le béton, qui dégagent les aciers et dépassent les limites carbonatées. Aux endroits où il est difficile de purger plus profondément, des essais locaux à la phénolphthaléine aident à déterminer la nécessité ou non d'effectuer cet effort supplémentaire. Des échantillons sont effectués pour définir la granulométrie et le comportement physique du nouveau béton au plus près de celui d'origine, afin d'éviter leur incompatibilité d'adhérence et d'aspect. L'insertion du nouveau matériau est réalisée par injection dans des coffrages en bois qui reproduisent l'empreinte initiale. Au niveau de l'étanchéité des

¹¹⁷⁶ ERRAND Dominique. Renaissance spectaculaire des halles du Boulingrin à Reims. In : *Le Moniteur*, 12 juillet 2012. URL : <https://www.lemoniteur.fr/article/renaissance-spectaculaire-des-halles-du-boulingrin-a-reims.1975409> (Consulté le 10 août 2023).

¹¹⁷⁷ Maisons Jaoul, Neuilly-sur-Seine (Hauts-de-Seine). IMH 1966. Référence Mérimée PA00088131.

¹¹⁷⁸ DEVAUX Claudia, Les maisons Jaoul, Neuilly-sur-Seine (Le Corbusier, 1953-1955). Conférence. *L'architecture du XX^e siècle : reconnaître, restaurer, transmettre*. Deuxième journée d'études de Docomomo France. Paris : Cité de l'architecture et du patrimoine, 15 avril 2021.

¹¹⁷⁹ Maisons Jaoul de Le Corbusier à Neuilly-sur-Seine. Site de Devaux et Devaux architectes. URL : <https://dda-architectes.com/maisons-jaoul/> (Consulté le 10 août 2023).

¹¹⁸⁰ Les maisons Jaoul - Le Corbusier - Neuilly-sur-Seine (92). Site de Novbéton. URL : <https://novbeton.fr/fr/node/2373> (Consulté le 10 août 2023).

toitures, la couche d'origine en asphalte est impossible à déposer en raison de l'adhérence au béton d'origine, ce qui mène à coller une nouvelle étanchéité bicouche par-dessus, avec un enduit armé. Les acrotères, non restaurés par Jacques Michel et très exposés aux intempéries, sont traités par deux couches de résine de protection et une couche de résine mélangée au sable, afin de fondre visuellement l'intervention dans l'existant.

Notre-Dame de Royan et Sainte-Suzanne à Schaerbeek (Bruxelles)

Nous retenons dans les lignes qui suivent deux chantiers de restauration d'églises en béton armé situées en dehors des limites fixées pour le présent travail de recherche, l'une, parce qu'elle est construite après 1940, l'autre, parce qu'elle est située à l'étranger. Les deux permettent, néanmoins, d'exemplifier des problématiques de restauration qui s'appliquent également au corpus sélectionné.

La restauration de l'église Notre-Dame de Royan illustre la problématique de la continuité des campagnes de travaux et donc de la vision patrimoniale d'ensemble. Elle met aussi en lumière les questionnements déontologiques et techniques posés par des interventions très lourdes sur un monument religieux en béton armé. Si cet édifice de Guillaume Gillet et Bernard Lafaille est achevé en 1958, les pathologies de son béton s'approchent de celles propres aux bétons utilisés jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale.

L'étanchéité d'origine est constituée de feuilles paxaluminium (ou calandrite). L'agressivité de l'environnement et les défauts d'exécution font apparaître les premiers désordres au début des années 1960. Gillet met alors en place une peinture étanche pour pallier la défaillance de l'étanchéité d'origine. Une fissuration générale des bétons apparaît en raison des infiltrations d'eau chargée en sel de mer et en chlorures, qui déclenchent la corrosion et donc l'éclatement de la matière. Des travaux d'étanchéité non concluants ont lieu dans la première moitié des années 1970, suivis par la mise en place de résines prouvées également inefficaces¹¹⁸¹. Les arêtes des piliers en V sont traversées de fissures, les armatures oxydées sont dénudées après l'éclatement du béton, des épaufrures sont présentes et les mouvements des cloches menacent le clocher insuffisamment contreventé, lui aussi affecté par des pathologies, ce qui mène à la fermeture de l'église. Classée en 1988 au titre des monuments historiques¹¹⁸², elle fait, depuis cette date, l'objet de plusieurs campagnes de restauration.

Les premiers travaux sont programmés par l'ACMH Philippe Oudin et sont menés entre 1992-1994 sur le beffroi, entre 1997 et 1998 sur la façade nord et entre 2001 et 2002 sur la façade sud, selon une méthodologie identique¹¹⁸³. Avant tout, les produits d'étanchéité appliqués précédemment sont supprimés. La purge des bétons est effectuée à la fois sur les parties fissurées et carbonatées en profondeur, alors que les armatures irrécupérables sont remplacées en diamètre identique.

¹¹⁸¹ GILLET Rose. *Notre-Dame de Royan. Guillaume Gillet architecte*. Royan : Bonne Anse, 2008, p. 66.

¹¹⁸² Référence Mérimée PA00105154.

¹¹⁸³ OUDIN Philippe. Art. Cit., p. 106.

Cette phase permet de mettre en évidence un « pattern » des désordres et d'analyser les zones les plus fragiles de l'édifice. Les fers peu corrodés sont sablés et recouverts d'un produit passivant. Un mortier en micro-béton de liant minéral reconstitue les parties purgées. Il est composé de granulats provenant de la même source que ceux d'origine. Dans les parties les plus fragiles, l'enrobage est renforcé afin de rendre l'intervention plus durable. Au niveau des vitrages, l'étanchéité est refaite avec des produits contemporains plus performants. Une autre amélioration effectuée est la mise en place d'un beffroi en bois et la suppression du beffroi d'origine en béton armé¹¹⁸⁴. C'est le traitement de l'étanchéité qui présente le plus fort impact visuel et patrimonial, car une modification des dispositions d'origine était incontournable. Le choix est fait pour une couverture en plomb, en raison de sa teinte proche de celle du béton et de sa pose discrète. En 2016, un autre ACMH est chargé de continuer les travaux de restauration, dans une logique d'amélioration et de création en accord avec la conception d'origine. Philippe Villeneuve ajoute des vitraux sur l'auvent et crée un portail monumental en bois. De même, une croix qui apparaît sur le permis de construire initial, mais non réalisée, est mise en place au sommet de l'auvent¹¹⁸⁵.



202 Remplacement total des ouvrages en béton armé. Notre-Dame, Royan. Couvertures des collatéraux. De gauche à droite : état d'origine, restitution, dispositif d'origine démolí, coffrage en cours de montage. Photo : ADER.

Certaines poutres et les couvertures en coque des bas-côtés sont trop dégradées. Par conséquent, leur réparation avec une étanchéité à résines est jugée inadaptée en raison de l'impact visuel. En accord avec les acteurs institutionnels et associatifs, les pièces sont remplacées en totalité selon une formule améliorée de béton protégé par une chape d'étanchéité de 2 cm d'épaisseur. Le mode opératoire prévoit un étaielement en sous-œuvre et de reprise des efforts latéraux avant la démolition des parties dégradées une par une, avec la conservation des vitraux d'origine pour la repose, suivie par la pose de coffrages en bois résineux reproduisant au maximum la texture d'origine¹¹⁸⁶.

Tous ces travaux illustrent une application de la vision déontologique émise par Benjamin Mouton sur le chantier du Raincy pour critiquer les réparations par greffes. Au lieu d'une intervention microchirurgicale et électrochimique, un protocole de restauration similaire à celui de la pierre est utilisé sur les composantes architectoniques majeures de cette église de Royan. La matière est remplacée en profondeur selon le concept d'échelle de l'ouvrage qui, malgré ses dimensions très importantes, correspond effectivement à l'échelle du coffrage.

¹¹⁸⁴ Les beffrois en béton armé ou acier n'ont pas la souplesse des beffrois en bois et finissent par créer des désordres dans la structure support. Par exemple, à l'ancienne abbaye de Marmoutier (Bas-Rhin), le projet de restauration établi en 2022 propose le remplacement du beffroi métallique datant de la fin du XIX^e siècle par un beffroi traditionnel en bois : dossier de diagnostic, DRAC Grand Est, 2022.

¹¹⁸⁵ ADER (Association pour la défense de l'église de Royan). Document sur travaux de restauration 2013-2019. URL : <http://www.notre-dame-royan.com/travaux/informations-sur-les-travaux-2013-2019/> (Consulté le 10 août 2023).

¹¹⁸⁶ PREAUT Antoine-Marie. Notre-Dame de Royan, une cathédrale de béton restaurée comme une église en pierre. In : *La Pierre d'angle*, septembre 2016. URL : <https://anabf.org/pierredangle/magazine/notre-dame-de-royan-une-cathedrale-de-bton-restaur-e-comme-une-glise-en-pierre> (Consulté le 10 août 2023).

L'intérêt des travaux de restauration de l'église Sainte-Suzanne de Schaerbeek en Belgique, réalisés à partir de 2010, réside dans la réponse nuancée qui est apportée à la problématique du respect de la matérialité. L'édifice est construit dans la deuxième moitié des années 1920 sur les plans de Jean Combaz et dispose d'une structure entièrement en béton armé coulé sur place. Son plafond est porté par des poutres Vierendeel qui libèrent tout l'espace de supports verticaux intermédiaires. Dans la diversité de matériaux de finition se distinguent les grès naturels et les bétons bruts de teinte gris, rouge ou blanc, ciselés ou préfabriqués. Les réparations effectuées depuis la deuxième moitié du XX^e siècle visent notamment les armatures et, plus récemment, la mise en place de résines d'époxy.

Suivant la protection patrimoniale établie au début des années 2000, un projet global de restauration des bétons est prévu. Les désordres courants sont la carbonatation relativement superficielle, mais associée à des infiltrations d'eau qui provoque l'éclatement des bétons, alors que les dégradations les plus importantes se situent sur les claustras fortement fissurés et éclatés, car exposés à la pluie et au cycle gel-dégel¹¹⁸⁷. L'entreprise bruxelloise Renotec intervient sur la restauration de ces parties, dans le cadre d'un chantier de trois ans¹¹⁸⁸. Il est prévu d'effectuer la purge des zones non-adhérentes et de supprimer les anciennes reprises en béton ou résines. Les claustras en béton armé préfabriqué en béton blanc sont traités avec la méthode de l'anode sacrificielle. Certaines parties trop abîmées des claustras sont restituées en béton contemporain, mais sans réfection en totalité comme à Notre-Dame du Raincy. Une vingtaine d'échantillons sont réalisés pour approcher au maximum le nouveau béton blanc de celui d'origine en termes d'ouvrabilité, d'aspect et de porosité. Afin de permettre à l'alcalinité du béton d'agir, les mortiers contiennent une partie de chaux. Un mortier alcalin est injecté dans les joints séparant les claustras, afin de protéger les armatures traversantes situées à cet endroit.

Les autres réparations sont effectuées notamment sur le béton rouge, selon la technique de reprises ponctuelles dite « patch repair », choisie en raison de son coût inférieur par rapport à la réalcalinisation électrochimique¹¹⁸⁹. Elle consiste à appliquer à la truelle des ragréages de mortier chargés d'inhibiteurs de corrosion. Afin d'éviter le phénomène de « ring anode corrosion », le substrat est également imprégné d'inhibiteur de corrosion. Le mélange est fabriqué sur la base d'essais de teinte, densité et texture, afin de lui assurer une intégration discrète dans l'ouvrage. Il est stabilisé lors de la prise par un coffrage temporaire appliqué sous forme de pâte. Pour restituer l'aspect ciselé ou bouchardé de la surface, des outils reconstitués sont employés.



203 Reconstitution du béton et de sa texture. Sainte-Suzanne, Bruxelles.
Photo : G. Stegen, ARSIS, 2016.

¹¹⁸⁷ BASYN Jean-Marc. Art. Cit., p. 89.

¹¹⁸⁸ JANSSENS Tim. Rénovation de la première église de Belgique entièrement coulée en béton armé. In : *Architectura*, 28 novembre 2016. URL : <https://www.architectura.be/fr/actualite/renovation-de-la-premiere-eglise-de-belgique-entierement-coulee-en-beton-arme/>

¹¹⁸⁹ BASYN Jean-Marc. La restauration selon les règles de l'art des bétons de l'église Sainte-Suzanne (1925-1928) à Schaerbeek (Bruxelles). In : *La Pierre d'angle*, mars 2022. URL : <https://anabf.org/pierredangle/dossiers/et-nos-voisins/la-restauration-selon-les-regles-de-l-art-des-betons-de-l-eglise-sainte-suzanne-1925-1928-a-schaerbeek-bruxelles> (Consulté le 10 août 2023).

6.3 L'encadrement administratif des travaux

Les théories ou la « doctrine » dans le domaine des travaux sur le patrimoine bâti engagent des idées, certes mises en pratique, mais qui gardent un caractère abstrait. En revanche, la pratique engage des ressources matérielles et nécessite un cadre légal et administratif. À l'intérieur de ce cadre, qui entretient une relation ambivalente avec la doctrine, se situent à la fois le régime des travaux et les normes générales de sécurité et d'accessibilité applicables. Nous allons nous arrêter sur les éléments concernant les églises protégées au titre des monuments historiques, ainsi que sur les risques pour le patrimoine (et non pour les personnes) dans le contexte environnemental actuel.

6.3.1 Le régime des travaux

Afin de comprendre les rôles actuels de l'État, des communes, de l'Église catholique et des maîtres d'œuvre, nous présentons quelques éléments historiques et administratifs qui les concernent. Ils permettent de comprendre le contexte présent en rapport avec les évolutions en termes de charge financière, propriété ou responsabilité. Parce que les églises forment la majorité des monuments historiques, nous rappelons surtout les missions des architectes fonctionnaires dans ce domaine¹¹⁹⁰.

Les particularités issues de la Séparation des Églises et de l'État

La Séparation des Églises¹¹⁹¹ et de l'État est un processus historique long et lourd de conséquences pour l'architecture religieuse. Le régime révolutionnaire essaie de transformer en 1790 les prêtres catholiques en fonctionnaires, avec l'institution d'un serment de fidélité à la Constitution civile du clergé, dont le respect est assuré par la rupture avec l'autorité du pape. La nomination des évêques est éliminée des attributions du pouvoir politique, de même que la confirmation du pape. En échange, ils sont désormais élus par les prêtres du diocèse. C'est un nouveau système qui fracture l'Église catholique entre le clergé « constitutionnel » qui accepte de prêter serment et le clergé « réfractaire » qui le refuse et s'exile en grande partie. Une première séparation des Églises et de l'État se précise davantage en 1794, quand la Convention nationale supprime le budget de l'Église constitutionnelle¹¹⁹² et ensuite en 1795, quand le décret sur la liberté des cultes précise que la République ne salarie aucun culte et ne fournit aucun local¹¹⁹³. De plus, l'exercice des cultes est interdit en dehors des espaces dédiés et aucun signe religieux extérieur n'est toléré.

¹¹⁹⁰ Une synthèse générale sur le fonctionnement de l'administration des monuments historiques pendant la période étudiée, Cf. AUDUC Arlette. Le service des monuments historiques sous la III^e République. In : POIRRIER Philippe, VADELORGE Loïc (dir.) *Pour une histoire des politiques du patrimoine*. Paris : Comité d'histoire du ministère de la culture, 2003, pp. 171-198.

¹¹⁹¹ Il s'agit de la séparation de tous les cultes et de l'État, d'où l'emploi conventionnel du mot « Églises » au pluriel, même si le culte israélite ou musulman notamment ne peuvent pas se reconnaître dans ce terme.

¹¹⁹² DÉCRET de la Convention Nationale du 18 septembre 1794. Art. 1^{er} : « La République française ne paie plus les frais ni les salaires d'aucun culte ».

¹¹⁹³ DÉCRET de la Convention Nationale du 21 février 1795.

Napoléon Bonaparte vise en 1801 la réunification des deux factions de l'Église sous la tutelle de l'État. Il accepte un compromis avec le pape Pie VII qui demande la démission des évêques nommés par son autorité ou élus, afin de permettre une réorganisation sur des bases nouvelles. Mécontente, la quasi-majorité du clergé réfractaire refuse le Concordat et crée « la petite Église », une communauté schismatique qui ne reconnaît plus l'autorité du pape¹¹⁹⁴.

Assurant le libre exercice du culte catholique en France, le Concordat est néanmoins un mélange de tous les systèmes déjà expérimentés dans le rapport entre l'Église et l'État. Les archevêques et les évêques sont nommés par le gouvernement, auquel ils prêtent serment de fidélité. En même temps, ils reçoivent l'institution canonique du pape. Les prêtres doivent prononcer à la fin du service religieux une « prière pour la République ».

Dans la pratique, la nomination des membres du clergé est réalisée entre 1801 et 1905 sur proposition du ministre chargé des cultes, après accord préalable du nonce apostolique, une procédure qui donne lieu à de longues négociations, souvent sur un fond d'influences ou pressions politiques.

Malgré les changements successifs de régime constitutionnel et les frictions, le Concordat résiste tout au long du XIX^e siècle. En 1833, la loi Guizot¹¹⁹⁵ crée un cadre pour l'instruction publique pré-laïque, mais donne lieu à l'hostilité de l'Église qui obtient une compensation en 1850 par la loi Falloux¹¹⁹⁶, permettant un cadre favorable à l'enseignement confessionnel. Toutefois, le nombre de fidèles s'affaiblit et le pouvoir pontifical est menacé par la réunification italienne. Dans ce contexte, l'Église catholique s'oppose davantage aux républicains, ce qui provoque une intense réaction menant à la rupture de 1905.

La Séparation se prépare notamment dans le domaine de l'enseignement, où Jules Ferry fait adopter le 16 juin 1881 la loi relative à la gratuité de l'enseignement primaire¹¹⁹⁷, suivie le 28 mars 1882 d'une deuxième loi qui fixe l'obligation de l'enseignement primaire et sa laïcité¹¹⁹⁸. En parallèle, l'affaire Dreyfus divise la société par une intensification de l'antisémitisme et de l'anticléricalisme. Dans ce cadre, le gouvernement dirigé par Pierre Waldeck-Rousseau adopte en 1901 la loi sur les associations¹¹⁹⁹, imposant une autorisation légale des congrégations religieuses, sous sanction de dissolution. En revanche, les demandes d'autorisation sont rejetées systématiquement quand le radical de gauche anticlérical Émile Combes arrive au pouvoir. Par la suite, les écoles des congrégations non autorisées sont fermées, alors qu'une commission parlementaire est créée en 1903 pour examiner la séparation des Églises et de l'État. Une année plus tard, l'enseignement dans les congrégations est interdit, en dépit des protestations du pape Pie X. Le conflit s'aggrave et se déplace dans les chancelleries européennes lorsque le président de la République visite le roi de l'Italie. Pour faire suite

¹¹⁹⁴ BROGLIO Francesco Margiotta, LEVILLAIN Philippe (dir.). *Dictionnaire historique de la papauté*. Paris : Fayard, 2003.

¹¹⁹⁵ LOI du 28 juin 1833 sur l'instruction primaire, dite « loi Guizot ».

¹¹⁹⁶ LOI du 15 mars 1850 sur l'enseignement confessionnel, dite « loi Falloux ».

¹¹⁹⁷ LOI du 16 juin 1881 établissant la gratuite absolue de l'enseignement primaire dans les écoles publiques. Loi dite « Jules Ferry » et « Bert Paul ».

¹¹⁹⁸ LOI du 28 mars 1882 portant sur l'organisation de l'enseignement primaire.

¹¹⁹⁹ LOI du 1^{er} juillet 1901 relative au contrat d'association.

à ces réactions internationales, la France rompt en 1904 les liens diplomatiques avec le Saint-Siège, rendant caduque de facto le Concordat de 1801 et accélérant la nécessité d'une clarification de la place des religions dans la construction républicaine¹²⁰⁰.

Dans les départements de l'Alsace et de la Moselle, qui se trouvent sous occupation allemande en 1905, la loi de Séparation ne s'applique pas après leur rattachement à la France en 1918. Par conséquent, le régime concordataire subsiste par exception jusqu'à ce jour sur une partie du territoire français, mais l'État se limite ici à valider les décisions du Vatican¹²⁰¹.

L'article 2 de la loi de Séparation des Églises et de l'État¹²⁰² reprend le début du décret de 1794 sur le non-financement des cultes, en lui ajoutant la non-reconnaissance : « La République ne reconnaît, ne salarie ni ne subventionne aucun culte ». Les biens mobiliers et immobiliers sont pris en charge par des associations formées pour l'exercice du culte. Les édifices affectés au culte lors de la promulgation de la loi deviennent la propriété des communes sur le territoire desquelles ils sont situés et sont laissés gratuitement à la disposition des établissements publics du culte, puis des associations appelées à les remplacer (art. 9 et 13). Aussi, la loi de 1905 établit que les associations ne peuvent pas recevoir des subventions de l'État, du Département ou de la commune, sauf pour la réparation des monuments classés (art.19). Le régime de Vichy introduit en 1942 une modification qui excepte du champ des subventions « les sommes allouées pour réparations aux édifices affectés au culte public, qu'ils soient ou non classés monuments historiques »¹²⁰³. Cette disposition, encore valable aujourd'hui, est élargie en 2021, avec l'ajout des travaux d'accessibilité, qui peuvent donc être financés par les collectivités territoriales au même titre que les réparations¹²⁰⁴. Nous pouvons conclure que, dans les versions successives de cet article de loi, il s'agit d'une exception qui reconnaît de fait que ces édifices participent du patrimoine bâti de la nation et que l'autorité publique en porte une responsabilité au titre de l'intérêt général qui y est attaché. Depuis la modification du texte en 1942, l'effacement explicite de toute différence fondée sur le statut de monument historique ne fait que renforcer cette reconnaissance patrimoniale de l'architecture religieuse en bloc.

Le partage de la propriété et ses conséquences

Si les cultes protestant et israélite forment rapidement après la loi de 1905 des associations et obtiennent la propriété de leurs lieux de culte, l'Église catholique refuse de créer ces structures, dans un contexte de relations tendues avec le gouvernement. Le transfert de propriété n'a donc pas lieu et les églises restent en la possession temporaire de l'État¹²⁰⁵.

¹²⁰⁰ MAYEUR Jean-Marie. *La Séparation de l'Église et de l'État*. Paris : éditions de l'Atelier, 2005.

¹²⁰¹ Cf. l'affaire de la démission de l'archevêque de Strasbourg en avril 2023.

¹²⁰² LOI du 9 décembre 1905 concernant la séparation des Églises et de l'État.

¹²⁰³ LOI du 25 décembre 1942.

¹²⁰⁴ LOI N° 2021-1109 du 24 août 2021 - art. 71 créant l'article 19-2 III.

¹²⁰⁵ LERUDE Olivier. Dieu, les hommes et la loi de 1905. In : *La Pierre d'angle*, N° 65, décembre 2014, pp. 22-23.

Pour résoudre cette situation imprévue par le législateur, deux dispositions majeures sont introduites au cours des années suivantes. D'abord, la loi du 2 janvier 1907 statue à l'article 5 qu'« à défaut d'associations cultuelles, les édifices affectés à l'exercice du culte, ainsi que les meubles les garnissant, continueront, sauf désaffectation dans les cas prévus par la loi du 9 décembre 1905, à être laissés à la disposition des fidèles et des ministres du culte pour la pratique de leur religion »¹²⁰⁶. L'affectataire est le curé de la paroisse, régulièrement nommé par l'évêque du diocèse territorialement compétent.

Cette affectation est reconnue gratuite, exclusive et perpétuelle. La gratuité signifie l'absence d'indemnisation pour l'occupation des immeubles ou pour l'usage des meubles, alors que l'exclusivité écarte toute autre fonction parallèle. Cela n'empêche pas une certaine flexibilité qui se manifeste avec l'évolution de la société. Il existe, surtout depuis récemment, des activités menées par l'affectataire sans lien strict avec le culte, comme les concerts laïques, les expositions¹²⁰⁷, l'accueil de personnes sans abri, les vides-greniers ou les activités sportives dans certains espaces secondaires, comme les églises basses parisiennes (à Saint-Jean de Montmartre, Saint-Pierre-de-Chailot et ailleurs). Seuls deux types d'interdiction sont explicites, les réunions politiques la propagande contre l'exécution des lois, afin d'inciter les citoyens les uns contre les autres ou pour diffamer un agent du service public. Enfin, la perpétuité signifie que seule la désaffectation permet au propriétaire la complète jouissance du bien¹²⁰⁸. L'État fixe donc une servitude qui limite ses prérogatives. Si elle s'étend sur l'église et ses dépendances (toit de l'église¹²⁰⁹, sacristie, chapelles, cryptes, mobilier et orgues existantes en 1905, abords nécessaires au culte), elle ne porte pas sur les presbytères qui appartiennent au domaine privé des communes. Ces bâtiments sont susceptibles d'être mis en location ou aliénés et ne peuvent pas être mis à disposition gratuitement. En pratique, l'affectataire paie une location modeste.

Plus tard, l'article 1^{er} de la loi du 13 avril 1908 précise que les édifices affectés au culte lors de la promulgation de la loi de 1905 et les meubles les garnissant deviendront la propriété des communes sur le territoire desquelles ils sont situés, s'ils n'ont été ni restitués, ni revendiqués dans un délai d'un an¹²¹⁰. Toutefois, le pape n'autorise pas les catholiques français à créer des associations - appelées diocésaines - avant le début des années 1920. L'action de ces dernières est limitée aux frais du culte et à son entretien, ce qui témoigne d'un statut légèrement différent de celui des associations cultuelles, qui peuvent en plus assurer l'exercice public du culte¹²¹¹. C'est ainsi que les églises catholiques en fonction le 9 décembre 1905 hors Alsace-Moselle deviennent la propriété des communes. L'exception majeure est celle des cathédrales, qui restent la propriété de l'État, selon la

¹²⁰⁶ LOI du 2 janvier 1907 concernant l'exercice public des cultes.

¹²⁰⁷ Par exemple, une maquette géante de la Lune, œuvre d'art de Luke Jerram exposée en 2022 dans la cathédrale de Strasbourg.

¹²⁰⁸ CONSEIL D'ÉTAT. *Un siècle de laïcité, rapport public*, 2004. URL : <https://www.conseil-etat.fr/ressources/etudes-publications/rapports-etudes/etudes-annuelles/un-siecle-de-laicite-rapport-public-2004> (Consulté le 10 août 2023).

¹²⁰⁹ CONSEIL D'ÉTAT. Arrêt N°340648, commune de Saintes-Maries-de-la-Mer. 20 juin 2012. URL : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichJuriAdmin.do?idTexte=CETATEXT000026048733> (Consulté le 10 août 2023).

¹²¹⁰ LOI du 13 avril 1908 modifiant la loi du 9 décembre 1905 sur la séparation des Églises et de l'État, dite aussi loi sur la conservation des édifices du culte.

¹²¹¹ CONSEIL D'ÉTAT. Avis 185107. 13 décembre 1923. URL : <https://www.senat.fr/rap/r14-345/r14-3454.html> (Consulté le 10 août 2023). Il statue sur les associations diocésaines : « elles auraient pour objet exclusif de subvenir aux frais et à l'entretien du culte catholique ».

règle fixée par le décret du 4 juillet 1912 les affectant (du point de vue domanial) au service de l'administration des Beaux-Arts¹²¹².

La propriété rendue aux communes ou à l'État s'accompagne non pas d'une obligation, mais d'une liberté à « engager des dépenses nécessaires pour l'entretien et la conservation des édifices du culte »¹²¹³. C'est en réalité encore une exception à la règle interdisant les subventions, qui s'ajoute à celle des « réparations », même si le champ couvert par ces travaux reste interprétable. En ce qui concerne les affectataires, ils sont obligés d'exécuter les réparations de toute nature, ainsi que de supporter les frais d'assurance et les charges liées aux édifices et meubles¹²¹⁴.

Un édifice de culte propriété de la commune se trouve automatiquement dans le domaine public de celle-ci. Il ne peut pas être aliéné ou mis à disposition avant de procéder à la désaffectation suivie du déclassement du bien pour entrer dans le domaine privé, ou à l'attribution d'une nouvelle affectation autre que religieuse et compatible avec le maintien dans le domaine public¹²¹⁵.

Par la loi du 2 juillet 1998 qui modifie la loi de 1905, les EPCI reçoivent des compétences en matière d'édifices de culte¹²¹⁶. Si l'EPCI s'est donné cette prérogative facultative¹²¹⁷, il peut soit disposer des biens meubles et immeubles sans transfert de propriété¹²¹⁸, soit devenir leur propriétaire¹²¹⁹. Dans le premier cas, un procès-verbal doit notamment établir l'état des biens et l'évaluation de la remise en état. Pour les églises, cela peut se traduire par un diagnostic sommaire mentionnant, le cas échéant, les désordres constatés et une estimation financière des travaux nécessaires (entretien, conservation curative ou préventive, restauration).

Les édifices de culte construits ou achevés après le 9 décembre 1905 appartiennent généralement à des associations culturelles ou diocésaines, ou à des associations régies par la loi du 1^{er} juillet 1901. Elles peuvent disposer de leur bien selon les règles communes du droit civil. Dans l'état actuel du droit, l'État, les départements et les communes - et à partir de 2021 les EPCI¹²²⁰ - peuvent apporter une aide financière pour les travaux de réparation, entretien et conservation des édifices affectés au culte public appartenant aux associations culturelles.

¹²¹² DÉCRET du 4 juillet 1912 relatif à l'affectation domaniale des cathédrales à l'administration des Beaux-Arts.

¹²¹³ Article 13 de la LOI du 13 avril 1908.

¹²¹⁴ Modification de l'article 13 de la loi du 9 décembre 1905 par la loi du 13 avril 1908.

¹²¹⁵ Article L2111-1 et L2111-2 du CODE général de la propriété des personnes publiques (CGPP) ; le domaine privé est défini dans le même code aux articles L2211-1 et suivants.

¹²¹⁶ LOI N° 98-546 du 2 juillet 1998 portant diverses dispositions d'ordre économique et financier.

¹²¹⁷ CODE général des collectivités territoriales (CGCT). Articles L5211-5 et L5211-17.

¹²¹⁸ Selon les trois premiers alinéas de l'article L1321-1 du CGCT.

¹²¹⁹ Dans les conditions de l'article L31112-1 du CGPP.

¹²²⁰ Le dernier alinéa de l'article 19 de la loi du 9 décembre 1905 ne mentionne pas les EPCI. C'est uniquement la LOI N° 2021-1109 du 24 août 2021 qui les rajoute implicitement à l'article 19-III.

La protection au titre des monuments historiques

À l'exception de quelques exemples reconnus mondialement, la protection au titre des monuments historiques des églises en béton armé construites en France avant 1940 se met en place à partir des années 1990, quand le matériau de ces édifices atteint certain un âge et quand des désordres problématiques qui imposent d'agir. En règle générale, l'inscription est le premier niveau de protection mis en place par le préfet de région, alors que le classement s'effectue dans une deuxième étape, à l'échelle ministérielle.

Notre-Dame du Raincy par Perret est directement classée en 1966, trois mois après l'inscription de Saint-Jean-de-Montmartre, dont le classement n'intervient qu'en 2014. Saint-Christophe-de-Javel bénéficie d'une inscription partielle depuis 1975. Saint-Esprit de Paris illustre un décalage similaire à l'œuvre d'Anatole de Baudot, avec une inscription en 1979 et un classement en 2016. L'autre œuvre de Perret, Sainte-Thérèse de Montmagny, est inscrite en 1993 et classée en 1997.

Prenons le cas de quelques architectes spécialisés dans la construction d'églises. Parmi les réalisations de Jacques Droz, Sainte-Jeanne-d'Arc est inscrite en 1989/classée en 1992, Saint-Louis de Vincennes est inscrite en 1994/classée en 1996, alors que Saint-Martin de Vendhuile n'est qu'inscrite en 1994. Concernant les églises de Dom Bellot, Saint-Chrysole de Comines est inscrite en 2001/classée en 2002, l'église de l'Immaculée Conception d'Audincourt est inscrite en 2009/classée en 2013. Au sein des œuvres de Julien Barbier, Saint-Maurice de Bécon-les-Bruyères ne bénéficie d'aucune protection à part le label « patrimoine du XX^e siècle »¹²²¹ depuis 2011, alors que Saint-Rémi de Limé est inscrite depuis 2007, Sacré-Cœur de Dijon depuis 2012 et Sainte-Germaine de Calais depuis 2021. En revanche, aucune réalisation d'Alfred Nasousky n'est protégée.

Nous pouvons aussi illustrer le phénomène par quelques exemples représentatifs à l'échelle nationale. Sacré-Cœur de Cholet est inscrite en 1989/classée en 1991. Saint-Martin de Hénin-Beaumont est inscrite en 1996/classée en 2003. Notre-Dame de la Trinité de Blois est inscrite en 1994/classée en 1996. Saint-Joseph de Pau est inscrite en 2000, tout comme Notre-Dame de la Paix de Ribérac et Notre-Dame de Clamecy. Saint-Dominique de Paris n'est pas protégée, de même que la basilique Sainte-Thérèse de Lisieux, seulement labélisée « patrimoine du XX^e siècle » depuis 2004.

Il est aussi possible d'utiliser le critère de l'appartenance à une campagne cohérente de construction de nouvelles églises. Les Chantiers du Cardinal comptent aujourd'hui environ 300 nouveaux lieux de culte¹²²², dont neuf sont protégés au titre des monuments historiques. Il s'agit de huit églises bâties dans les années 1930 et d'une église construite dans les années 1950. Ainsi, trois édifices sont classés : Sainte-Agnès de Maisons-Alfort, Notre-Dame-des-Missions d'Épinay-sur-Seine, Saint-Esprit de Paris. Six autres sont inscrits : Saint-Jean Bosco et Sainte-Odile de Paris, ainsi que Sacré-Cœur de Gentilly,

¹²²¹ Label transformée en 2016 en « architecture contemporaine remarquable » par la Loi liberté de création, architecture et patrimoine.

¹²²² DE SAINTE MARIE Arielle. DE PALMAERT Albéric. *Les Chantiers du Cardinal. Histoires d'églises en Île-de-France*. Rennes : Ouest-France, 2011, pp. 138-141.

Saint-Jacques le Majeur de Montrouge et Notre-Dame du calvaire de Châtillon. Bâtie à partir de 1954, Notre-Dame-des-pauvres d'Issy-les-Moulineaux complète la liste.

Entre les monuments inscrits et classés il y a plusieurs conséquences pratiques, dont l'une concerne les travaux urgents. Le Code du patrimoine stipule que le préfet a la possibilité de faire réaliser des travaux d'entretien jugés indispensables à la conservation des monuments classés qui n'appartiennent pas à l'État. Dans ce cas, les frais sont avancés par l'État et récupérés auprès du propriétaire, qui peut se libérer en remboursant la moitié du montant ou en lui abandonnant l'immeuble. Si la conservation du monument est gravement compromise et après avis de la CNPA, le préfet peut mettre en demeure le propriétaire d'effectuer les travaux, mais à condition d'accorder une subvention de l'État d'au moins la moitié du coût total¹²²³.

L'évolution des missions des architectes-fonctionnaires

Au XIX^e siècle, les architectes diocésains ou municipaux sont chargés de la construction d'églises en tant que fonctionnaires de l'État. Dans une première étape, c'est le préfet qui désigne l'architecte du diocèse, avec l'accord préalable de l'évêque. À partir de 1848, la prérogative appartient au ministre chargé des cultes, après avis du préfet et de l'évêque. Le régime concordataire permet, outre cette participation conjointe au choix des maîtres d'œuvre, une subvention financière publique à la construction et à l'entretien des églises, évêchés et séminaires. Cette tâche est accordée d'abord au ministère de l'intérieur (par la direction générale des cultes), puis au nouveau ministère des affaires ecclésiastiques et de l'instruction publique apparu en 1824.

L'État met d'abord en place un petit corps d'architectes rattachés au service des monuments historiques, avec un premier recrutement de trois maîtres d'œuvre¹²²⁴ en 1893. Trois ans plus tard, ils reçoivent le titre d'ACMH et sont nommés chacun responsables d'une région.

Comme suite à la Séparation de 1905, le ministère chargé des cultes est supprimé. Par conséquent, le décret du 12 avril 1907 annonce la disparition du corps des architectes diocésains conséquemment à son intégration dans le service des monuments historiques¹²²⁵. Ce texte définit aussi le corps des ACMH, recrutés sur concours, limités à quarante, responsables d'une circonscription et quittant leurs fonctions à 70 ans. Leur rémunération est effectuée par honoraires, vacations et frais de déplacement. Ils ont quatre missions : effectuer les études commandées par l'administration, veiller au respect de la législation protégeant les monuments historiques, concourir à la surveillance des objets dépendant des immeubles dont la conservation leur est confiée et, enfin, faire exécuter des travaux. Ces derniers peuvent être variés, de la restauration au chauffage. Le contenu de la mission de travaux comporte la rédaction des devis (contrairement aux pratiques actuelles, où ce sont les entreprises qui rédigent les devis), la préparation des marchés, la direction des travaux et l'établissement des comptes de dépense.

¹²²³ CODE du patrimoine. Article L621-11 et suivants.

¹²²⁴ Léon Bénouville, architecte diocésain élève d'Anatole de Baudot ; Henri Nodet, élève de Guadet ; Lucien Roy, élève de Vaudremer.

¹²²⁵ DÉCRET du 12 avril 1907 portant organisation du service d'architecture des monuments historiques.

En vertu du décret de 1907, les ACMH sont secondés par des architectes ordinaires des monuments historiques. Ils sont nommés pour quatre ans parmi les hommes de l'art qui exercent dans le département sur la base d'un examen de leurs titres professionnels par les inspecteurs généraux des monuments historiques, après avis de l'ACMH de la circonscription et du préfet. Leur rémunération comporte les modalités prévues pour les ACMH, mais aussi des indemnités annuelles pour la surveillance des monuments classés appartenant à l'État. Les missions principales sont de proposer, sous l'autorité de l'ACMH, les travaux d'entretien et de les faire exécuter, ainsi que de suivre le détail des travaux menés par l'ACMH, surtout du point de vue comptable. Ce statut permet, pour les deux types de poste, l'exercice d'une activité libérale en parallèle.

Une réforme est réalisée par le décret du 20 décembre 1935 qui crée le corps des architectes des monuments historiques qui se substitue à celui des architectes ordinaires¹²²⁶. Ces nouveaux fonctionnaires peuvent exercer à plusieurs dans un même département. Leur recrutement est conditionné par l'âge situé entre 28 et 45 ans et s'effectue sur examen suivi d'un stage de trois ans qui permet la titularisation jusqu'à 60 ans ou exceptionnellement 70 ans. À titre transitoire, les architectes ordinaires sont maintenus sur proposition de l'ACMH.

Les agences des Bâtiments de France sont créées sous deux formes, respectivement agences simples et agences chargées de l'entretien des bâtiments civils et palais nationaux, par deux décrets du 21 février 1946. Elles comprennent « un architecte des bâtiments de France, un commis dessinateur, une dame sténodactylographe »¹²²⁷ et un surveillant de travaux pour les palais nationaux¹²²⁸. À ce stade, le législateur reste équivoque sur le caractère départemental de ces services, alors que la création de deux types d'agences peut interroger. Le recrutement des ABF s'effectue par examen, tient compte des services rendus en qualité d'architecte des monuments historiques ou de bâtiments et palais nationaux, ainsi que des diplômes comme celui de l'école de Chaillot, qui n'est pourtant pas nommé. La condition d'âge est durcie, en permettant d'exercer en cas de réussite seulement en tant que contractuel à partir de 25 ans, avec une titularisation à partir de 35 ans. Cette titularisation est soumise à l'avis de l'ACMH et de l'inspection après un stage d'un an minimum. La rémunération s'effectue par un traitement fixe. Dans les attributions de l'ABF se trouve d'abord le rôle de manager de son agence. Il travaille sous l'autorité de l'ACMH sur les travaux d'entretien et de réparations ordinaires des monuments historiques, bâtiments civils et palais nationaux de son département. En plus, il exerce pour le service des sites et paysages. Le décret interdit l'exercice de la profession d'architecte à titre privé, sauf autorisation spéciale et pour une maîtrise d'ouvrage publique. En revanche, la maîtrise d'œuvre sur monuments historiques est autorisée. En vertu des dispositions transitoires, ce n'est qu'en 1973 que le dernier architecte départemental des monuments historiques est remplacé¹²²⁹.

¹²²⁶ DÉCRET du 20 décembre 1935 relatif au recrutement des architectes des monuments historiques.

¹²²⁷ DÉCRET N° 46-271 du 21 février 1946 portant organisation d'agences des bâtiments de France. Article 1^{er}.

¹²²⁸ DÉCRET N° 46-272 du 21 février 1946 portant organisation d'agences des bâtiments de France pour l'entretien des bâtiments civils et palais nationaux. Article 1^{er}.

¹²²⁹ PRESCHÉZ Philippe. L'architecte des bâtiments de France d'hier à aujourd'hui 1897-1996. In : *La Pierre d'angle*, N° 21-22, octobre 1997, pp. 31-37.

L'étendue de la maîtrise d'œuvre des ABF en rapport avec les ACMH n'est définie qu'en 1984, par une limitation à l'entretien et aux réparations ordinaires des monuments classés, avec l'accord du propriétaire ou affectataire et lorsque la maîtrise d'ouvrage appartient au ministère chargé de la culture ou au propriétaire bénéficiaire d'une aide financière de l'État¹²³⁰. En 1993, le corps des architectes urbanistes de l'état (AUE) est créé par la fusion du corps des ABF avec le corps des Urbanistes de l'État. La possibilité de cumul avec une activité privée est supprimée et le terme « ABF » devient un titre de poste occupé par certains AUE exerçant des prérogatives spécifiques.

Le régime actuel de la maîtrise d'œuvre sur les églises en béton armé

Nous développons ici uniquement le cas des églises inscrites ou classées au titre des monuments historiques, considérant que les exemples présentés sont en majorité protégés. Dans le cadre actuel, la maîtrise d'œuvre sur les églises non protégées ne fait l'objet d'aucune exigence législative en termes d'expérience ou de diplôme de spécialisation de l'architecte, en dehors des obligations fixées par la législation générale. Au contraire, les églises protégées bénéficient d'un régime spécial de la maîtrise d'œuvre en fonction du niveau de protection (classées ou inscrites), de la nature des travaux et du propriétaire.

La libéralisation des travaux sur les monuments historiques classés intervient en 2009. Sauf exceptions, les ACMH sont mis en concurrence avec les architectes titulaires d'un DSA « architecture et patrimoine » ou équivalent¹²³¹. En même temps, le rôle de l'ABF reste celui d'un agent exclusif de l'État qui n'est pas censé effectuer des missions de maîtrise d'œuvre.

Dans sa circulaire du 1^{er} décembre 2009, le ministère de la culture crée un cadre interne pour quatre types d'intervention à limites variables : entretien, réparation, restauration et modification¹²³². La démarcation entre réparation et restauration s'effectue en fonction de la nécessité d'une réflexion conceptuelle préalable. Les travaux de modification visent tout ce que n'est pas compris dans les autres catégories, c'est-à-dire la création d'éléments nouveaux dans les monuments historiques.

Sur les monuments classés qui lui appartiennent, l'État se réserve les services de l'ACMH territorialement compétent, alors que les propriétaires privés ont le libre choix sous certaines conditions et dans le cadre du contrôle scientifique et technique exercé par les services de l'État, notamment la CRMH. Pour les travaux de réparation sur monuments classés privés, il est nécessaire de faire appel à un architecte français ou européen titulaire d'un DSA « architecture et patrimoine » ou équivalent. Pour les travaux de restauration, le maître d'œuvre doit, en plus de ces conditions, faire la preuve d'une activité régulière de dix ans dans ce domaine.

¹²³⁰ DÉCRET N° 84-145 du 27 février 1984 relatif au statut particulier du corps des architectes des Bâtiments de France.

¹²³¹ DÉCRET N° 2007-1405 du 28 septembre 2007 portant statut particulier du corps des architectes en chef des monuments historiques.

¹²³² MINISTÈRE DE LA CULTURE. Circulaire N° 2009/022. Les travaux d'entretien sont dispensés d'autorisation et de maîtrise d'œuvre et pour les monuments classés appartenant à l'État affectés au ministère de la culture, et c'est l'ABF territorialement compétent qui les surveille en tant que conservateur.

Sur les monuments inscrits, tout architecte inscrit à l'Ordre a la possibilité d'exercer la maîtrise d'œuvre de restauration ou de modification, mais les pratiques font que ce sont des titulaires d'un DSA spécialisé ou les ACMH qui interviennent le plus souvent. Aussi, le projet et les travaux sont soumis au contrôle scientifique et technique de l'État, ce qui implique un cadrage assez strict de la maîtrise d'œuvre, qui doit s'adapter et développer des compétences particulières.

L'étude préalable comme fondement de la restauration

Suivant la réforme des marchés publics en 1973 et la décentralisation au début des années 1980, l'État souhaite fermer la longue période de récupération des effets des guerres mondiales dans le domaine des monuments historiques, en créant un cadre scientifique permettant une gestion plus rationnelle des fonds, mais aussi un cadre de contrôle adapté. En 1985, le ministère de la culture crée par une circulaire¹²³³ les « études préalables », instruments scientifiques établis sous la direction des ACMH selon un principe de mise en commun des documents et expertises¹²³⁴. Dans cette continuité se situe aujourd'hui le concept de contrôle scientifique et technique (CST) mené par les services patrimoniaux des Directions régionales des affaires culturelles (monuments historiques, archéologie, Bâtiments de France, documentation).

Cette circulaire signée par Jack Lang organise les études sur les monuments historiques classés, en application de la loi du 31 décembre 1913 qui prévoit la surveillance des travaux par les services du ministère de la culture. Elle intervient après la cristallisation d'un système moderne conçu pour effectuer ce contrôle. Cinq ans après la parution en 1980 du décret portant statut particulier des ACMH¹²³⁵, la commission supérieure des monuments historiques est créée, avec une section dédiée à l'examen des travaux. Après leur création en 1977, les DRAC sont pleinement opérationnelles¹²³⁶ et la décentralisation a des effets sur la gestion financière des monuments historiques, où l'État veut démontrer ses compétences. Les objectifs de la circulaire visent à permettre la décision sur la base d'un programme de travaux clair et précis, à maîtriser les coûts et les délais, ainsi qu'à assurer pour l'État la possibilité d'un réel contrôle de qualité.

L'organisation des opérations de restauration est fixée en plusieurs étapes inspirées par la loi du 12 juillet 1985 sur la maîtrise d'ouvrage publique¹²³⁷ : études préalables, projet de conception, consultation des entreprises, attribution des travaux, exécution et réception des travaux.

Le dossier d'études préalables en vue de travaux est composé de quatre sections, à adapter selon les particularités de l'opération : études préliminaires nécessaires pour élaborer des propositions (relevé,

¹²³³ MINISTÈRE DE LA CULTURE. Circulaire N° 63150 du 5 août 1985 relative aux études préalables sur les monuments historiques.

¹²³⁴ HULLO-POUYAT Céline. *La restauration monumentale en question : la circulaire du 5 août 1985 relative aux études préalables et son application*. Paris : L'Harmattan, 2011, 202 p. ; BESSAM Fallah. Céline Hullo-Pouyat, La restauration monumentale en question : La circulaire du 5 août 1985 relative aux études préalables et son application, (Questions contemporaines). 2011. In : *Culture & Musées*, N° 20, 2012, pp. 213-216.

¹²³⁵ DÉCRET N° 80-911 du 20 novembre 1980 portant statut particulier du corps des architectes en chef des monuments historiques.

¹²³⁶ DÉCRET N° 77-115 du 3 février 1977 portant création des directions régionales des affaires culturelles.

¹²³⁷ LOI N° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'oeuvre privée.

diagnostic, investigations éventuellement sectorielles de type stabilité, géotechnique etc.), étude d'ensemble et propositions permettant la décision du maître de l'ouvrage (volet descriptif, explicatif et justificatif), estimation des coûts, rapport de présentation contenant le programme de l'opération. Ce dernier précise la décomposition des lots de travaux, leur durée prévisionnelle, la proposition éventuelle de deux tranches conditionnelles maximum, motivées. Le dossier fait l'objet d'une validation par la maîtrise de l'ouvrage et par la CRMH.

Dans une première phase, la CRMH recueille l'ensemble des informations disponibles afin de définir le contenu de la commande d'étude préalable effectuée auprès de l'ACMH territorialement compétent. Ce dernier n'est pas autorisé à sous-traiter, mais peut être mandataire d'un groupement de spécialistes. Les services de l'inventaire du patrimoine et de l'archéologie sont associés pour l'établissement du dossier documentaire et la réalisation d'éventuelles fouilles préventives et sondages à intégrer aux études en amont des travaux.

Suivant les études préalables, le projet de conception est soumis à la programmation annuelle établie par la CRMH et doit contenir l'ensemble des pièces graphiques et écrites nécessaires, mais surtout un bordereau de prix unitaire quantifié ou un cadre de décomposition de prix forfaitaire, pour permettre aux entreprises d'établir leurs offres. Le financement des études peut être avancé par l'État, en étant par la suite déduit des subventions accordées lors des travaux.

6.3.2 Les églises en béton armé dans les politiques patrimoniales locales

Étant donné que la plupart des églises en béton armé construites avant 1940 appartiennent aux communes, il se pose la question de leur entretien et de leur restauration dans le contexte plus large de la politique municipale de mise en valeur du patrimoine. Pour les églises protégées, l'État subventionne les travaux proposés par les propriétaires et accompagne par conséquent les politiques des collectivités sans imposer de mesures propres.

Si la protection au titre des monuments historiques est une servitude bien encadrée par la loi, il existe de nombreuses églises non protégées, qui sont toutefois reconnues et préservées. Elles peuvent être, par exemple, labellisées « architecture contemporaine remarquable » (ACR)¹²³⁸ à condition d'avoir moins de cent ans d'âge. À partir de 2010, elles peuvent aussi être incluses dans un volet patrimonial des PLU. L'article L151-19 du Code de l'Urbanisme stipule : « Le règlement peut (...) identifier, localiser et délimiter les (...) immeubles bâtis (...) à protéger, à conserver, à mettre en valeur ou à requalifier pour des motifs d'ordre culturel, historique ou architectural et définir, le cas échéant, les prescriptions de nature à assurer leur préservation leur conservation ou leur restauration »¹²³⁹.

¹²³⁸ Ce label est créé par la loi du 7 juillet 2016 relative à la liberté de la création, à l'architecture et au patrimoine et remplace le label « Patrimoine du XX^e siècle » créé en 1999.

¹²³⁹ Dispositions précédemment incluses dans l'article L123-1-5 7° du CODE de l'urbanisme créé par la loi du 12 juillet 2010 (Grenelle II).

En pratique, ces volets patrimoniaux sont encore assez rares et se limitent à un inventaire sans prescriptions¹²⁴⁰. Le règlement graphique du PLU de Montmagny ne fait pas figurer la protection de la chapelle Sainte-Thérèse construite par Perret, mais uniquement la servitude des abords. Au Raincy, le PLU dispose depuis 2019 d'un inventaire du patrimoine sans prescriptions incluant l'église Notre-Dame, bâtie par le même architecte¹²⁴¹. La commune de Voreppe intègre la chapelle du séminaire construite par Pouradier-Duteil, non protégée, mais labellisée ACR, dans un inventaire similaire accompagné d'un plan, mais toujours sans prescriptions. En revanche, le volet patrimonial du PLU métropolitain de Nice ne retient pas l'église classée Sainte-Jeanne d'Arc bâtie par Jacques Droz. Hénin-Beaumont dispose d'un plan graphique identifiant les bâtiments à préserver, mais l'église classée Saint-Martin n'y figure pas. C'est également le cas pour l'église d'Élisabethville, soumise au PLU intercommunal Grand Paris Seine-et-Oise (Yvelines).

Le SPR est plus adapté pour mener une politique communale dans le domaine du patrimoine. Il suspend la servitude des abords en la remplaçant par un règlement, mais ne touche pas aux effets de la protection au titre des monuments historiques sur l'immeuble concerné. À Domfront en Poirais (Orne), la municipalité met en place en 2021 un SPR dans lequel se trouve l'église classée Saint-Julien, ce qui donne un sens plus large à sa longue restauration. L'église classée Sacré-Cœur de Cholet est incluse dans un SPR avec un règlement d'ancienne ZPPAUP¹²⁴². Aussi, à Vichy, l'église inscrite Notre-Dame-des-Malades est incluse dans un SPR avec un règlement d'ancienne AVAP. Ce n'est pas le cas à Metz et Nice, où les églises classées, respectivement Sainte-Thérèse et Sainte-Jeanne d'Arc sont situées en dehors des limites des SPR avec PSMV, mais très près d'elles, ce qui peut interroger sur la cohérence et l'arbitraire de certains tracés.

6.3.3 La gestion des risques dans les églises en béton armé

Le changement climatique augmente les risques pour le patrimoine en général et pour les édifices de culte en particulier. Les vents violents arrachent les couvertures¹²⁴³ ou détruisent les verrières. Les fortes pluies inconnues aux bâtisseurs d'origine provoquent des infiltrations inédites. La sécheresse prolongée altère le sol et donc la stabilité des murs¹²⁴⁴. Les fortes chaleurs ont des effets néfastes pour les orgues¹²⁴⁵ et favorisent les incendies. D'autre part, la protection contre les actes malveillants est un sujet de permanente actualité. Dans le cas des églises en béton armé, certaines spécificités de conception constituent soit des vulnérabilités, soit des points forts.

¹²⁴⁰ Un contre-exemple est le PLU intercommunal du Kochersberg (Bas-Rhin) de 2019, qui fixe quatre niveaux de protection des immeubles, avec des règles adaptées pour chaque modification majeure d'aspect extérieur.

¹²⁴¹ PLU du Raincy (93). Patrimoine architectural. Annexe à la délibération du 25 juin 2019.

¹²⁴² Si les PSMV sont des documents d'urbanisme à part entière, les ZPPAUP, AVAP et PVAP sont des annexes aux documents d'urbanisme.

¹²⁴³ Par exemple, le toit de l'église Saint-Pierre de Besse-sur-Issole (Var) envolé le 17 janvier 2018, ou le toit du clocher de Saint-Nicolas-de-Bourgueil (Indre-et-Loire) pris par une tornade le 19 juin 2021.

¹²⁴⁴ L'église de la Paix de Frœschwiller (Bas-Rhin) en 2019-2020.

¹²⁴⁵ L'orgue de la cathédrale Saint-Gatien de Tours en août 2019.

Du point de vue réglementaire, les églises sont des ERP de type V. Si l'effectif admissible est inférieur à 300 personnes (100 au sous-sol et 200 en étages), elles sont placées dans la 5^e catégorie, la moins contraignante, car elle ne fait pas l'objet d'une visite de la SCDSA suivie d'une autorisation du Maire à la poursuite de l'exploitation. À titre comparatif, les cathédrales sont généralement dans la première catégorie, avec un effectif supérieur à 1500 personnes et font l'objet d'une visite triennale, tout comme les lieux de culte appartenant aux catégories 2, 3 et 4.

La sécurité incendie

Après l'incendie du 15 avril 2019 qui a ravagé Notre-Dame de Paris¹²⁴⁶, l'État prend conscience que le respect des normes de sécurité incendie, conçues pour la protection des vies humaines, n'est pas suffisant pour prévenir la destruction du patrimoine. Des colloques commencent à être organisés au sujet de ce défi¹²⁴⁷. Aussi, un plan d'action est lancé pour renforcer la prévention du risque incendie dans les cathédrales¹²⁴⁸. Par son caractère complet, il peut être pris comme modèle et décliné pour l'ensemble des églises en béton armé. Ce plan contient plusieurs axes de prévention : limiter les risques d'éclosion, réduire les risques de développement et de propagation du feu, faciliter l'action des sapeurs-pompiers, entretenir des relations privilégiées avec les services de secours, encadrer les conditions d'exploitation, réduire les conséquences d'un incendie, former les acteurs et mettre en place des outils de gestion (tableau de suivi, organigramme des clés).

Dans la limitation des risques à la base, le contrôle, la mise aux normes et l'utilisation correcte des installations électriques et du paratonnerre se situent en première ligne, suivis de la surveillance des travaux par points chauds. À la différence des églises construites antérieurement, celles bâties entre 1890-1940 sont conçues généralement avec un minimum d'installations électriques d'origine, dont l'intérêt est que les cheminements peuvent parfois être récupérés afin de ne pas dénaturer l'édifice. Toutefois, les modifications et extensions électriques sont systématiquement présentes et les réseaux anciens et récents cohabitent souvent, ce qui pose le problème de la mise aux normes globale en respectant le caractère patrimonial du bâtiment.

Le système de sécurité incendie est un outil de détection et localisation des fumées, avec des fonctions d'alarme, de mise en sécurité et de désenfumage. Pour une église en béton armé c'est un outil qui peut être prescrit en fonction de sa configuration, de ses réseaux et de son usage, en sachant qu'il nécessite une levée de doute¹²⁴⁹ réalisée par un agent humain et un entretien régulier. Son objectif est l'évacuation rapide des personnes, mais il peut aider à la sauvegarde du bâtiment en cas de présence humaine qualifiée. Dans un cas comme celui de Saint-Jean de Montmartre, la présence de plusieurs niveaux, les nombreuses salles et le système de chauffage à gaines justifient ce dispositif. Afin d'insérer harmonieusement les réseaux créés ou ceux qui remplacent des systèmes anciens, une

¹²⁴⁶ Et l'incendie de la cathédrale de Nantes le 18 juillet 2020.

¹²⁴⁷ Le risque incendie dans les bâtiments patrimoniaux. Colloque du 13 et 14 avril 2023 au château de Chantilly.

¹²⁴⁸ MINISTÈRE DE LA CULTURE. Direction générale des patrimoines. Mission de la sécurité, de la sûreté et de l'accessibilité. Plan d'action « sécurité cathédrales », avril 2020.

¹²⁴⁹ La « levée de doute » est une opération de vérification sur place de la réalité d'un événement ayant déclenché une alarme.

maîtrise d'œuvre sensible au patrimoine est nécessaire. Pour le béton armé apparent, les percements pour ancrer ou passer ces réseaux peuvent être une attaque à sa substance patrimoniale.

Afin de limiter le développement d'un sinistre, le stockage anarchique doit être proscrit, les combles nettoyés, recoupés et dotés de dispositifs de désenfumage. Les charpentes en béton armé ou l'absence de combles (comme aux églises du Raincy, d'Élisabethville, de Voreppe ou Clamecy) éliminent le risque d'incendie à ce niveau. En revanche, le mobilier et les œuvres d'art ont un fort potentiel calorifuge. Pour rechercher un minimum de confort thermique, des petites salles sont parfois créées dans les nefs, comme à Saint-Pierre-de-Chaillot. Elles représentent des espaces à risques d'incendie, en raison de leurs matériaux, ameublement et stockage de papier. Par ailleurs, l'expérience montre que les chantiers augmentent exponentiellement le péril d'incendie en raison de la négligence humaine.

Dans le but de faciliter l'intervention des pompiers, il faut s'assurer des voies d'accès et des poteaux d'incendie à proximité sur l'espace public. Pour s'organiser lors d'un sinistre, le SDIS peut mettre en place des plans d'intervention interne (établissement répertorié - ETARÉ). Les interlocuteurs (maire, curé, pompier) doivent se connaître et communiquer notamment lors de l'organisation d'exercices d'incendie. Un cahier des charges d'exploitation doit être rédigé et pris en compte pour les manifestations susceptibles d'avoir lieu dans ces églises (concerts, visites organisées, représentations théâtrales ou expositions).

Pour réduire les conséquences du sinistre, des plans de sauvegarde des biens culturels (PSBC) doivent être établis par les responsables de l'établissement, en lien avec les pompiers, afin de permettre à ces derniers de protéger les œuvres en temps réel. Cet outil opérationnel, simple et pragmatique, nécessite une réflexion patrimoniale difficile, parce qu'il oblige de prioriser le sauvetage d'objets sous la pression de l'urgence et de planifier l'ensemble des détails jusqu'à la mise à l'abri. Cette organisation dépend de la situation de l'église et des caractéristiques des œuvres.

La sûreté

Le domaine de la sûreté concerne la prévention de la malveillance humaine. Dans les églises, la question de l'accès est fondamentale, car dans la plupart des cas il n'existe pas d'agent de surveillance, sauf ponctuellement. La vidéosurveillance est trop coûteuse en installation et en entretien pour la majorité des églises étudiées, compte tenu de leurs enjeux de sûreté et des moyens réduits des associations culturelles. Lorsque l'église est ouverte, les œuvres d'art et les objets liturgiques sont exposés au vol, mais les églises en béton armé disposent de moins d'éléments de ce type que les églises médiévales.

Mis à part les vols, d'autres actions peuvent impacter ces lieux de culte : attaque terroriste¹²⁵⁰, manifestations accompagnées d'actes de vandalisme¹²⁵¹, escalade urbaine¹²⁵². Dans ces cas, les

¹²⁵⁰ Assassinat du prêtre Hamel lors de l'attentat à Saint-Étienne-du-Rouvray le 26 juillet 2016.

¹²⁵¹ Tableaux aspergés de soupe ou peinture par les militants écologistes « Just stop oil » en 2023.

¹²⁵² Les grimpeurs de cathédrales s'exposant sur les réseaux sociaux : Strasbourg, Reims, Rouen etc.

mesures relèvent de la prévention et de la prise de conscience. En dehors des mesures Vigipirate, les voies d'évacuation doivent être dégagées, les distances gardées par rapport aux objets d'art, les œuvres sensibles protégées de manière adaptée, les grimpeurs découragés par des moyens physiques. L'organigramme des clés permet, idéalement de manière électronique, de connaître les personnes qui ont accès à l'église. Les échafaudages de chantier doivent être surveillés, entourés de palissades hautes à leur base et dotés d'un accès sécurisé.

6.4 Exemples de restauration d'églises en béton armé

Les exemples retenus dans les pages qui suivent illustrent à la fois l'application pratique des diverses visions, méthodologies ou doctrines de restauration, la mise en œuvre effective des techniques de réparation des bétons, ainsi que la contribution intellectuelle des architectes et le rôle de l'administration sur certaines églises en béton armé. Tous les sujets traités plus haut se réunissent ainsi sur des chantiers concrets qui synthétisent la problématique globale. De cette synthèse surgissent de nouvelles interrogations concernant la préservation de ce patrimoine.

6.4.1 Une restauration expérimentale. Saint-Jean-de-Montmartre

Nous proposons de présenter brièvement les problématiques de restauration de cet édifice hors-normes, en ciment armé et brique armée, qui n'a pas encore bénéficié d'un chantier global digne de son statut dans l'histoire de l'architecture. Pourtant, l'église a eu d'abord un problème d'acceptation de sa valeur patrimoniale. Par exemple, Yves Sjöberg considère dans les années 1950 qu'il s'agit d'un « essai malheureux »¹²⁵³ issu du manque d'expérience d'Anatole de Baudot, qui aurait appliqué les principes de la charpente métallique, étrangers à l'esprit du béton armé. Aussi, il déplore la conception imprégnée du néo-gothique qui, selon lui, a scellé la mort de l'art sacré. Il s'agit d'une analyse assez commune pour cette période d'après-guerre, où l'idolâtrie de l'avant-garde moderniste autorise de vilipender ses précurseurs inconfortables ou de réécrire l'histoire. Toutefois, en mars 1966, l'église Saint-Jean est inscrite en totalité au titre des monuments historiques¹²⁵⁴, trois mois avant le classement de l'église du Raincy, ce qui témoigne d'un début de lucidité dans le jugement de ce patrimoine.

Des interventions successives

Cet édifice fait constamment l'objet de travaux depuis sa consécration. Les premières interventions curatives ont lieu vraisemblablement à partir des années 1930. À cette époque, les remplages des grandes baies sont épaissis en profondeur avec un béton ordinaire, armé de barres de fer rondes

¹²⁵³ SJÖBERG Yves. Op. Cit., p. 74.

¹²⁵⁴ Référence Mérimée PA00086740.

lisses. La fine épaisseur d'origine est perdue au profit de réseaux massifs qui changent la perception des façades.

Sur les façades en brique, les premières altérations sont constatées dans les années 1950 et mènent à divers travaux de réparation durant les décennies suivantes. À certains endroits, les briques sont remplacées par des pièces similaires en terre cuite, mais il existe aussi des briques reconstituées sur place à l'aide de mortier coloré. C'est le cas notamment des arêtes, où les désordres sont plus étendus en raison du ferrailage plus épais qui, avec la corrosion, engendre l'éclat de la brique.

Les toitures terrasses situées au-dessus des tribunes sont couvertes probablement dans la deuxième moitié du XX^e siècle par une étanchéité bitumineuse protégée par du gravier. Le dôme protégeant le grand escalier hélicoïdal est également recouvert avec le même produit, mais sans gravillons en raison de sa convexité. Une couverture en cuivre est mise en place en 1997 par SA Michel Gallozzi sur les grandes voûtes en ciment écaillé non protégé voulu par Anatole de Baudot. Aujourd'hui, seule la couverture du clocher reste en ciment apparent, avec sa surface vibrée d'écailles encore visible.

Au début des années 1930, la peinture intérieure des murs est refaite à l'identique une première fois, avec les mêmes nuances très pâles. Le fond gris qui couvre l'ensemble reçoit un décor au pochoir en vert et bleu terne qui anime l'intrados des voûtes, les murs et les colonnes. Cette deuxième couche, ainsi que les suivantes, sont documentées par une analyse stratigraphique menée en 2017, qui permet aussi de découvrir les teintes d'origine des toiles marouflées. La crasse noire accumulée dans le temps sur tout l'intérieur de l'église a fait croire que les couleurs d'origine devaient être certainement plus vives, d'autant plus que les aquarelles d'Anatole de Baudot soutiennent une telle hypothèse. Mais le diagnostic montre une mise en œuvre différente de la volonté initiale de l'architecte. Les couleurs sont volontairement ternes, avec un contraste extrêmement discret, y compris sur les scènes figuratives, pour diriger le regard vers le chœur.



204 Désordres et réparations inadaptées.
En haut : remplage d'origine doublé de béton armé dans les années 1930.
En bas : pilier d'angle extérieur avec des traces de réparations successives (briques neuves et fausses briques en mortier).
Photo : l'auteur, 2016.

À l'exception de l'espace principal de culte et de sa chapelle décorée avec les vitraux des années 1980 de Jean Villette, l'église dispose au niveau inférieur de plusieurs espaces. La salle-crypte et une autre pièce de grandes dimensions sont utilisées pour l'accueil des personnes en difficulté, pour des marchés solidaires ou pour l'entraînement sportif. L'image de ces deux espaces est altérée par les

installations électriques et le passage de gaines d'air entre les arcs, de même que par des cloisons légères, peinture ou plinthes. Ces interventions sont relativement récentes et réversibles.



205 Les réseaux modernes dans le monument historique. Église basse : gaine d'air, éclairage. Photo: l'auteur, 2012.

Plusieurs salles de réunion sont aménagées sous les premières travées de l'église haute, par la mise en place de cloisons amovibles ou coulissantes typiques des bureaux. Le plafond de ces espaces est couvert par un flochage acoustique qui cache la structure en épines Cottancin.

Installé relativement récemment, le système de ventilation et chauffage respecte peu les particularités de l'édifice. Les gaines rectangulaires passant sous le plancher haut de la crypte affectent la finesse du dessin architectural, marqué par les épines et les arcs en ciment armé. De plus, les conduits pénètrent dans l'église haute en montant jusqu'au niveau des tribunes par un vil artifice. La section des deux colonnes soutenant la tribune de l'orgue est passée de 50 cm à 1 m pour loger la gaine montante, avec la reprise mimétique du décor peint sur les plaques de plâtre. Un faux plancher sous la tribune de l'orgue cache les bouches de soufflage, mais aussi les épines.

Dans les années 2010, le BECH Ville de Paris a mené une intervention expérimentale de restauration sur un petit vitrail dans la première chapelle est. Sur le vitrail de chevet représentant la Crucifixion, les parties inférieures ont été déposées en raison du risque de chute. Pour les mêmes raisons, le grand vitrail du côté nord-ouest a été entièrement démonté.

Un sas vitré est installé en 2013-2014. Avec une menuiserie de couleur brune, mais d'épaisseur importante, il s'intègre mal dans le cadre existant et porte atteinte à l'authenticité de l'édifice. Si le grand portail central permettait auparavant, lors de son ouverture, une vision sans obstacle de la rue jusqu'au grand vitrail du chevet, ce n'est plus le cas aujourd'hui avec les portes vitrées du sas. Malgré le fait que le portail en bois peut désormais rester ouvert indifféremment de la saison, le verre représente une barrière visuelle et sa transparence est annulée par sa réflexion.

Une lecture des pathologies

L'examen des pathologies doit être sensible à l'originalité des matériaux de construction - la brique armée et le ciment armé. Leurs particularités peuvent être connues en étudiant les plans d'origine, les publications d'époque, les écrits d'Anatole de Baudot, mais aussi en analysant d'autres ouvrages en système Cottancin ou similaires, comme les réalisations d'Emmanuel Chaine, François Lecœur ou Pierre Paquet.

Le BECH de la Ville de Paris, représenté par Laurence Fouqueray, et la CRMH Île-de-France, représentée par Dominique Cercler, lancent un projet expérimental de restauration peu après le classement de l'église en 2014.

Les architectes de l'agence 1090 sous la direction de Thomas Gaudig et Perrine Leclerc¹²⁵⁵ sont en charge du diagnostic à partir de l'automne 2016. Ils commencent par une campagne d'analyse visuelle en nacelle à l'extérieur et à l'intérieur de l'église. Dans un premier temps, la nacelle élévatrice est introduite dans la cour commune au sud-est pour examiner la façade jusqu'au niveau des grandes baies des tribunes. Le niveau de gravité des désordres sur les briques est lié à leur position. Ainsi, les briques armées situées au niveau des arêtes ou linteaux sont généralement plus affectées que les autres, en raison du ferrailage plus conséquent prévu à ces endroits. Sa corrosion engendre l'augmentation du volume et donc l'éclat des briques. Ce désordre est favorisé par l'enrobage assez défectueux, constitué d'un mortier de ciment remplissant le percement dans la brique et de la paroi de terre cuite de 1 cm.



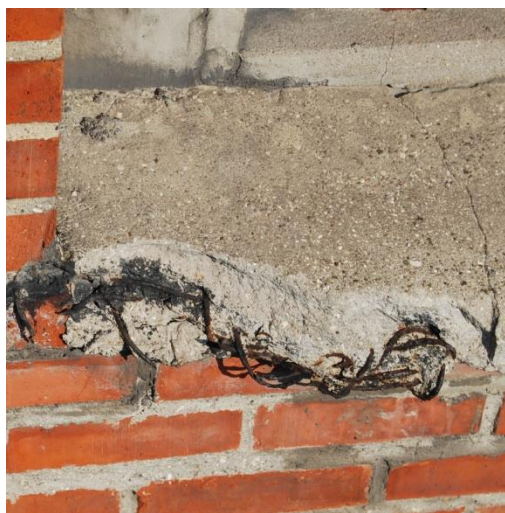
206 Diagnostic visuel à l'aide d'une nacelle.
Photo: l'auteur, 2016.

Les couvertures d'origine en ciment présentent des recouvrements biologiques ou des salissures noires, y compris au niveau du clocher. Ce dernier présente des armatures dénudées avec chute de matériau et des fissures dues probablement aux vibrations des cloches. Les garde-corps en ciment armé situés sur les deux volumes encadrant le clocher sont instables, l'un étant sécurisé par un étaieement métallique vissé dans la façade. Les appuis des fenêtres et les linteaux en ciment armé présentent systématiquement des éclats avec fers dénudés, à cause de leur finesse favorisant la carbonatation.

L'ensemble de l'intérieur est enduit en plâtre. Cette technique d'origine interroge en raison de la qualité des surfaces brutes de décoffrage du ciment armé, mais aussi de l'effet corrosif du plâtre sur les armatures en fer. En réalité, cet enduit typiquement parisien est employé afin de lisser et uniformiser l'ensemble, car les colonnes sont en brique armée, alors que les dalles et les voûtes sont en ciment armé. L'état sanitaire montre que l'épaisseur d'enrobage permet de tenir généralement à distance les armatures sensibles par rapport au plâtre agressif. De plus, l'enduit protège le ciment armé en agissant comme un retardateur de la carbonatation. Les effets de ce phénomène étant ignorés à l'époque, il est improbable que l'enduit ait été conçu à cet effet. Quant à la crasse déposée sur la peinture à l'huile appliquée sur l'enduit, des tests concluants indiquent qu'elle peut être supprimée par un brossage doux à l'eau savonneuse.

¹²⁵⁵ Nous avons été associés à cette campagne de diagnostic (n.a.). Le 17 octobre 2018, Thomas Gaudig nous confie dans un email que « les études sont effectivement titanesques, mais le chantier ne le sera pas, car nous ne traiterons qu'une petite partie à titre expérimental. Donc, pour l'agence, on travaille à perte. »

Au niveau de la sous-face du plancher couvrant la tribune ouest, une zone assez importante de plâtre est tombée, laissant apparente la sous-face de la dalle en ciment armé. Les traces des coffrages indiquent une bonne planéité et une parfaite étanchéité lors du coulage. Toutefois, de fines traces de rouille sont visibles, correspondant au maillage dense des armatures. Il peut s'agir d'un effet corrosif lié à la carbonatation favorisée par un défaut d'adhérence entre le plâtre et le support.



207 Appui de baie en ciment armé.
Armatures dénudées mises en peintures antirouille.
Photo : l'auteur, 2016.

L'examen visuel permet de constater surtout les désordres sur les vitraux. Ils sont généralement déformés et les canaux de recueillement de l'eau de condensation sont dysfonctionnels depuis longtemps, permettant des infiltrations dans l'enduit en plâtre et finalement dans la structure en brique armée. Les vitres sont prévues dès l'origine avec un léger intervalle au niveau de l'appui, pour permettre la ventilation et l'évaporation de l'eau arrivée dans le canal de collecte. Sur les vitraux où ce vide a été supprimé, les désordres sont beaucoup plus avancés que sur les autres. Enfin, la réverbération acoustique est un problème dans l'ensemble des espaces. L'amélioration de cet aspect pourrait constituer un enjeu dans le cadre d'un projet global de mise en valeur.

Des travaux expérimentaux

Trois des façades sont difficilement accessibles à cause de la grande hauteur et de la proximité des constructions voisines. À partir de 2017, la campagne de diagnostic détaillé mené par la même agence d'architecture aborde la façade nord-ouest, où des échafaudages sont installés. À l'intérieur, une nacelle est utilisée pour l'examen visuel. Fin 2020, le marché public de travaux lancé par la Ville de Paris préconise une phase expérimentale de restauration des façades. Un essai de protection cathodique par courant imposé est prévu sur une pile porteuse de la chapelle nord-ouest¹²⁵⁶. Il faut noter la séparation des travaux en cinq lots, dont un dédié à la protection cathodique. La place particulière donnée au traitement électrochimique indique le haut niveau de spécialisation de ce type d'opération, qui se distingue désormais des lots classiques de béton armé.

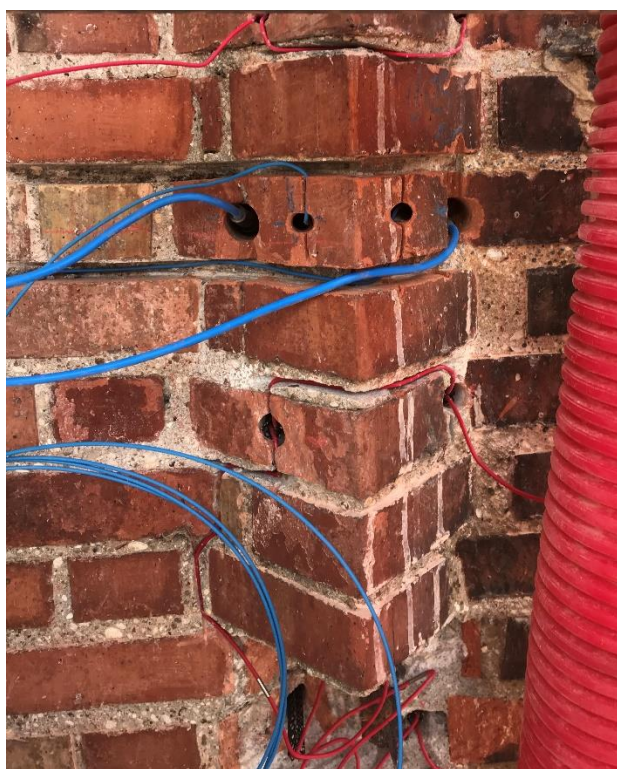
Les travaux expérimentaux sont confiés à la même agence 1090. La protection cathodique par courant imposé est réalisée sur un pilier en brique armée par BTPS Atlantique associée au BE Aster BTP, mais cette technique est jugée a posteriori très intrusive par l'architecte-restaurateur¹²⁵⁷. Un réseau de grande baie en ciment armé (baie 118), doublé déjà dans les années 1930 par du béton armé

¹²⁵⁶ Marché 5782860. Travaux de réalisation d'une phase expérimentale de restauration des façades de l'église Saint-Jean-de-Montmartre 19, rue des Abbesses 75018 Paris en 5 lots séparés. Bulletin officiel des annonces des marchés publics, 7 décembre 2020, N° 21-5908.

¹²⁵⁷ Entretien téléphonique avec l'architecte Perrine Leclerc (agence 1090 architectes), le 25 juillet 2023.

ordinaire en raison de son instabilité due à la trop fine épaisseur, est restitué en BFUP. Cette solution est acceptée par l'inspecteur général des monuments historiques, l'ACMH Régis Martin, qui considère que l'usage d'un matériau nouveau performant est compatible avec l'innovation dont témoigne l'église construite par Anatole de Baudot¹²⁵⁸. Il s'agit d'un remplage assez épais constitué de plusieurs pièces préfabriquées en atelier, dont le montage s'effectue par de grandes platines métalliques vissées dans les ébrasements en brique armée. L'appui de baie est habillé en plomb, dans une démarche d'amélioration de la solution initiale consistant à laisser l'appui en ciment armé apparent.

Il est découvert qu'à l'origine le ciment armé de ce réseau de baie était peint sur la face extérieure en ocre, par conséquent la peinture est restituée. Aussi, certaines briques de façade dégradées sont remplacées une par une « en tiroir », en utilisant de nouvelles briques sur mesure et de plusieurs teintes. Certaines pastilles de grès Bigot détériorées sont également restituées¹²⁵⁹. La suite de ce chantier-test devrait être une campagne globale de restauration, la seule en mesure d'assurer la cohérence et la pérennité du monument. En revanche, le coût d'environ 1.500.000 euros de ces phases préliminaires met un point d'interrogation sur la capacité de la Ville à lancer un chantier beaucoup plus onéreux, dans un contexte de préparation pour les jeux olympiques de 2024.



208 Protection cathodique par courant imposé.
Le procédé implique des interventions destructives afin d'atteindre et traiter les armatures.
Photo : 1090 architectes.



209 Restauration des murs en brique armée.
Après la purge, les nouvelles briques creuses doivent être découpées afin de s'insérer dans le réseau d'armatures.
Photo : 1090 architectes.

¹²⁵⁸ Idem.

¹²⁵⁹ Entretien avec la conservatrice des monuments historiques Marie-Hélène Didier (CRMH Île-de-France), le 7 juillet 2023.

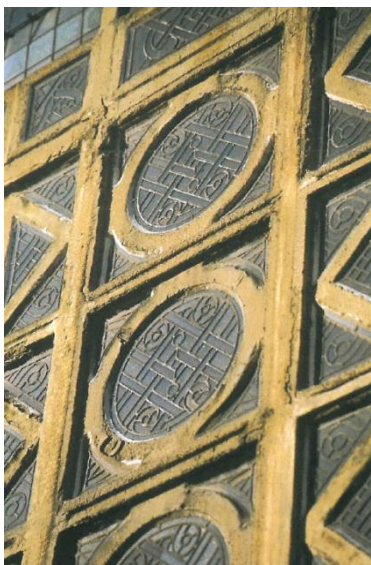


210 Démolition du remplage en ciment armé d'origine, doublé en béton armé banalisé dans les années 1930.
Photo : 1090 architectes.



211 Élément préfabriqué en BFUP du nouveau remplage. Il faut remarquer l'épaisseur supérieure à celle d'origine.
Photo : 1090 architectes.

6.4.2 Une restauration fondatrice. Notre-Dame-de-la-Consolation, Le Raincy



212 Claustras d'origine dégradés.
Début des années 1990.
Patrimoine restauré, N° 2, 1996. DRAC IDF.

Quarante ans après sa construction, l'église du Raincy est déjà dans un état de dégradation inquiétant. Des gonflements de surfaces en béton, éclatements, écaillages, coulures de rouille ou efflorescences blanches comptent parmi les symptômes de cette altération rapide, un réel « cancer du béton ». Ne sachant pas avec certitude comment un édifice en béton armé d'une telle importance pour l'architecture du XX^e siècle peut être restauré, les autorités le classent en 1966 au titre des monuments historiques. Cette protection permet de commander dans la foulée des études inédites, dans une démarche qui illustre que l'innovation initiale d'un bâtiment fait de nouveau appel à l'innovation pour sa restauration. C'est ainsi qu'un nouveau thème de réflexion et de pratiques pour l'école de restauration française est ouvert : le béton armé patrimonialisé. Nous présentons à la fois les premiers et les derniers travaux de restauration, afin de questionner quelques aspects théoriques et pratiques.

La première restauration (1976-1996)

Afin d'identifier et cartographier la qualité des bétons en vue de la restauration, l'ACMH André Donzet (1913-1988) effectue en 1976 une auscultation dynamique par vitesse de propagation du son¹²⁶⁰. Les teneurs en carbonate de calcium, la granulométrie et la densité apparente sont aussi

¹²⁶⁰ MOUTON Benjamin. Restauration de l'église du Raincy. In : *Béton et patrimoine*. Op. Cit., p. 109.

analysées. De même, des essais de résistance physiques et de résines sont effectués. Les voûtes sont examinées entre 1978-1983, afin de s'assurer que les fissures ne sont pas évolutives¹²⁶¹. Un deuxième ACMH, Pierre Bonnard (n. 1924) réalise en 1987 une étude préalable synthétisant les résultats des examens.

La composition du béton apparaît comme défectueuse dès l'origine, par la présence trop importante de chaux¹²⁶² et de sable argileux rendant vulnérable le béton à l'attaque chimique atmosphérique, qui produit des décompositions en écailles ou poudre. Certaines armatures sont déformées ou mal liaisonnées, mais aussi insuffisamment enrobées, ce qui favorise leur corrosion. Les bétons d'origine sont mis en œuvre dans un état trop liquide, créant un phénomène de ségrégation au niveau des reprises de coulage, où des groupements d'agrégats descendus sont constatés. Ces derniers permettent la pénétration d'eau chargée en acide carbonique et sulfurique par les espaces vides, entraînant la dissolution du béton et facilitant la corrosion des fers. En raison de la ségrégation aussi, les parties hautes de chaque reprise de coulage sont dépourvues d'agrégats, ce qui crée des fortes différences de capacité portante et de porosité.



213 La restauration des années 1990. Reconstitution de la zone inférieure de la croix du clocher. Différence de teinte avec le béton d'origine. Photo : Chantiers du Cardinal, GF, 2022.

En raison de l'interdépendance des facteurs et de l'hétérogénéité du matériau béton armé, les possibilités de restauration sont plus limitées que dans un édifice traditionnel. La solution d'un chantier en étapes est retenue, visant principalement à traiter, d'une part, la structure porteuse, d'autre part, les façades en claustras. Sur la première, il est prévu de purger les parties dégradées, avec la mise à nu et passivation des aciers, suivie d'une reconstitution du béton. Sur les claustras, une reconstitution totale à l'identique est décidée. Seule la travée du baptistère situé au nord du clocher est en état d'être conservée.

Comme principe technique, le béton de reprise est dosé à 400 kg ciment Lafarge CPJ 32,5R, 800 kg de gravillons roulés 5/15 mm, 400 kg sable de 0,6 mm, 400 litres d'eau avec l'ajout d'une résine Acroplast 93 ou Sikalatex diluée à 20%¹²⁶³. Les armatures neuves sont en acier inoxydable et les façades en claustras reçoivent des joints verticaux de dilatation au niveau des raidisseurs de chaque travée, inexistantes à l'origine. Pourtant, l'insertion mimétique semble impossible en raison des différences de couleur et de coffrages. Ainsi, il devient évident que la seule possibilité est de rendre lisible l'intervention.

¹²⁶¹ MINISTÈRE DE LA CULTURE. Seine-Saint-Denis. Restauration de l'église Notre-Dame du Raincy. Série *Patrimoine restauré. Île-de-France*. N° 2, septembre 1996, p. 5.

¹²⁶² SAGOT François. Restauration de la « Sainte chapelle du béton armé ». In : *Le Moniteur*, 10 mars 2000.

¹²⁶³ MOUTON Benjamin. Restauration de l'église du Raincy. Art. Cit., p. 110.

André Donzet intervient sur la travée sud du chevet. Bonnard réalise la restauration de la couverture en utilisant un élastomère bicouche sur isolation thermique entre 1988-1989. Ce chantier permet d'observer que les voûtes sont en bon état, les fissurations étant provoquées par les grandes différences de température entre les deux peaux (amplitude maximum 15°C intérieur - 50° extérieur). À cette occasion, ces brèches sont remplies de résine époxy.

Un troisième ACMH, Jacques Lavedan (1934-1994), conduit les travaux sur le clocher et la façade sud à partir de 1991. Benjamin Mouton lui succède en 1996. Il constate que la façade longitudinale sud est dans un état de dégradation différent de celle nord, car au lieu d'une décomposition du béton, presque tous les claustras sont fissurés verticalement et se disloquent lors de la dépose des vitraux.



214 Pose de nouveaux claustras.
Patrimoine restauré, N° 2, 1996. DRAC IDF.

Afin de s'approcher de l'aspect initial, l'architecte décide de recréer les défauts de l'exécution initiale, en provoquant artificiellement la ségrégation du béton, des coulures de laitance par le desserrement des coffrages, des claustras irréguliers, des joints beurrés ou tirés au fer de manière à conserver l'image donnée par la réalisation originelle à plusieurs mains. Des moules en métal sont fabriqués pour refaire les claustras à pied d'œuvre en utilisant un béton de résine armé d'acier inoxydable¹²⁶⁴. Quelques remplissages en parpaings au niveau de la façade sur rue sont remplacés par un enduit de substitution portant des joints incisés, parce que l'intégration des greffes ne satisfait pas le maître d'œuvre. La même solution de substitution factice est adoptée sur la façade nord du niveau bas, pour lequel les murs sont réalisés à l'origine en parpaings grossiers de béton.

Le restaurateur se questionne si ces façades traitées aussi brutalement n'étaient pas destinées à être enduites, mais il décide prudemment de faire simplement réaliser de faux parpaings différents. Si la matière est facile à reproduire, il s'avère plus difficile de recréer les gestes des ouvriers inexpérimentés des années 1920.

La deuxième restauration (2022-2023)

À la fin des années 2010, les désordres ressurgissent notamment au niveau du clocher. Les reprises effectuées dans les campagnes précédentes de restauration sont plus grises que les bétons d'origine, mais elles sont bien adhérentes et ne créent pas d'autres désordres. Une nouvelle campagne de travaux est préparée avec l'aide de la Mission Bern, de la Fondation du Patrimoine¹²⁶⁵ et des Chantiers

¹²⁶⁴ ABRAM Joseph. Restitutions méticuleuses, agrandissements désastreux. Le traitement contemporain du patrimoine Perret. In : *Faces*, N° 42/43, 1997-1998, p. 20.

¹²⁶⁵ Appel à dons pour le projet de restauration de Notre-Dame du Raincy. Site de la Fondation du patrimoine. URL : <https://www.fondation-patrimoine.org/les-projets/eglise-notre-dame-de-la-consolation-du-raincy-en-seine-saint-denis> (Consulté le 10 août 2023).

du Cardinal¹²⁶⁶. Les architectes Lacoste et Thieulin, associés à Bernard Bauchet (architecte du patrimoine spécialisé dans le béton)¹²⁶⁷, sont en charge de ce nouveau chantier de restauration. Une condition posée par la CRMH est de conserver les reprises précédentes. L'échafaudage est monté en mars 2022 pour des travaux étalés sur plusieurs mois, visant à régler les désordres d'infiltrations d'eau qui corrodent les aciers et font éclater le béton.

Dans un premier temps, les bétons sont nettoyés à haute pression par un mélange sable-eau, pour passer ensuite à la reprise ponctuelle avec du béton neuf, dont la formulation est issue d'essais¹²⁶⁸. Les parties dégradées sont identifiées visuellement ou acoustiquement, en faisant « sonner » le béton à l'aide de la manche d'un marteau. Des coffrages réglables sont réalisés afin de s'adapter aux cannelures des colonnes¹²⁶⁹. Ils sont fixés par des sangles et laissés en place deux ou trois jours après le coulage du nouveau béton. Afin de s'approcher de l'aspect d'origine et faire ressortir les gravillons, le béton est sablé. Plusieurs essais de teinte sont aussi réalisés. En outre, une amélioration est réservée aux parties sommitales des colonnes, afin de mieux les protéger contre les infiltrations, par la mise en place d'une étanchéité collée multicouche. Le premier chantier de restauration avait effectivement reconstitué ces zones en béton sans étanchéité supplémentaire, comme c'était le cas à l'origine.

Par ailleurs, les planchers intermédiaires posés après la construction initiale sont remplacés par du métal, car malgré leur manque d'authenticité, ils présentent un caractère pratique. Enfin, il est prévu de remplacer tout le mastic posé lors de la précédente restauration autour des vitraux sur la façade sud de l'église. Sa dégradation vient de la pose des vitraux au nu extérieur des claustras, très exposé aux intempéries.



215 Chantier de restauration 2022-2023.
Purge des fers sur une colonne du clocher.
Échantillons de teinte.
Photo : Chantiers du Cardinal, GF, 2022.

¹²⁶⁶ Restaurer le clocher de Notre-Dame du Raincy (93). Site des Chantiers du Cardinal. URL : <https://www.chantiersducatholic.fr/projet/restaurer-le-clocher-de-notre-dame-du-raincy-93> (Consulté le 10 août 2023).

¹²⁶⁷ Une dégradation progressive et irréversible. Site de la paroisse Notre-Dame du Raincy. URL : <https://www.notredameduraincy.fr/la-restauration/> (Consulté le 10 août 2023).

¹²⁶⁸ Un échafaudage enserre le clocher de Notre-Dame du Raincy (93). Site des Chantiers du Cardinal. URL : <https://www.chantiersducatholic.fr/actualites/un-echafaudage-enserre-le-clocher-de-notre-dame-du-raincy-93.html> (Consulté le 10 août 2023).

¹²⁶⁹ Entretien de Wandrille Thieulin. Notre Dame du Raincy : « C'est émouvant de comprendre la conception d'Auguste Perret ». Site des Chantiers du Cardinal. URL : https://www.chantiersducatholic.fr/actualites/notre-dame-du-raincy-perret.html?utm_medium=email&utm_campaign=2022%2010%20NL%20132%20Novembre&utm_content=2022%2010%20NL%20132%20Novembre+CID_e6a1148e4ebf72f27b99e81a7366972d&utm_source=Campagnes%20Email&utm_term=En%20avoir%20plus (Consulté le 10 août 2023).

Considérations sur les restaurations successives

Le chantier de construction de l'église du Raincy ne prend que treize mois entre 1922-1923. Or, cinq campagnes de travaux sur une dizaine d'années entre 1987-1996 sont nécessaires pour sa restauration, sans compter la décennie précédente consacrée aux études. Plus récemment, la campagne expresse de travaux sur le clocher ne dure qu'un an entre 2022-2023, mais sa préparation prend quatre ans.

Le financement des premiers travaux est partagé entre l'État - 50%, la Région - 30%, le Département - 10%, la Ville - 5%, l'association propriétaire - 5%. Ce chantier innovant n'assure que la conservation temporaire de l'édifice, puisque les dégradations continuent leur développement un quart de siècle plus tard, principalement sur le clocher. La construction de l'église a coûté 600.000 francs¹²⁷⁰, l'équivalent actuel d'environ 560.000 euros¹²⁷¹.

La restauration du clocher est estimée en 2019 à 1.500.000 d'euros¹²⁷², mais finalement les travaux s'élèvent à 1.317.000 euros, supportés par l'État via la DRAC, la Région Île-de-France, le Département de Seine-Saint-Denis et la Ville du Raincy. La contribution des Chantiers du Cardinal s'élève à 100.000 euros. La Fondation du Patrimoine mobilise 286.000 euros, alors que l'association diocésaine contribue avec des fonds propres dont le montant n'est pas consultable.

D'un point de vue doctrinaire, les maîtres d'œuvre restaurateurs adoptent la méthodologie classique : substitution à l'identique, recréation de la patine et intégration mimétique. La lisibilité de l'intervention est possible temporairement, jusqu'à ce que le temps laisse ses traces sur la matière, selon une des pratiques traditionnelles de l'école française de restauration. Sur la question de l'authenticité, la comparaison entre la pierre et le béton est pertinente, car la première peut être retrouvée dans les carrières d'origine, alors que le dernier est fabriqué avec une formule et des gestes reproductibles uniquement de manière approximative. Au palais d'Iéna, les bétons de réparation sont composés de granulats similaires à ceux d'origine, mais avec des ciments résistants aux sulfates et un travail de bouchardage suivi d'un badigeonnage général d'uniformisation¹²⁷³. Les imperfections de l'église du Raincy sont la marque même de son caractère exceptionnel, car elles témoignent d'un prototype malade dès sa création, malgré la croyance, générale à l'époque, selon laquelle le béton armé serait éternel. Tous les travaux effectués jusqu'à ce jour illustrent un traitement palliatif parfois radical, en attente d'une évolution technologique autorisant la conservation de la matière authentique. Enfin, l'église du Raincy marque deux points d'inflexion, l'un, pour l'histoire de l'architecture religieuse en 1922, l'autre, pour l'histoire de la restauration dans les années 1980. Ce dernier crée l'ouverture d'un nouveau champ dans le domaine de la restauration qui, désormais, commence à esquisser une approche spécifique pour le patrimoine en béton armé et en béton apparent.

¹²⁷⁰ Explication des planches IX à XIII. In : *L'Architecte*, N° 2, 1924, p. 15. Le dépassement du budget annoncé initialement est en partie assumé par les frères Perret : LE BAS Antoine. Notre-Dame du Raincy. Art. Cit.

¹²⁷¹ Convertisseur INSEE, URL cité.

¹²⁷² PAULET Félix. Le Raincy : la mission Stéphane Bern au secours de l'église en béton. In : *Le Parisien*, 11 juin 2019. URL : <http://www.leparisien.fr/seine-saint-denis-93/le-raincy-la-mission-stephane-bern-au-secours-de-l-eglise-en-beton-11-06-2019-8091093.php> (Consulté le 10 août 2023).

¹²⁷³ MARIE-VICTOIRE Élisabeth, BOUICHOU Myriam. Le Palais d'Iéna. Art. Cit., p. 66.

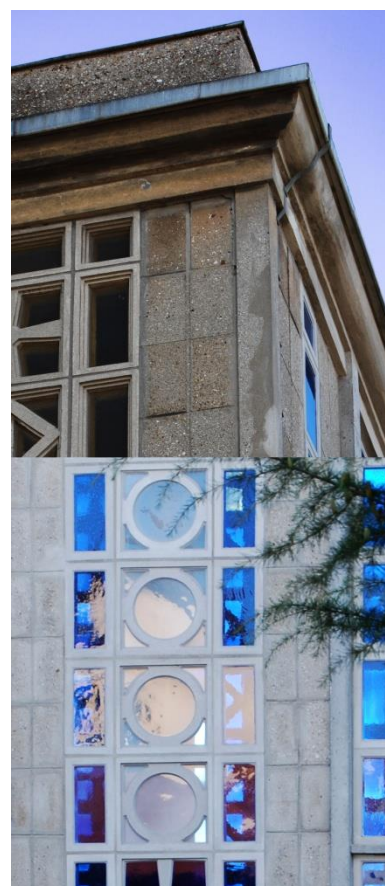
6.4.3 Une restauration en quatre étapes. Sainte-Thérèse, Montmagny

Sur cet édifice, les premiers désordres apparaissent dans les années 1960, au niveau de l'étanchéité des couvertures et des claustras, qui présentent déjà des déformations, des éclats de matière et des armatures apparentes et corrodées. Certaines réparations ponctuelles sont réalisées, par la purge des bétons, le broissage des armatures et la mise en place de mortiers de béton ordinaire. C'est à cette époque qu'une étanchéité bitumineuse est posée sur la couverture d'origine en mortier de ciment. En même temps, les claustras dégradés de la nef sont déposés et reconstitués selon un dessin identique. Au cours des années 1980 ce sont les claustras du clocher qui doivent être remplacés.

L'intérieur, le mobilier et le second-œuvre sont fortement dénaturés après le Concile Vatican II. Le décor peint commandé par Auguste Perret à Valentin Reyre sur le mur de l'autel est couvert en partie d'un badigeon, les autels latéraux disparaissent, des motifs rappelant les claustras au niveau des bas-côtés sont supprimés¹²⁷⁴.

Suivant la protection au titre des monuments historiques, l'ACMH Pierre-André Lablaude est chargé par la DRAC Île-de-France d'établir un diagnostic global de cet édifice propriété de la commune¹²⁷⁵. Il constate en 2004 que les désordres sont répétitifs sur l'ensemble du monument, en principal à cause de l'usage d'un seul matériau et d'une méthode de mise en œuvre uniforme. Le béton est éclaté par endroit, notamment au niveau des arêtes, mais aussi en sous-face de l'auvent. Une ondulation d'environ 30 cm affecte la façade nord-ouest et les claustras présentent des déformations. À l'origine de ces pathologies se situent une mauvaise qualité du béton d'origine et l'enrobage insuffisant des aciers. La carbonatation est déjà favorisée au début par une porosité initiale élevée, mais elle s'accélère dans le temps par la forte exposition des façades. Sous ces actions concertées, le milieu initialement basique dans lequel se trouvent les fers devient plus acide et déclenche la corrosion, qui génère l'éclat du béton.

Quatre tranches de restauration sont prévues, à commencer par la mise en sécurité du clocher. Lors de la deuxième phase, les parties de béton armé dégradées sont purgées et reconstituées, tandis que l'étanchéité et le système de collecte et d'évacuation des eaux de pluie sont refaits. Une analyse en laboratoire sur la composition et



216 Reconstitution du béton à l'angle nord-est. Claustras restitués en façade nord.
Photo : l'auteur, 2013.

¹²⁷⁴ MONFORT Marie. Sens et unité de l'espace culturel. Conférence. *Valeurs et complexité des édifices culturels. Convertir pour préserver ?* Journée d'études. Paris : Cité de l'architecture et du patrimoine, 2 avril 2019.

¹²⁷⁵ Dossier d'état sanitaire établi par Pierre-André Lablaude, 2004. DRAC Île-de-France, service de la Conservation régionale des monuments historiques.

la granulométrie du béton d'origine permet de reproduire, au plus près, un béton d'enrobage appliqué localement sur les zones purgées. Pour traiter le béton carbonaté, une réalcalinisation électrochimique est réalisée. Lors de la troisième phase, il est prévu de traiter les autres façades de l'édifice selon l'expérience acquise pendant les étapes précédentes et selon les mêmes méthodes. Les claustras sont reconstitués à l'identique avec une amélioration de l'étanchéité béton-verre. Pour la dernière tranche de travaux, il est prévu d'effectuer la mise aux normes d'accessibilité et de sécurité du monument. Sans entrer dans des débats doctrinaux, Lablaude applique une méthode d'intégration mimétique des travaux de restauration, d'une part, en limitant l'emprise des reconstitutions, d'autre part, en s'approchant au maximum des bétons d'origine, y compris par l'usage de patines de lait de ciment en fin de chantier pour uniformiser l'aspect des surfaces.

6.4.4 Diagnostic global, restauration limitée. Sainte-Agnès, Maisons-Alfort



217 Clocher de l'église Sainte-Agnès restauré au début des années 2000. État en 2017.
Photo : l'auteur.

Dans l'étude préalable à la restauration des parements extérieurs¹²⁷⁶, l'ACMH Christine Schmuckle Mollard constate en 2001 de nombreux désordres, alors que l'intérieur est dans un état sanitaire satisfaisant. Comme sur Sainte-Thérèse de Montmagny, la partie haute du clocher est la plus affectée à cause de son exposition aux intempéries. Les pathologies sont des « altérations classiques du béton ou ciment par oxydation des fers »¹²⁷⁷. Une combinaison de plusieurs facteurs est responsable des dégradations, entre l'infiltration d'eaux pluviales, les effets de la carbonatation du béton armé et des défauts typiques de construction, notamment l'enrobage insuffisant des armatures. Pourtant, l'examen du LERM montre que le front de carbonatation n'atteint pas globalement les armatures. Son test à la phénolphthaléine met en évidence des profondeurs de carbonatation de 5 à 30 mm sur les mortiers qui couvrent la structure et sur le béton de la dalle étudiée.

Les piles de la flèche sont plus gravement atteintes, avec des fissures verticales montrant un état avancé de corrosion. Sur la terrasse haute et la coursoive basse, l'infiltration de l'eau entraîne la migration des sels et favorise la corrosion. Le béton présente donc des éclats sur les acrotères, balustrades et pilier du clocher haut. En plus, le parement en comblanchien présente des défauts de fixation, provoquant des chutes de matériau et une fissuration qui accompagne le même phénomène apparu dans la structure porteuse en béton armé. Les joints qui séparent les plaques de parement sont dégarnis au niveau du porche et

¹²⁷⁶ SCHMUCKLE MOLLARD Christine. Église Sainte-Agnès, étude préalable à la restauration des parements extérieurs, mai 2001. ACC, fonds Sainte-Agnès d'Alfortville.

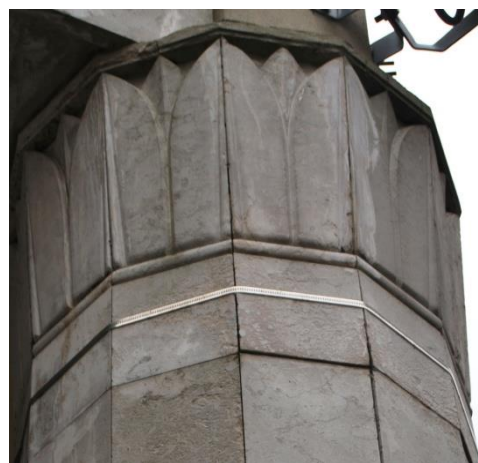
¹²⁷⁷ Idem. Rapport de présentation, p. 1.

de la flèche, parce que la métalline employée à l'origine est devenue cassante. Selon le diagnostic, 7,5% de la totalité des plaques de comblanchien sur la flèche du clocher sont à remplacer.

Des salissures noires et des recouvrements biologiques sont relevés sur les parties inférieures des façades. Au niveau supérieur, des éclats de béton sont présents surtout sur les corniches, où les armatures sont dénudées, mais aussi sur les abat-sons. L'ACMH ne peut pas estimer l'état sanitaire des vitraux, protégés depuis 1977 par des plaques translucides en PVC posées en extérieur¹²⁷⁸. Une campagne de travaux de restauration limitée au clocher est menée par la suite.

Vingt ans plus tard, les désordres liés au parement en comblanchien fixé sur pattes de cuivre s'aggravent au niveau inférieur de la façade sur rue. Les deux piles sont cerclées provisoirement d'anneaux métalliques pour empêcher la chute du parement en attente de travaux.

En 2021, l'église est retenue dans le cadre de la deuxième édition de la campagne « Sauvons nos monuments », organisée par la Région Île-de-France, le journal *Le Parisien* et la plateforme en-ligne de financement participatif *Dartagnans*¹²⁷⁹. La première édition avait sélectionné l'église Saint-Louis de Vincennes. Pour Sainte-Agnès, les travaux de restauration estimés à 300.000 euros concernent les habillages en comblanchien des piliers du porche qui nécessitent de nouvelles accroches, l'étanchéité des terrasses, la porte monumentale d'entrée, les ferronneries extérieures, ainsi que certaines peintures murales et vitraux. Pour chacune de ces deux églises classées, le site *Dartagnans* collecte environ 5.000 euros¹²⁸⁰.



218 Mise en sécurité du parement sur une colonne du porche par cerclage métallique.
Photo : l'auteur, 2017.

6.4.5 La restauration de Saint-Jacques-le-Majeur, Montrouge

L'un des problèmes principaux de cet édifice est le sol pollué qui affecte les fondations en béton armé par une attaque sulfatique externe. Avant la construction de l'église, la « Société parisienne de distillation de produits chimiques et aromatiques » était installée sur ce site qu'elle a contaminé avec des substances destructrices pour le béton. L'analyse des prélèvements effectués à plusieurs endroits différents montre une teneur élevée en sulfates. Ces derniers migrent par la porosité du béton et entrent en réaction avec la portlandite en créant un gypse secondaire, qui à son tour, en contact avec l'aluminate de calcium contenu dans le ciment, produit de l'ettringite expansive. L'expansion se manifeste par une fissuration et un éclatement du béton, facilitant la pénétration des agents agressifs

¹²⁷⁸ Ces dispositifs étaient encore en place en 2017, lors de notre visite.

¹²⁷⁹ Maisons-Alfort : la collecte commence pour la rénovation de l'église Sainte-Agnès. In : *Le Moniteur*, 29 novembre 2021.

¹²⁸⁰ Selon les données publiées sur le site *Dartagnans*. URL : <https://dartagnans.fr/fr/projects/sauvons-l-eglise-saint-louis-de-vincennes/campaign> (Consulté le 10 août 2023).

vers les aciers¹²⁸¹. Les images du chantier illustrent cette pathologie par un béton effrité et décomposé par endroit, des armatures corrodées et des dépôts de sels en surface.



219 Reconstitutions palliatives inefficaces. Vue de la façade sud avant les travaux de restauration.
Photo : P.-A. Gatier.

Les photographies prises avant la restauration de l'église indiquent des reprises palliatives conséquentes en mortier de ciment au niveau des arêtes des piles, notamment sur la façade sud¹²⁸². Leur rôle est d'arrêter la corrosion des armatures mises à nu et de reconstituer la matière après l'éclat du béton. En revanche, le matériau de réparation est d'une couleur différente de celle du béton d'origine et témoigne clairement de son inefficacité, puisque la corrosion des armatures continue derrière et s'étend sur d'autres zones de la structure. En effet, l'analyse physico-chimique effectuée pour préparer les travaux de restauration met en évidence une profondeur de carbonatation d'environ 2 à 3 cm, suffisants pour exposer les aciers et engendrer leur corrosion. Un système de monitoring SITES est mis en place pour observer le tassement et les déformations de la structure.

Les travaux de restauration sont programmés en trois étapes sur trois ans¹²⁸³. En avril 2013, le chantier est lancé par le maître d'œuvre, l'ACMH Pierre-Antoine Gatier et la Ville maître de l'ouvrage, avec une première phase qui porte sur le renforcement de l'infrastructure du bâtiment, très abîmée par les sulfates présents dans le sol. Une galerie technique existe déjà pour permettre l'accès, mais le terrain est creusé tout autour des poteaux. Le sol déblayé est évacué sous forme de déchet spécial.

Une centaine de poteaux du sous-sol sont réparés, lors de la première étape de travaux, par l'entreprise Novbéton. Les sections d'armatures trop corrodées sont remplacées, après une purge des enrobages constitués de béton pollué. Un mortier anticorrosion est appliqué sur les armatures restées apparentes, tandis que le béton dégradé est réparé avec un mortier fibré à haute résistance aux chlorures et aux sulfates¹²⁸⁴. Les piliers très affectés reçoivent un chemisage réalisé à l'aide d'un mortier de scellement et de calage à haute performance. Enfin, une protection cathodique à courant imposé (treillis titane) est mise en place sur les piliers.

La deuxième tranche de travaux porte sur les façades, les couvertures de la nef et l'étanchéité des toitures terrasses, la restauration des infrastructures extérieures et la mise en valeur des façades par un

¹²⁸¹ RISSEL KHELIFA Mohammed. *Effet de l'attaque sulfatique externe sur la durabilité des bétons autoplaçants*. Thèse de doctorat en génie civil. Université d'Orléans, 2009, pp. 37-38.

¹²⁸² GATIER Pierre-Antoine. L'église Saint-Jacques-le-Majeur, Montrouge. Conf. Cit.

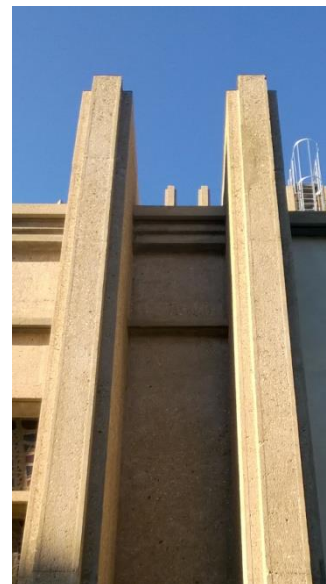
¹²⁸³ GATIER Pierre-Antoine. DE REVIERS Henry. Restauration de l'église Saint-Jacques le Majeur à Montrouge. Colloque Restaurer les bétons : la masse et l'épiderme. ICOMOS France. Grenoble, 23-24 novembre 2017. In : *Cahier ICOMOS France*, N° 29, 2018, p. 142.

¹²⁸⁴ MAPEI. Église Saint-Jacques-le-Majeur à Montrouge – une rénovation en profondeur. In : *Mapei & Vous*, N° 44, 2016, pp. 20-22.

éclairage nocturne. Les bétons carbonatés sont purgés, tout comme les reprises antérieures, très visibles en raison de leur teinte et posant des problèmes d'adhérence au substrat. Un gel inhibiteur de corrosion est posé sur les bétons et sur les armatures nettoyées avant de reconstituer la matière¹²⁸⁵. Dans un troisième temps, les travaux se concentrent sur l'intérieur, avec un aménagement de l'avancée du chœur qui voit disparaître sa courbure et ses marches centrales en faveur d'une disposition droite plus simple avec des marches sur toute sa largeur.

À la même occasion, il est prévu de créer un escalier et des annexes. Pour le confort, un système de chauffage mixte est mis en place. Ce dernier est constitué à 70% d'un soufflage au niveau du sol, avec la reprise au niveau supérieur des bas-côtés, brassage et récupération d'air dans les combles. Pour le reste des 30%, un chauffage rayonnant au sol est installé dans l'église.

Afin d'uniformiser les teintes des bétons anciens et neufs, l'architecte choisit la technique de l'hydrogommage. Elle consiste à projeter à basse pression sur les façades un mélange d'air, eau et microgranulats, neutre du point de vue chimique. L'ingénieur Henry de Reviers explique la démarche : « Non seulement il nous a fallu mettre au point le dosage ciments-granulats-pigments le plus approprié, mais aussi faire en sorte que les reprises se fondent le mieux possible dans le parement d'origine. Nous les avons vieillies artificiellement par la technique du gommage, avec, par endroits, une restitution des décors bouchardés »¹²⁸⁶.



220 Façade sud. Vue de détail après les travaux de restauration
Photo : l'auteur, 2018.

6.4.6 La restauration de Saint-Chrysole, Comines

L'ossature en béton armé de Saint-Chrysole présente des désordres sur 80% de sa surface avant les travaux de restauration en cinq phases, menés par l'ACMH Vincent Brunelle¹²⁸⁷ de 2011 à 2017. Ce chantier dispose d'un budget d'environ 6.733.000 euros, financé à hauteur de 44% par l'État. En dehors des pathologies liées aux infiltrations d'eau pluviale au niveau des couvertures, les éclatements de surface avec mise à nu des armatures, les taches de rouilles indiquant la corrosion des aciers, ainsi que les nombreuses fissures mettent en évidence une carbonatation en profondeur du béton¹²⁸⁸.

Deux traitements sont retenus sur la base du diagnostic. D'une part, le béton est réalcalinisé par traitement électrochimique afin d'augmenter son pH, d'autre part des inhibiteurs de corrosion sont

¹²⁸⁵ Restauration de l'église Saint-Jacques Le Majeur à Montrouge. Site de Novbéton. URL : <https://novbeton.fr/fr/restauration-de-leglise-saint-jacques-le-majeur-montrouge> (Consulté le 10 août 2023).

¹²⁸⁶ Cf. GESLIN Félicie. Restauration. Comment nettoyer les bétons anciens. In : *Les Cahiers techniques du bâtiment*, N° 339, février 2015, p. 25.

¹²⁸⁷ BRUNELLE Vincent. Nord, Comines. Église Saint-Chrysole. Étude préalable à la restauration. DRAC Nord-Pas-de-Calais, 2005.

¹²⁸⁸ DETOURNAY Alain (dir.). *Restauration de l'église Saint-Chrysole, juillet 2011-octobre 2017*. Ville de Comines, 2017, p. 23.

posés pour protéger les armatures. Ces travaux sont réalisés par l'entreprise spécialisée Novbéton, fondée en 2008 par Lefèvre et Renofors, qui intervient également sur Saint-Jacques le Majeur de Montrouge.



221 SaintChrysole, Comines.
Travaux de restauration en cours sur le dôme principal.
Photo : M. Sence, 2014.

Le béton armé est considéré à l'époque de la construction comme assez étanche pour ne pas nécessiter un revêtement imperméable. De la même manière qu'à Saint-Jean-de-Montmartre par exemple, une étanchéité bitumineuse est posée quelques décennies plus tard sur les couvertures en béton brut, mais sans assurer une protection durable. Les infiltrations d'eau dégradent la structure de l'église de Comines, entraînant la corrosion des aciers et la migration des sels vers les surfaces intérieures, ayant pour effet des chutes de matériau avec le dénudement des armatures, des taches d'humidité et des dépôts cristallisés blanchâtres. La solution de restauration consiste en une étanchéité multicouche en résine polyuréthane sur l'ensemble des toits plats, mais aussi sous les carreaux de faïence qui recouvrent les dômes.

À l'origine, ces dômes disposent d'une structure en béton armé sur laquelle le revêtement est simplement collé, sans aucune couche d'étanchéité. Or, la résine polyuréthane représente une amélioration nécessitant la dépose de tous les carreaux, qui ne peut pas se faire sans la destruction de ceux-ci. Affectés aussi par des pathologies spécifiques, ces éléments sont donc refaits à l'identique.

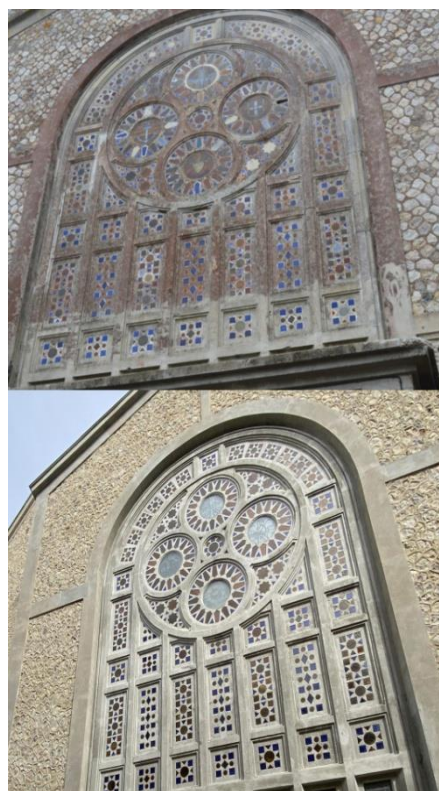
Les réseaux géométriques en béton armé des grandes baies présentent, avant les travaux, les pathologies spécifiques des claustras de Perret. Leur faible épaisseur d'origine implique un enrobage insuffisant des aciers qui, sous l'effet de la carbonatation et des infiltrations d'eau dues à l'exposition directe aux intempéries, provoque la corrosion des armatures et l'éclatement du béton. De même, la dilatation du béton armé liée aux changements de température engendre la déformation des vitraux. L'architecte décide de remplacer ces éléments de grandes dimensions par des pièces identiques en termes de dessin, mais réalisées en béton fibré préfabriqué. Ces nouveaux réseaux sont posés à la grue pour accueillir les vitraux restaurés.

Ce qui doit être noté aussi c'est la restitution en béton fibré de la chaire originellement en béton armé dessinée par Dom Bellot, déposée après la réforme liturgique décidée lors du Concile Vatican II. Un retour aux dispositions d'origine est effectué également sur l'autel. Ce dernier avait été déplacé vers l'intérieur de la nef au début des années 1970 et a été entouré de marches sur trois côtés afin de créer une centralité. Après la restauration, l'autel retrouve sa position initiale reculée dans l'abside.

En 2022, un morceau de béton tombé dans la nef provoque la fermeture de l'église pendant quelques mois. Une intervention en nacelle permet de purger les parties de béton ancien responsables de l'incident, car affectées par des infiltrations d'eau¹²⁸⁹. Ceci montre les inconvénients d'une restauration partielle et l'importance de la surveillance sanitaire dans le cadre de l'entretien.

6.4.7 Études et interventions multiples. Saint-Julien, Domfront en Poirais

Cet édifice présente des faiblesses structurelles précoces au niveau du clocher, à cause de l'enrobage insuffisant des armatures et de la mauvaise qualité du béton d'origine. Dès 1928, des infiltrations d'eau à la base du clocher et des fissures sur les absidioles sont constatées. En 1934, l'architecte Albert Guilbert est obligé d'intervenir pour réparer son œuvre, mais les mesures ne sont que palliatives. À cause des infiltrations, le processus de corrosion fait éclater le béton, notamment au niveau des poutres et planchers du clocher. Dans les années 1970 et 1980, l'église atteint un état critique qui fait accélérer sa protection au titre des monuments historiques. Après des travaux d'entretien supervisés par l'ABF, l'ACMH Jean-François Lagneau¹²⁹⁰ est chargé d'une étude de restauration en 1997, mais elle reste sans suite. Pour évaluer les désordres du béton, il bénéficie de l'appui du Centre d'expertise du bâtiment et des travaux publics (CEBTP), qui réalise un relevé des armatures par potentiel électrochimique. L'étude conclut que la profondeur de carbonatation est de 38 mm en moyenne et a atteint l'enrobage des aciers d'environ 31 mm sur les parties en béton apparent. Des zones où un phénomène de ségrégation du béton s'est produit sont également constatées.



222 La grande baie à réseau en béton armé en façade nord. Vues avant et après les travaux de restauration de 2021.

Photo : Lympia (haut), Ville de Domfront (bas).

Dix ans plus tard, à la demande de l'ACMH Christophe Amiot, le cabinet UBC Ingénierie conclut que la structure d'origine est correctement dimensionnée, mais que les dégradations au niveau de la reprise de charges du clocher sur les arcs mettent en danger la stabilité de l'édifice. Une nouvelle expertise sur le béton et le ferrailage des arcs met en évidence le sous-dimensionnement de ces éléments à l'effort tranchant. À ce stade, la carbonatation est très peu supérieure à celle relevée auparavant¹²⁹¹. Des espaces creux sont aussi présents dans le béton en raison d'un mauvais coulage, réalisé certainement sans vibration.

¹²⁸⁹ F. St. Comines : sécurisée, l'église Saint-Chrysole vient de rouvrir. In : *La Voix du Nord*, 22 septembre 2022.

¹²⁹⁰ COMPAGNIE des ACMH. Fiche biographique Jean-François Lagneau. URL : <https://www.compagnie-acmh.fr/lagneau/> (Consulté le 10 août 2023).

¹²⁹¹ AMIOT Christophe. Programme d'opération- église Saint-Julien de Domfront (61). Le Maignanne, 3 décembre 2007. DRAC Normandie.

Les travaux prévus¹²⁹² portent sur plusieurs corps d'état en raison de l'aspect hétérogène du clocher (béton, bois, brique, plomb etc.). Afin de renforcer la structure, il est préconisé de poser deux tiges filetées traversantes inclinées M30 scellées à la résine époxy et six joncs en fibre de carbone post-contraints de diamètre 20 mm au niveau de chaque jonction arc-poteau. En raison de la présence de granulats alcali-réactifs, la réalcalinisation n'est pas retenue pour le traitement des bétons. Ces derniers sont traités avec des inhibiteurs de corrosion de type MFP, après purge des armatures et compléments dans les parties insuffisamment armées. L'application s'effectue sur huit jours, par un pré-mouillage de solution diluée à 10%, suivie par la mise en place de gel dosé à 20% inhibiteur.

Après les travaux de mise en place des échafaudages à l'extérieur et à l'intérieur, la purge des bétons armés est effectuée par sablage et brosse métallique. Un BFUHP type Ductal est utilisé en remplacement partiel du vieux béton ou de la brique recouverte d'enduit. Les fibres organiques et les adjuvants de ce béton permettent une résistance accrue et retardent les fissures. Les claires-voies moulées sont également restituées en béton fibré et béton à fibres de verre (CVV) teinté dans la masse¹²⁹³. Ce dernier est riche en ciment et adapté aux produits légers grâce à la pseudo-ductilité apportée par les fibres de verre en proportion de 3% à 6%¹²⁹⁴. La campagne de travaux est réalisée sous la direction de Christophe Amiot entre 2011-2013. L'État assure 45% du coût des travaux de 1.610.000 euros¹²⁹⁵.

En 2021, démarre une autre phase de deux ans du chantier de restauration, concentrée sur les façades, les charpentes, les couvertures et les vitraux¹²⁹⁶. La maîtrise d'œuvre est assurée, cette fois, par l'agence Lympia, dirigée par l'ACMH honoraire Daniel Lefèvre. Au niveau des façades, les joints entre les moellons sont refaits, alors que les bétons dégradés sont purgés et reconstitués après la pose d'un inhibiteur de corrosion. Cette fois, le montant des travaux s'élève à 2.300.000 euros. Ce chantier ne marque pas la fin de la restauration globale qui devra continuer avec le narthex¹²⁹⁷.

6.4.8 Reconstruction à l'identique. Notre-Dame, Rocquigny

Jean-Louis Sourdeau (1889-1976), ancien élève de Victor Laloux¹²⁹⁸, dessine l'église Notre-Dame à Rocquigny (Pas-de-Calais) dans le cadre d'un concours en 1924. Le plan est de type centré, avec une nef octogonale inscrite dans un rectangle dont les coins se transforment en chapelles près du chœur carré. À l'opposé, l'entrée (secondaire) placée dans l'axe est flanquée d'une part par le baptistère, de l'autre par la tour porche, tournée à 45° pour dynamiser la composition. Un collatéral unique sur la

¹²⁹² AMIOT Christophe. Projet architectural et technique (PAT) Saint-Julien de Domfront, août 2009. DRAC Normandie.

¹²⁹³ Église de Domfront - Coupe sur clocher, état projeté (PAT). Christophe Amiot ACMH, juillet 2009. DRAC Normandie.

¹²⁹⁴ Cahier des clauses techniques particulières (CCTP). Lot N° 1 -Échafaudage -maçonnerie- traitement des bétons. Église Saint-Julien, restauration du clocher. Ville de Domfront/Christophe Amiot ACMH. DRAC Normandie.

¹²⁹⁵ ASSOCIATION « Les amis de l'église Saint-Julien de Domfront ». URL : https://jamfl.pagesperso-orange.fr/asj/2_eglise/2_4_travaux/presentation_travaux.htm (Consulté le 10 août 2023).

¹²⁹⁶ Présentation des travaux. Site de la Ville. URL : <https://www.ville-domfront.fr/eglise-saint-julien-restauration/>

¹²⁹⁷ La ville de Domfront-en-Poiraie est classée au titre des SPR le 30 juillet 2021, suivant l'adhésion aux Petites Cités de caractère. En lien avec ce chantier de restauration, ceci montre une démarche globale de mise en valeur du patrimoine au niveau municipal.

¹²⁹⁸ CROSNIER LECONTE Marie-Laure. Fiche biographique de Jean-Louis Sourdeau. URL cité.

droite relie la tour avec la sacristie juxtaposée au chœur. De manière originale, peut-être sous l'inspiration du type d'église à arcs entrecroisés, la nef est couverte par quatre grandes poutres-parois en béton armé entrecroisées, qui prennent appui au niveau des chapelles d'angle. Elles sont percées de façon décorative et supportent aussi la charpente en béton armé, conçue comme un assemblage de plafonds à caissons inclinés. À l'extérieur, deux toitures à deux pans se rencontrent au-dessus de la nef, dans une disposition des plus classiques, mais qui se traduit par un espace intérieur singulier grâce à la charpente apparente et aux grandes poutres. La volumétrie est dynamisée par le collatéral disposant d'un vaste pignon à rosace situé dans la continuité des pentes de la toiture, par le volume distinct du chœur et par le clocher oblique, qui chevauche et domine l'ensemble. Au-dessus de sa base en briques, ce clocher dispose d'une structure évidée en béton armé, inspirée des réalisations de Perret. Ainsi, la composition de l'église est le résultat d'une synthèse très élaborée d'influences.

Comme sur les autres chantiers similaires contemporains, le béton armé du clocher est mal exécuté lors des travaux de 1929 à 1930.

En 1993, comme suite à des chutes de morceaux de béton, l'église doit être fermée afin d'assurer la sécurité du public. La commune souhaite la démolir. Une grande partie des briques de parement est également très dégradée, ce qui altère l'aspect global de l'édifice.

La CRMH démarre alors la procédure d'inscription au titre des monuments historiques¹²⁹⁹, mise en place en 1996. Ceci n'empêche pas la collectivité de réitérer son projet de démolition en 1999. L'église est finalement classée en totalité¹³⁰⁰ en 2001, malgré ses graves détériorations, afin que les travaux de restauration puissent être réalisés d'office par l'État¹³⁰¹.



223 Un fragment de la tour centrale du clocher en béton armé lors de la démolition. Photo : Lionel Dubois / DRAC Nord-PC, 2002.

Les causes des dégradations sont liées à plusieurs facteurs : le sous-dosage en ciment, la porosité du béton, les agrégats trop divers, l'enrobage insuffisant des armatures, mais aussi l'exposition aux intempéries et les vibrations dues au passage des camions à proximité. Dans ce contexte, doublée de conditions climatiques locales défavorables, la corrosion accélère le développement des pathologies. Aussitôt protégée, l'église doit faire l'objet de travaux d'urgence qui bousculent le phasage initialement prévu par l'ACMH Lionel Dubois.

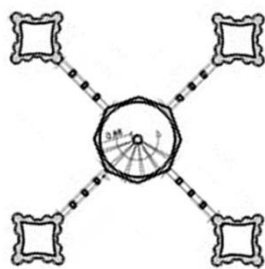
Le clocher est démoli en 2002, après la réalisation d'un relevé 3D censé servir à sa reconstruction. Des travaux de restauration sur les façades et les couvertures, aussi très affectées, sont effectués par la suite pour un montant de 817.000 euros, financé en quasi-totalité par l'État et le Département, ce qui

¹²⁹⁹ GRAFTEAUX Benoît, KLEIN Richard. L'église de Rocquigny. Jean-Louis Sourdeau architecte, 1927-1932. DRAC Nord-Pas-de-Calais, 1995. Dossier de protection - église de Rocquigny. CRMH Nord-Pas-de-Calais.

¹³⁰⁰ Référence Mérimée PA62000004.

¹³⁰¹ Les travaux d'office peuvent s'effectuer uniquement sur les immeubles classés, dans les conditions de l'article 9-A de la Loi du 31 décembre 1913 sur les monuments historiques (abrogé), repris actuellement à l'article L621-12 Code du patrimoine.

est une rare exception. La maîtrise d'ouvrage est, elle aussi, assurée exceptionnellement par l'État, qui se substitue à la commune propriétaire¹³⁰².



224 Plan du premier niveau du clocher et armatures de la tour centrale en atelier.
Dessin et photo : Lionel Dubois ACMH.



225 Vue de l'église restaurée.
Photo : J-Y. Mereau, Gazette du Nord, 2013.

Avant de reconstruire le clocher entre 2012-2013, le maître d'œuvre fait réaliser un dimensionnement de la structure selon les normes en vigueur, avec des améliorations constructives sur les points défaillants. La conclusion mène à concevoir une ossature préfabriquée à 250 éléments en béton armé reconstituant le dispositif d'origine : quatre tourelles en fascicules, une tour centrale octogonale à ouvertures décoratives comportant un escalier hélicoïdal intérieur, des claustras, garde-corps et gargouilles. Les pièces sont reliées par des aciers verticaux vissés dans des manchons de raccordement et les jonctions sont finies par du béton sans retrait coulé en place, dont les coulures sont évitées par un joint intérieur en mousse¹³⁰³. Huit aciers à haute adhérence HA32 sont prévus pour lier les éléments de la tour centrale et douze HA25 pour ceux de piliers fasciculés. Montés à l'aide d'une grue par étapes de 6 m de hauteur, les pièces préfabriquées permettent d'éliminer les aléas du coulage en place qui a été la source des désordres, vu la complexité décorative de l'ouvrage. Les armatures sont prudemment placées à 3 cm de chaque nu extérieur. Afin de conserver l'aspect des coulées successives du béton, l'architecte fait fabriquer des éléments de hauteur correspondant aux joints de reprise d'origine. Il exige aussi que les pièces soient gommées manuellement au sable par un seul ouvrier pour obtenir une légère patine¹³⁰⁴.

Le coût total des travaux de restauration à l'église de Rocquigny s'élève à 3.000.000 d'euros, supportés à hauteur de 77% par l'État. Le préfet déclare à l'occasion de la ré-inauguration, le 2 octobre 2013 : « Cette église était un projet audacieux pour l'époque. Quarante-dix ans après, ça l'est encore. Sa reconstruction a été un sujet de débat dans la commune. Mais c'est un témoignage de l'histoire de notre patrimoine qu'il faut sauvegarder »¹³⁰⁵.

¹³⁰² PHILIPPON Jacques, MERLIER Philippe, DUBOIS Lionel. L'église Notre-Dame de Rocquigny (Pas-de-Calais) : restauration, reconstruction ou abandon ? In : *In Situ*, N° 12, 2009, 3 novembre 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6548> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.6548> (Consulté le 10 août 2023).

¹³⁰³ Église Notre-Dame de Rocquigny (Pas-de-Calais) : Restauration, reconstruction ou abandon ? Les aléas d'un classement parmi les monuments historiques. DRAC Pas-de-Calais 2013, p. 20.

¹³⁰⁴ DE VOGÜE Alix. Un clocher en dentelle de béton préfabriqué. In : *Le Moniteur*, 25 janvier 2013. URL : <https://www.lemoniteur.fr/article/un-clocher-en-dentelle-de-beton-prefabrique.526799>. (Consulté le 10 août 2023).

¹³⁰⁵ L'église de Rocquigny enfin restaurée après dix ans de travaux et un coût de 3 millions d'euros. In : *La Voix du Nord*, 5 octobre 2013. URL : <https://www.lavoixdunord.fr/art/region/l-eglise-de-rocquigny-enfin-restauree-apres-dix-ans-de-ia29b6483n1595249> (Consulté le 10 août 2023); Communiqué de presse du préfet du Pas-de-Calais du 2 octobre 2013.

6.4.9 La restauration des églises en blocs de bétons moulés

L'église de Notre-Dame de Châbons (Isère), de style néo-roman, est construite en 1897 en maçonnerie et béton moulé par l'entreprise Carron de Grenoble sur les plans de Francis Rey de Valence. Le béton mis en œuvre est constitué d'agrégats et d'un ciment naturel prompt issu d'un gisement situé dans le massif de la Chartreuse. Sa particularité et sa couleur ocre viennent de la cuisson spéciale de la pierre calcaire, similaire à la fabrication de la chaux, dans un four vertical à température basse située entre 500° C et 1200° C, sans ajout d'autres matières¹³⁰⁶.

Certaines pièces sommitales exposées, comme les clochetons et les créneaux, sont remplacées dans les années 1970 et 1980 par du calcaire naturel. C'est une erreur comme celle commise à l'église des Dominicains de Strasbourg, où le béton moulé est remplacé par du grès rose. D'autres éléments dégradés sont reconstitués, ces dernières décennies, en béton ordinaire gris. Un arrêté de péril est pris en juillet 2020 car les éléments en béton moulé extérieurs menacent la sécurité du public. En effet, ils sont dans un état de dégradation avancé, sous l'action de l'eau et du cycle gel-dégel, qui produisent l'éclatement de la matière. C'est le clocher qui est le plus affecté, présentant des désagrégations considérables de la matière en partie haute. Le projet de restauration est mené par un architecte du patrimoine sélectionné dans le cadre d'un marché public lancé par la commune¹³⁰⁷. L'ensemble des reconstitutions sont réalisées avec du ciment prompt produit par l'entreprise Vicat, un produit très proche de celui d'origine.



226 Chapiteau en béton moulé restauré.
Photo : Licéf, 2022.

En dehors des pathologies profondes, l'ensemble des parties exposées en béton moulé nécessite un traitement des parements, notamment les quatre clochetons surmontant le clocher. Afin de remettre en valeur les surfaces, un gel nettoyant biodégradable¹³⁰⁸ est appliqué au pistolet airless à haute pression et buse plate. Ce chantier de restauration de 1.000.000 d'euros bénéficie du soutien financier de la Mission Bern en 2021, qui contribue à hauteur de 300.000 euros¹³⁰⁹.

L'intérêt de ce chantier est d'illustrer la possibilité d'une méthode de restauration des églises en blocs de béton moulés armés des années 1910-1930. Sa principale leçon porte sur le nettoyage et la

¹³⁰⁶ Vicat et Licéf partenaires de la restauration d'une église. Site du groupe Licéf. URL : <https://www.groupe-licef.fr/vicat-et-licef-partenaires-de-la-restauration-d-une-eglise/> (Consulté le 10 août 2023).

¹³⁰⁷ Restauration de l'église : une avancée avec la Fondation du Patrimoine. In : *Le Dauphiné Libéré*, 25 octobre 2020. URL : <https://www.ledauphine.com/societe/2020/10/25/isere-chabons-restauration-de-l-eglise-une-avancee-avec-la-fondation-du-patrimoine> (Consulté le 10 août 2023).

¹³⁰⁸ Solumax Edifica de Licéf.

¹³⁰⁹ PHILIPPOT Noémie, SALANSON Virginie. Mission patrimoine : l'église Dame de l'Assomption, dans le Nord-Isère, décroche 300.000 euros ! In : *France Bleu Isère*, 20 décembre 2021. URL : <https://www.francebleu.fr/culture/patrimoine/mission-patrimoine-l-eglise-notre-dame-de-l-assomption-dans-le-nord-isere-decroche-300-000-euros-1640007712> (Consulté le 10 août 2023).

protection des surfaces, mais surtout sur le respect de la composition d'origine du béton dans le cadre des reconstitutions. Si le ciment prompt est un produit spécifique toujours fabriqué, les ciments anciens ordinaires utilisés sur les chantiers de Bérard ou Nasousky sont plus difficilement reproductibles. Leurs qualités inférieures aux ciments actuels peuvent même les déconseiller, surtout dans les zones fortement exposées. En revanche, l'usage de produits trop performants peut engendrer un vieillissement plus lent des zones ainsi reconstituées. L'absence d'armatures dans le cas de l'église de Châbons est sans impact sur l'analogie, car la corrosion n'est pas une source de pathologies dans les églises en blocs moulés armés.

Les travaux réalisés en 2010 sur l'église Sainte-Cécile au Havre offrent un aperçu direct sur les problèmes sanitaires et sur certains choix de restauration dans le cas des édifices en blocs préfabriqués armés du système Nasousky. Avant l'intervention, on remarque que les parties hautes de l'édifice sont les plus altérées (béton effrité et infiltrations). En revanche, il n'y a pas de trace de corrosion.

Des mortiers de réparation dont la composition n'est pas précisée, sont appliqués après le piquage des parties non adhérentes. Après cette étape, un badigeon est mis en œuvre pour uniformiser les surfaces. En effet, dans le procédé Nasousky, les armatures sont placées vers le centre des pièces porteuses. Leur enrobage est donc suffisant pour les protéger y compris dans un milieu agressif comme celui du bord de mer. Pour cette raison, la simple reconstitution des mortiers peut être une solution adaptée, à condition d'assurer la compatibilité avec le support en termes de composition et de granulométrie. Le badigeon est un compromis qui permet d'effacer les inévitables différences de teinte. Se pose toutefois la question d'un traitement hydrofuge sur les surfaces exposées, qui pourrait améliorer la tenue de ces dernières dans le temps.

6.4.10 Exemples de problématiques de restauration des églises en béton armé

Les limites physiques et financières

Le coût et l'ampleur des travaux de restauration imposés par l'entretien défaillant ou par les défauts d'exécution initiale représentent l'obstacle principal à une campagne globale et limitée dans le temps. L'église Sacré-Cœur à Cholet illustre cette problématique. La construction est confrontée à des pathologies typiques du béton armé, dont les armatures insuffisamment enrobées. S'ajoutent les pathologies de la brique mal cuite à l'origine, qui s'effrite au cours du temps, ainsi que les désordres liés aux infiltrations d'eau. Une première phase de travaux commence sous la direction de l'ACMH François Jeanneau en 2016 pour traiter les parties hautes : remplacement des tuiles, purge des armatures et du béton, réparations du système d'évacuation des eaux pluviales. Ces travaux d'un montant total de 3.000.000 d'euros sont subventionnés par l'État à hauteur de 40%, le reste étant assuré par le diocèse d'Angers et la commune de Cholet¹³¹⁰. Sur le transept, de 2020 à 2021, les

¹³¹⁰ Site du Diocèse d'Angers dédié à la restauration de l'église de Cholet. URL : <http://www.sacre-coeur-cholet.org/travaux/> (Consulté le 10 août 2023).

entreprises Novbéton et Lefèvre réalisent le nettoyage des façades et la reprise des joints, le traitement du béton par inhibiteurs de corrosion suivant un protocole propre, de même que la restauration et la mise en peinture des parements en béton¹³¹¹. Deux autres phases de trois ans concernent les vitraux et les niveaux inférieurs de l'église¹³¹². En 2022, le diocèse lance un appel aux dons pour collecter 1.000.000 d'euros nécessaires pour ces derniers travaux¹³¹³.

Définir le programme de travaux sur la base de sondages invasifs

Certaines pathologies du béton armé peuvent se découvrir uniquement lors de diagnostics poussés, voire invasifs, ce qui pose un problème d'anticipation technique et financière des travaux de restauration. En raison du chantier mené en hiver, une partie des 500 m³ de béton qui constituent l'église Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus à Élisabethville peuvent souffrir des pathologies qui s'ajoutent aux désordres classiques pour l'époque, comme l'enrobage insuffisant, la ségrégation et l'absence de vibration du béton pendant le coulage. Les armatures sont visibles à de nombreux endroits sur les façades, où le béton a éclaté. Les zones les plus exposées aux intempéries sont naturellement les plus affectées, tout comme les arêtes fragiles. Dans un programme des travaux établi en 2016, il est prévu de remettre en état la structure et les sculptures en béton, mais aussi le décor et le second-œuvre¹³¹⁴.

Notre-Dame du Haut à Ronchamp fait également l'objet de sondages invasifs afin de bien définir le contenu des travaux de restauration, qui se veulent de la microchirurgie. Les carottages effectués dans les murs et au niveau de la coque en béton armé qui forme la toiture témoignent de l'impact visuel non négligeable de ces analyses préliminaires.

Restaurer avec un changement d'usage

Un autre exemple met en lumière la restauration d'une église en béton armé en vue de sa transformation en lieu culturel à vocation publique. Désacralisée, acquise par la commune et protégée au titre des monuments historiques, Notre-Dame de Bethléem à Clamecy fait l'objet d'un diagnostic sanitaire en 2017. Sur cette base, des travaux de restauration sont programmés de 2023 à 2025 afin de résoudre les pathologies du béton¹³¹⁵. L'objectif final est la création d'un espace d'expression multiculturelle basé sur la projection 3D¹³¹⁶ à partir de 2026. Trois phases sont prévues : travaux

¹³¹¹ Le Sacré Cœur de Cholet. Site Novbéton. URL : <https://novbeton.fr/fr/node/2273> (Consulté le 10 août 2023).

¹³¹² BECKER Caroline. Le Sacré-Cœur de Cholet, un sanctuaire en béton. In : *Aleteia*, 15 juin 2018. URL : <https://fr.aleteia.org/2018/04/15/le-sacre-coeur-de-cholet-une-forteresse-de-beton/> (Consulté le 10 août 2023).

¹³¹³ MOY Lucie. À Cholet, le diocèse d'Angers fait appel aux dons pour finir de restaurer l'église du Sacré-Cœur. In : *Ouest France*, 21 octobre 2022.

¹³¹⁴ GUÉMART Loris. Restauration en vue pour l'église en béton d'Élisabethville. In : *La Gazette des Yvelines*, 31 août 2017. URL : <https://lagazette-yvelines.fr/2017/08/31/restauration-vue-leglise-beton-delisabethville/> (Consulté le 10 août 2023).

¹³¹⁵ À Clamecy, une collecte de dons lancée pour la restauration de l'église. In : *Journal du Centre*, 23 novembre 2022. URL : https://www.lejdc.fr/clamecy-58500/travaux-urbanisme/a-clamecy-une-collecte-de-dons-lancee-pour-la-restauration-de-leglise_14220392/ (Consulté le 10 août 2023).

¹³¹⁶ Fondation du patrimoine. Participez à la restauration de l'église Notre-Dame de Bethléem ! URL : <https://www.fondation-patrimoine.org/les-projets/eglise-notre-dame-de-bethleem-clamecy> (Consulté le 10 août 2023).

d'urgence et mesures conservatoires, reprise en sous-œuvre et assainissement, restauration des bétons. La pénétration de l'eau de pluie sur le béton découvert et les remontées capillaires dues au positionnement près de l'Yonne sont les deux vecteurs qui doivent être arrêtés en priorité. De plus, la structure présente des fissures qui témoignent d'un tassement différentiel. Pour préparer la restauration, le bâtiment est en totalité couvert d'un parapluie de chantier¹³¹⁷. Début 2023, les travaux démarrent avec les entreprises H. Chevalier et Nola. Cette dernière implante 68 micropieux pour renforcer les fondations à plusieurs endroits¹³¹⁸. Une rampe d'accessibilité est également prévue dans le cadre du projet d'ensemble. Ce chantier méritera une évaluation de l'efficacité des techniques employées et du fonctionnement du programme global.

Malgré l'attention plus limitée qui leur est accordée, les églises en béton armé sans protection au titre des monuments historiques peuvent représenter des exemples de rationalité du point de vue de la conservation. Nous avons cité plus haut le cas de l'église désacralisée Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus à Hirson, transformée en centre privé de musique classique par des interventions très ponctuelles. En accompagnant un usage qui fonctionne, les travaux d'entretien peuvent être suffisants pour assurer la pérennité de l'édifice. Il est possible d'accepter certains désordres comme une « patine » nécessitant une simple surveillance au lieu d'une réfection à neuf.

Évaluer les traitements électrochimiques anciens

Un certain nombre de chantiers plus anciens permettraient d'évaluer aujourd'hui les techniques électrochimiques de réparation du béton armé, comme celui de l'église non-protégée Sainte-Radegonde à Riantec (Morbihan)¹³¹⁹, où la flèche du clocher est réparée en 2007. Sa détérioration était due à la fois à la carbonatation et à la pénétration d'ions chlores dans la matière. La société Renofors s'assure de la continuité électrique des armatures et installe un treillis électrochimique anodique mis en contact avec le béton par un cataplasme en cellulose¹³²⁰. Les chlores sont extraits sous courant imposé, en abaissant leur taux jusqu'à la valeur admise par la norme européenne dans ce domaine¹³²¹ (0,4 % du poids du ciment constituant le béton). Ensuite, le béton est réalcalinisé par une mise sous courant continu de 1 ampère par m² d'armature, en augmentant le pH de 9 à 11. Si l'aspect extérieur actuel du clocher indique un bon état sanitaire, seule une analyse en laboratoire du taux de pH serait en mesure de nous renseigner sur la durabilité de cette méthode.

Afin de répondre aux questions concernant la durabilité des procédés de réalcalinisation et leurs effets secondaires, deux études sont réalisées à partir de 1999 au sein du Cercle des Partenaires du

¹³¹⁷ Descriptif des travaux, société Tubesca-Comabi. URL : <https://www.tubesca-comabi.com/fr/eglise-notre-dame-de-bethleem-de-clamecy> (Consulté le 10 août 2023).

¹³¹⁸ Clamecy. 68 micropieux le long des murs de l'église de Bethléem. In : *Le journal du Centre*, 26 juin 2023. URL : <https://www.lejdc.fr/clamecy-58500/travaux-urbanisme/68-micropieux-le-long-des-murs-de-leglise-14332775/> (Consulté le 10 août 2023).

¹³¹⁹ L'église Sainte-Radegonde est reconstruite entre 1923-1927 par l'architecte René Guillaume.

¹³²⁰ Renofors recrée un environnement protecteur pour les armatures métalliques du clocher de l'église Sainte-Radegonde à Riantec (Morbihan). In : *Zoom sur Riantec*, N° 13, s.d. URL : https://aurige-swi.s3.eu-west-1.amazonaws.com/prod/public/2020-11/RIANTEC15FR1_bisb.pdf (Consulté le 10 août 2023).

¹³²¹ Norme EN 206-1. Béton : spécification, performances, production et conformité.

Patrimoine et du LRMH¹³²². Dans ce cadre sont évaluées la réalcalinisation par courant imposé et celle par anode sacrificielle. Trois édifices sont sélectionnés pour les essais : l'église du Raincy (claustras), la Maison du Brésil (dalles de parement) et l'Unité d'habitation de Marseille (segment de façade ouest). Il est constaté que le béton des bâtiments de Le Corbusier ont tendance à jaunir sous la pâte électrolytique, ainsi qu'à développer des efflorescences. L'examen montre également que le pH du béton baisse de nouveau sous le seuil de carbonatation deux ans après le traitement. Enfin, les propriétés mécaniques du béton de Perret sont altérées par le procédé de réalcalinisation, en raison de l'apparition de composés expansifs¹³²³.

Restaurer les mosaïques et leurs supports

Certaines églises disposent de mosaïques décoratives intérieures posées sur un béton armé soumis à la carbonatation. Il peut s'agir de pastilles en grès ou de mosaïques de type terrazzo. Suivant le gonflement de la matière sous l'action de la corrosion des fers, la fissuration ou l'éclat du béton provoque inmanquablement la dégradation de la couche décorative.

Les parties inférieures et saillantes des piles sont les plus sensibles à ce phénomène, en raison de l'enrobage insuffisant des armatures. Nous avons constaté ce type de désordre dans les églises Saint-Martin à Martigny-Courpierre et Saint-Julien à Domfront en Poiraise.

Dans le cadre de la réparation, la mosaïque doit être déposée sur une zone plus vaste que celle du désordre apparent, après relevé photographique et graphique. Les bétons et les armatures sont ensuite purgés en profondeur et reconstitués selon un protocole adapté. Pour les pastilles de grès ou céramique, la reconstitution est plus aisée en raison des joints qui peuvent dissimuler la reprise, alors que la reconstitution du terrazzo pose le problème de la continuité de matière.



227 Corrosion et mosaïques.
En haut : Saint-Martin, Martigny-Courpierre.
En bas : Saint-Julien, Domfront.
Photo : l'auteur (haut), Lympia (bas).

Refaire les réseaux techniques

Du point de vue patrimonial, les réseaux d'éclairage, de sonorisation et de chauffage sont généralement mal intégrés dans les églises. Dans l'ensemble des édifices étudiés où le service religieux a lieu régulièrement, nous constatons des installations à tuyaux, câblages et appareils qui brouillent la lecture cohérente et qualitative de l'espace intérieur par leur présence physique et par leur incompatibilité avec l'esprit architectural environnant.

¹³²² CAILLEUX Emmanuel, MARIE-VICTOIRE Élisabeth. La réalcalinisation, une nouvelle technique de conservation des monuments historiques en béton armé. Évaluation de l'efficacité, de la durabilité et de l'innocuité des traitements. In : *L'Actualité chimique*, N° 312-313, 2007, p. 22.

¹³²³ Idem, p. 27.



228 Pilier de l'église Saint-Pierre,
Roye : éclairage, sonorisation etc.
Photo : l'auteur, 2023.

De plus, les réseaux de différentes époques s'accumulent, car les anciens dispositifs sont rarement supprimés. Les appareils d'éclairage présentent le défaut supplémentaire de fausser l'appréhension de l'espace intérieur par leur manière, souvent inadaptée, de projeter la lumière. Enfin, les moyens de prévention et d'extinctions des incendies sont rarement placés de manière à respecter le cadre existant. L'explication pour tous ces désordres visuels réside dans la multiplication des intervenants et des interventions, sans vision globale et sans coordination. Ainsi, un projet de restauration peut être l'occasion de mettre les réseaux en cohérence avec l'édifice. En tant que maître d'œuvre, l'architecte restaurateur a l'autorité et la vision de coordonner les compétences d'un éclairagiste, d'un acousticien, d'un chauffagiste et d'un électricien. Enfin, les nouvelles technologies développées sous la pression du contexte environnemental sont en mesure d'apporter des réponses plus discrètes.

Restaurer les baies, vitraux et sculptures

Dans les églises formant le corpus étudié, les remplages sont presque systématiquement réalisés en béton armé ou en ciment armé. En raison de leur fine épaisseur qui va de pair avec l'enrobage insuffisant des fers, ils sont généralement dans un état sanitaire dégradé. Par conséquent, ils nécessitent eux-mêmes une restauration, avec ou sans révision de leur conception, après la dépose minutieuse des vitraux.

Nous pouvons citer des exemples de restauration sur plusieurs églises présentées, dont Saint-Jean-de-Montmartre, Notre-Dame du Raincy ou Sainte-Thérèse de Montmagny, comportant chacune des particularités liées aux conceptions d'Anatole de Baudot et respectivement d'Auguste Perret. Intervenir sur ces ouvrages implique un exercice assez délicat du point de vue du respect de l'authenticité imposé par la doctrine de conservation, parce que l'état sanitaire trop dégradé n'autorise pas de reprises ponctuelles durables. Dans ces trois cas, le choix définitif est la dépose (destruction) des pièces d'origine et leur réfection à l'aide de nouveaux bétons armés performants. Nous pouvons remarquer que cette vision de restauration s'apparente à celle réservée aux menuiseries en bois, dont le remplacement avec de nouveaux ouvrages améliorés est accepté comme pour des pièces de rechange dans la plupart des monuments historiques.

Dans d'autres églises, comme Saint-Martin de Martigny-Courpierre, les réseaux des baies en béton armé subissent actuellement un processus de décomposition lente, en raison de l'enrobage insuffisant des fers. En revanche, sur les nombreuses zones où le béton a éclaté, nous pouvons examiner la composition de la matière. Les constructeurs d'origine utilisent des agrégats fins dans la composition des bétons réservés aux remplages, afin de permettre un moulage fidèle et des arêtes parfaites. Ces

bétons sont ainsi très différents de ceux mis en œuvre dans la structure porteuse et témoignent du soin particulier et des efforts réservés à ces détails. Or, le fait que les ouvrages soient pourtant aussi fragiles à la carbonatation prouve que ce phénomène est ingénument ignoré à l'époque.

À Saint-Pierre-de-Chailot, l'un des vitraux du chœur réalisés par les frères Mauméjean fait l'objet d'un chantier expérimental de restauration mené en 2015 avec l'appui du LRMH. Le diagnostic met en évidence un encrassement général, des défauts d'étanchéité, un affaiblissement de la serrurerie, mais aussi un calfeutrement d'origine en ciment qui rend la dépose difficile. Le nettoyage général s'accompagne du collage bord à bord des pièces cassées en silicone et résines époxy. Si la serrurerie est renforcée et adaptée pour permettre la ventilation, une verrière de doublage est mise en place pour assurer la préservation de l'œuvre¹³²⁴. La maîtrise d'ouvrage est assurée par le service de conservation des œuvres d'art religieuses et civiles (COARC) de la Ville de Paris dans une logique jugée réversible, mais qui est pourtant lourde. On peut s'interroger sur la suite de ces interventions extrêmement ponctuelles en rapport avec l'ensemble des vitraux qui forment une composition cohérente, mais aussi avec l'œuvre architecturale en soi. Au lieu de favoriser l'entretien régulier sur la totalité des œuvres d'art de même type, nous remarquons une manière d'expérimentation isolée qui n'est que rarement poursuivie d'un chantier global. Comme toute intervention porte l'empreinte de son temps, le résultat à long terme ne peut pas être caractérisé par l'unité visuelle.



229 Armatures dénudées sur un remplage en béton armé. Saint-Martin, Martigny-Courpierre. Photo : l'auteur, 2023.

Les reliefs ou sculptures en béton sont fréquents dans le corpus étudié. Ils disposent généralement d'armatures recouvertes de manière inégale par les volumes de l'œuvre d'art. Certains fers peuvent être mis à nu dans les plans seconds ou dans les cavités, zones à plus faible enrobage. C'est le cas des reliefs placés sous le porche à Saint-Vaast de Moreuil, où la carbonatation a déclenché la corrosion des armatures et l'éclat de plusieurs parties en béton. De même, les sculptures monumentales exposées aux intempéries dans un environnement dégagé, comme celles de Sainte-Thérèse d'Élisabethville, subissent des colonisations biologiques. En milieu urbain, comme sur le portail sculpté de Sainte-Odile de Paris, c'est davantage la pollution atmosphérique qui attaque et noircit l'œuvre. Si les procédés de restauration apportent nécessairement une solution adaptée au problème rencontré, comme par exemple la protection cathodique par anodes sacrificielles¹³²⁵, il est également impératif d'anticiper le comportement dans le temps de ces œuvres et d'utiliser des produits ou techniques assurant la conservation préventive dans les conditions de l'environnement donné.

¹³²⁴ DEGAIN Jessica. Restaurer le vitrail Art déco : les Mauméjean à Saint-Pierre-de-Chailot, Paris XVI^e. In : *Monumental*, semestriel 1, 2016, p. 112.

¹³²⁵ BRIÈRE Claire. La protection cathodique par anodes sacrificielles : adaptation du système pour la Sphinge « au parapluie », épreuve en béton armé. In : *Technè*, N° 46, 2018, pp. 104-108.

7. Conclusions

Cette section finale se présente en deux parties. La première se tourne vers le présent en analysant les résultats de ce travail de recherche, tandis que la deuxième s'oriente vers l'avenir en exposant quelques nouvelles perspectives d'étude ouvertes par ce même travail.

7.1 Bilan global

Les églises catholiques construites en béton armé entre 1890 et 1940 constituent une famille d'objets architecturaux unis par plusieurs caractéristiques communes, tout en présentant une grande diversité dans leur conception. Pendant cette période d'un demi-siècle, l'architecture religieuse se transforme définitivement, en raison de facteurs complexes liés aux rapports entre l'État et l'Église catholique, mais également inséparables de l'évolution de la société et des techniques constructives.

Le Concordat de 1801 est toujours en vigueur à l'époque de la construction de la première église en béton armé, Saint-Jean-de-Montmartre, à Paris. En revanche, le fait qu'elle soit construite sur un terrain acquis par le curé sur ses deniers personnels, ainsi que ses mésaventures administratives, illustrent un changement de paradigme. En effet, la Séparation des Églises et de l'État de 1905 a lieu juste après l'achèvement de cet édifice et marque un tournant dans l'aspect fondamental de la construction : son financement. Ce dernier relève désormais de l'Église seule, sauf pour les lieux de culte reconstruits après la Première Guerre mondiale à l'aide de dommages de guerre ou de mécènes comme Aimé Bonna, pionnier du béton armé qui bâtit une église à Hirson à partir de 1929. Le coût de la construction de l'église Notre-Dame-de-la-Consolation du Raincy au début des années 1920 nous renseigne sur les difficultés de l'Église à financer ces chantiers. En revanche, cette contrainte est transformée en opportunité, pour donner lieu à une expression architecturale nouvelle. Entre 1905 et 1940, la question du coût des travaux mène systématiquement à l'emploi de techniques, matériaux et décors différents de ceux employés auparavant. En raison de l'acquisition foncière sur le marché libre, les nouvelles églises urbaines occupent généralement des terrains ordinaires à l'intérieur d'îlots constitués, ce qui diminue leurs qualités paysagères. Dans les villages, et notamment dans le cas des

églises reconstruites, les emplacements primitifs sont préservés et continuent à assurer un rôle de repère aux nouveaux lieux de culte.

D'un point de vue social, l'attachement à la religion évolue, mais, en lien avec la croissance démographique, il reste suffisamment important, jusqu'en 1940, pour justifier la construction de nouvelles églises. Le cas des quartiers ouvriers autour de Paris, et en moindre mesure de Lyon, met en lumière cet aspect. Dans ces agglomérations, l'Église catholique crée des organismes de maîtrise d'ouvrage ayant comme objet d'approcher la population modeste de la religion par la constitution de nouvelles paroisses et de nouveaux lieux de culte. Par ailleurs, un message social d'éducation et de lutte contre le chômage est mis en avant. Dans la capitale et sa région, les Chantiers du Cardinal animent un vaste travail de construction de chapelles « de secours » et d'églises, dont la plupart sont remarquables pour leur caractère innovant du point de vue architectural ou constructif. Pendant les années 1930, ces chantiers du cardinal Verdier représentent un vaste terrain d'expérimentation sur les types de plan, sur les techniques du béton armé, seul ou en association avec d'autres matériaux, et enfin sur le caractère volumétrique et décoratif donné au béton armé.

Viollet-le-Duc avait envisagé un avenir pour la charpente métallique, mais elle ne crée pas beaucoup d'exemples dans l'architecture religieuse, à l'exception d'églises comme Saint-Augustin ou Notre-Dame-du-Travail à Paris. Sainte-Barbe de Crusnes, construite entièrement en métal dans la deuxième moitié des années 1930, représente une exception davantage liée aux préoccupations de préfabrication en série. Le béton armé et le ciment armé existent déjà en 1890, mais leur usage est limité à des ouvrages invisibles ou à des réseaux de canalisation. Au départ, les deux matériaux sont associés à leurs inventeurs, respectivement Hennebique et Cottancin. À la différence du béton armé, le ciment armé est composé sans gravillons, mais avec des quantités plus élevées de ciment et moins d'eau. Les modes d'armatures sont différents, car le ciment armé permet des réseaux fins de fils de fer, alors que le béton armé nécessite des fers de dimensions plus importantes. De nombreux pionniers déposent des brevets dans ces domaines, créant chacun son « système ». Avec le temps, la différence terminologique entre les deux matériaux s'estompe, mais le langage technique officiel continue à entretenir la confusion entre le béton armé et le ciment armé pendant des décennies. En revanche, pour une raison de simplification rationnelle, nous utilisons aujourd'hui le terme « béton armé » comme technique générale incluant la méthode particulière du ciment armé.

Le renouveau architectural dans l'architecture religieuse, en particulier à travers l'usage de la technique du béton armé ou du ciment armé, est soutenu par un certain nombre de voix respectées dans les milieux des architectes, des artistes, de l'école des Beaux-Arts et de l'Église catholique. À l'étranger, ces idées sont également partagées dans les théories et les pratiques, avec certaines nuances locales, comme en Allemagne ou en Autriche-Hongrie, où le béton armé se développe à partir des brevets de Joseph Monier et non de Hennebique, Cottancin et leurs dérivés, comme en France.

C'est Anatole de Baudot qui, grâce à sa rencontre avec Cottancin, utilise pour la première fois le ciment armé pour bâtir un édifice religieux en France. Nous devons par ailleurs l'église de

Montmartre à un concours de circonstances qui a écarté le projet de Bérard, conçu en béton armé Hennebique. Un autre hasard fait qu'Auguste Perret débute dans l'architecture religieuse sur un chantier démarré par Cottancin et repris par Hennebique, à la cathédrale d'Oran. La stratégie commerciale de François Hennebique prouve son efficacité, par la création d'un bureau d'études et d'un réseau mondial de concessionnaires qui assurent la survie de l'entreprise jusqu'en 1967. Cette dernière intervient sur un grand nombre d'églises nouvelles ou dans la restauration des monuments historiques, comme la cathédrale de Strasbourg ou celle d'Arras. Malgré l'intérêt technique de leurs conceptions, les autres pionniers ne rencontrent pas le même succès, à commencer par Cottancin. En 1906, la première réglementation du béton armé contribue pour beaucoup à arrêter la profusion des systèmes au profit d'une « orthodoxie » du béton armé. Toutefois, ce matériau-technique continue à se manifester dans l'architecture religieuse sous diverses formes, entre les voûtes en simili-pierre ou terre cuite armée d'Auguste Fabre, les blocs de maçonnerie moulés d'Édouard Bérard ou Alfred Nasousky, les grandes pièces moulées de Charles-Henri Besnard, les petits éléments de charpente moulés d'Henri Deneux et la méthode banalisée du béton coulé sur place. Les exemples d'églises sélectionnés ici mettent en exergue la diversité de ces techniques de construction qui témoignent d'une volonté d'expérimentation générale. Même dans le cas du béton coulé sur place, les différentes versions des projets montrent parfois une démarche démonstrative, comme dans les églises parisiennes du Saint-Esprit ou Saint-Pierre-de-Chailot.

Concernant l'aspect stylistique, la diversité de manières de composer l'architecture religieuse de la période 1890-1940 pourrait nous mener à la conclusion hâtive qu'il s'agit d'une longue errance caractérisée par de recherches désordonnées et sans arrêt. En effet, les compositions néo-médiévales, néo-palladiennes, expressionnistes, régionalistes ou pseudo-modernistes coexistent, mais elles ne sont pas équilibrées en quantité. Le courant rationaliste manifesté dans l'œuvre de certains ACMH assure un lien avec le néo-gothique, mais il finit par s'isoler dans la restauration des monuments historiques. La chronologie n'aide pas non plus à reconnaître une évolution stylistique, car certaines églises des années 1890 sont plus modernes ou plus épurées que d'autres construites à la fin des années 1930. La confusion se redouble lorsqu'un architecte change d'approche entre deux projets, comme Paul Tournon qui dessine une version art-déco et une autre néo-byzantine pour le Saint-Esprit, en même temps qu'il construit du néo-gothique en béton armé à Élisabethville. S'il est parfois aisé d'identifier des éléments historiques interprétés, ceux-ci sont empruntés à des époques ou lieux trop éloignés pour établir autre chose que des références ponctuelles. Aussi, il est difficile de voir dans ce corpus des éléments stylistiques précurseurs des églises bâties plus tard, à l'exception d'éléments abstraits de méthodologie de conception (comme les tracés régulateurs d'Henri Vidal). Enfin, l'avant-garde moderniste, qui finira par imposer ses idées dans les années 1950, ne cherche pas à se lier avec cette architecture avec laquelle elle cohabite et qui la surpasse, silencieusement, en termes de quantité.

Tout ceci met en difficulté une vision de l'histoire de l'art structurée de manière classique, puisque l'enchaînement évolutif des styles et les filiations directes ne retrouvent pas ici leur logique. En réalité, ce corpus préserve les caractéristiques de l'architecture religieuse traditionnelle. Même les exemples les plus insolites, ou ceux qui pourraient témoigner d'une approche par définition iconoclaste (comme

l'église cubiste de Brie), sont en réalité inscrits dans la continuité qui subordonne l'originalité. Auguste Perret ne souhaite-t-il pas, dès le départ, établir un lien entre le béton armé et la tradition constructive gothique ?

La composition générale de ces églises conserve les repères traditionnels à leurs emplacements typiques (clocher, portail, nef, collatéraux, chœur, vitraux). Le vocabulaire des formes est interprété, mais il n'est pas nié pour être refondé. Il existe une recherche de beauté architecturale objective, par l'équilibre des proportions, l'harmonie des volumes et l'intégration dans la composition urbaine. Le caractère du lieu est respecté par le choix de matériaux et de teintes, ou parfois par le rappel subtil d'éléments disparus (Saint-Vaury, Moreuil).

Nous pouvons ainsi estimer que ces églises construites pendant le demi-siècle précédant l'année fatidique 1940 peuvent être intégrées dans le queue de comète du grand courant éclectique né au XIX^e siècle. Elles représentent les derniers témoins de la composition architecturale religieuse traditionnelle avant la « révolution » moderniste. Elles sont également les derniers exemples de l'art de bâtir traditionnel, retranscrit en béton armé avant l'industrialisation de la construction. Le terme « retranscrit » est bien celui adapté, car le béton armé est utilisé en tant que substitut (de la pierre, de la brique et du bois). Il est mis en œuvre de façon artisanale, souvent par analogie avec les matériaux traditionnels. Il se plie aux formes anciennes (maçonneries, sculptures, remplages, charpentes) ou les rend plus performantes, en restant toujours un moyen et non un but constructif en soi.

Du point de vue de la typologie des églises, la période étudiée se caractérise par un débat permanent entre le plan allongé et le plan centré, qui se manifeste relativement tôt, mais principalement après la Première Guerre mondiale. À l'intérieur, l'espace continue à être conçu selon les normes liturgiques précédant le Concile Vatican II. Ainsi, l'autel est placé dans le chœur et non en position avancée vers la nef, ce qui favorise le plan développé en longueur. En revanche, des architectes comme Paul Noulin-Lespès, Jacques Droz ou Georges-Henri Pingusson plaident en faveur du plan centré pour des raisons symboliques, architecturales ou pour un retour aux sources du christianisme. À l'opposé, Auguste Perret commence par être le partisan du plan allongé situé, selon lui, dans la continuité de l'architecture religieuse gothique, mais il fait évoluer sa vision au profit du plan centré.

En plus des critères liés à la période de construction, au programme et au lieu, le critère de la technique constructive constitue l'élément de base qui permet à ces édifices de former une famille cohérente. Les exemples d'églises entièrement en béton armé sont très rares, alors que ceux d'églises à ossature en béton armé sont majoritaires. Par son rôle primordial dans la stabilité, une ossature de ce type subordonne la conception architecturale, ce qui permet d'affirmer qu'une église est en béton armé si sa structure porteuse est réalisée avec ce matériau. Dans la plupart des cas, le béton n'est pas forcément apparent, les façades étant enduites ou traitées en parement de pierre ou brique. En effet, l'aspect donné au béton brut de décoffrage est un sujet d'hésitations et d'expérimentations. Le clocher évidé ou la flèche évidée en béton armé apparent est l'un des motifs des années 1920-1930, alors que les extradors des voûtes sont traités en mortier de ciment depuis la fin du XIX^e siècle. Souvent, les

contraintes financières obligent à remplacer des finitions jugées plus qualitatives par du béton. Aussi, la sculpture en béton frais connaît un grand succès dans l'œuvre de plusieurs artistes, dont Carlo Sarrabezolles.

Les premiers architectes qui construisent des églises en béton armé sont issus de l'école de pensée de la restauration des monuments historiques fondée par Viollet-le-Duc, continuée et institutionnalisée par Anatole de Baudot. L'État contribue à créer un corps d'architectes-fonctionnaires, les ACMH, qui nourrissent leurs projets d'architecture contemporaine de leur expérience sur les chantiers de restauration, comme Édouard Bérard, Émile Brunet, Charles-Henri Besnard, Henri Deneux ou Pierre Paquet. Les architectes issus de l'école des Beaux-Arts se manifestent notamment dans les années 1920 et 1930, sous l'influence de Julien Guadet et surtout d'Auguste Perret, si ce ne sont pas des références régionalistes ou d'avant-garde modernistes qu'ils emploient. Ainsi, nous pouvons constater que les ACMH se placent dans une démarche rationaliste qui exclut la copie en faveur d'une réinterprétation originale des formes du passé, qu'ils connaissent parfaitement, alors que les autres architectes se positionnent de manière plus ambiguë, en produisant néanmoins des projets de qualité, mais moins empreints d'un caractère manifeste.

Afin d'appréhender le vaste corpus que constituent les églises en béton armé de la période 1890-1940, il apparaît utile de créer des sous-catégories sur la base d'un critère typologique et constructif inspiré par le cours de théorie de l'architecture de Julien Guadet. Cette distinction permet de constater à la fois une répartition géographique relativement uniforme des différents types de plans, mais aussi un équilibre entre ces derniers. Le plan allongé traverse le demi-siècle étudié comme une solution traditionnelle validée et acceptée par défaut. Toutefois, il bénéficie d'apports originaux, notamment au niveau de la coupe transversale de l'espace. Après l'usage assez limité de dalles par Anatole de Baudot pour couvrir une église basse et des collatéraux, Édouard Bérard les introduit comme couverture de la nef centrale, en 1909 à Rungis, alors que les travées paraboliques représentent un élément caractéristique pour les nefs des années 1920 et 1930. En même temps, les voûtes surbaissées sont expérimentées sous l'influence d'Auguste Perret à Blois, Voreppe ou Roye. L'influence de Dom Bellot se manifeste également par l'usage de voûtes ou arcs tronqués, à Villeurbanne ou à La Rochelle. Les coupoles sont aussi utilisées dans les plans allongés, à commencer par l'église de Bécon-les-Bruyères au début du XX^e siècle, suivie d'autres exemples comparables par leur taille, comme l'église de Clamecy. Nous constatons aussi que l'association plan allongé-coupoles est considérée comme la plus adaptée pour les édifices religieux de grandes dimensions, comme la basilique de Lisieux ou les églises de Cholet, Comines ou Hénin-Beaumont. Dans la conception des coupoles et de leurs supports, de nombreuses expérimentations sont effectuées. Il s'agit d'une part de la forme-même des coupoles, qui peuvent être en calotte sphérique, en dôme persan ou de type composite, en parois pleines, doubles ou composées de pavés de verre. D'autre part, du point de vue de l'articulation structurelle avec le niveau inférieur, entre les diverses formes de trompes, pendentifs ou éléments rectangulaires, les exemples retenus illustrent l'inventivité des architectes, qui poussent les limites constructives du béton armé. En ce qui concerne les plans centrés, un motif récurrent est celui des arcs en béton armé entrecroisés qui permettent de couvrir la nef en supprimant tout point d'appui. Après des essais en

maçonnerie à la cathédrale arménienne de Paris, Albert Guilbert reprend ce motif à Versailles, alors que Jacques Droz et Joseph Marrast l'utilisent à Vincennes juste avant le début de la Première Guerre mondiale. Certaines églises sont bâties selon ce modèle à Domfront en Poiraise, Limé ou Montpellier. Le plan centré en croix grecque est employé plus rarement, par exemple aux églises presque identiques de Ribérac et Pau, alors que le plan de type massé est aussi inhabituel. Enfin, quelques types composites complètent ce tableau, par les exemples retenus à Nice ou Vichy.

L'étude de l'emploi des premiers bétons armés dans la restauration des monuments religieux dans les années 1920 et 1930 présente l'intérêt d'illustrer des démarches d'expérimentation similaires à celles mises en œuvre dans les églises neuves. Aussi, elle permet de circonscrire la création architecturale religieuse de l'époque et de questionner les parallèles entre restauration et construction neuve chez des ACMH actifs dans les deux secteurs d'activité. Par les travaux de restauration réalisés à Reims, Saint-Quentin, Soissons, Noyon ou Arras, nous remarquons à la fois des contributions dans le domaine de la doctrine et de la pratique de la restauration, mais également des avancées technologiques dans le domaine du béton armé. Ces réalisations sont actuellement couvertes par une protection au titre des monuments historiques et nécessiteront à leur tour, tôt ou tard, une restauration. Par leur exemple d'innovation, d'économie et de rationalité, ainsi que par leur témoignage historique d'une époque particulière, ils sont riches d'enseignements pour la restauration des églises en béton armé de la même période. Sur un plan proche se situent les extensions ou reconstructions partielles mais lourdes d'églises existantes, comme celles réalisées dans les années 1920 et 1930 à Saint-Vaury, Moreuil, Roye, Rouen ou Agen. Dans ces cas, il ne s'agit pas de restitutions, mais de créations architecturales dans la continuité des vestiges anciens. Aujourd'hui patrimonialisés, ces projets offrent des leçons d'interprétation stylistique selon une écriture architecturale contemporaine, d'intégration en harmonie avec le contexte environnant et d'usage de techniques constructives innovantes.

Que pouvons-nous apprendre des architectes qui ont bâti les églises en béton armé durant les cinquante ans qui précèdent l'Occupation de 1940 ? Leur tâche n'est pas des plus faciles, car ils doivent dessiner des bâtiments dont une grande partie du contenu architectural, symbolique et décoratif est fixée d'avance, alors que les techniques constructives, les courants artistiques et la société sont en train d'être bouleversés. Dans ce contexte d'effervescence générale, ils démontrent que la maîtrise de la grammaire architecturale traditionnelle fonctionne comme une boussole qui permet de conserver un lien spirituel avec le passé, tout en créant simultanément une innovation capable de résister au jugement patrimonial de la postérité. L'intérêt technique d'un objet bâti ne génère que rarement un attachement patrimonial, comme c'est le cas pour de nombreux ouvrages innovants réalisés avec les premiers bétons armés, mais qui n'ont pas d'âme. On ne peut pas être sensible à l'invisible, mais très intéressant système Mâtrai dont certaines stations de métro sont réalisées. Les impressionnants conduits en béton armé système Bonna ont représenté un énorme progrès, mais on n'hésitera pas à les remplacer au nom du même progrès. La préservation - acceptée - d'un édifice est intimement liée à sa valeur esthétique, façonnée à travers une méthodologie de composition passée de génération en génération. Elle utilise des schémas d'organisation spatiale ancestrales ou intuitives, des

proportions fondées sur l'échelle humaine, un vocabulaire de formes et de matériaux familiers, une décoration intégrée à l'architecture. Quelle meilleure preuve que celle livrée par Aimé Bonna qui, après avoir fait fortune avec ses conduits, décide de léguer à la postérité une église art-déco en béton armé dans sa ville natale ? Tout ceci révèle l'importance de l'enracinement de l'architecture dans le territoire et dans l'imaginaire collectif. Cette conclusion est importante pour juger le processus d'uniformisation et de perte du caractère régional commencé dans les années 1950 et aujourd'hui mondialisé. Aussi, l'intérêt esthétique ou artistique (la beauté objective) se manifeste comme une fonction en soi, chargée de sens environnemental, car elle crée l'affection nécessaire pour prolonger la vie de l'édifice (et donc réduire ses émissions de carbone) même après la disparition de son usage initial. Pour les églises, il s'agit d'un atout d'importance dans un contexte de diminution du nombre des fidèles.

Concernant les techniques d'entretien et de restauration des églises en béton armé, une connaissance pluridisciplinaire préalable est nécessaire. Elle porte, d'une part, sur les pathologies générales et particulières des premiers bétons armés, sur les modalités d'évaluation non destructive ou invasive, d'autre part, sur les procédés de réhabilitation. Dans les cas présentés, les désordres les plus fréquents sont générés par la mauvaise composition des bétons d'origine, l'exécution inadaptée, l'enrobage insuffisant des armatures, l'exposition aux intempéries en lien ou non avec un défaut de conception. La carbonatation des bétons peut produire la corrosion des fers qui, à leur tour, font éclater la matière en autoalimentant la pathologie. Des moyens d'auscultation à dispositifs connectés permettent de connaître l'état du béton armé et son comportement sans altérer l'édifice, alors que les techniques traditionnelles de prélèvement apportent des réponses plus directes, malgré leur caractère destructif. Parmi les procédés de réhabilitation des bétons armés dégradés, il faut noter les techniques traditionnelles de purge, application d'inhibiteurs de corrosion et reconstitution des matières, mais surtout les techniques électrochimiques de réalcalinisation pour le béton et de protection cathodique par courant imposé ou par courant galvanique pour les armatures. Il faut noter que, si ces procédés électrochimiques sont relativement simples, leur mise en œuvre fait l'objet d'un quasi-oligopole sur le marché actuel, sous la protection de brevets déposés par un nombre très réduit d'entreprises. Ainsi, en raison du savoir-faire protégé, mais notamment du système de commande publique, de réglementation et d'assurances dans le secteur du bâtiment, peu de sociétés ont la capacité de répondre aux appels d'offre.

Il faut compléter cette connaissance technique par des éléments de doctrine de restauration, afin de lui donner un sens intellectuel. Du point de vue terminologique, ce système d'idées utilise de manière intéressante un vocabulaire emprunté au domaine médical, passé par le jargon du génie civil : diagnostic, pathologie, cancer du béton, microchirurgie ou compresse. Sur le fond, le béton armé présente la particularité de ne pas se soumettre au déterminisme des méthodes de construction traditionnelles, comme c'est le cas pour la pierre, la brique ou le bois. Les églises en béton armé commencent à être protégées au titre des monuments historiques depuis environ trois décennies et ce processus est toujours en cours. De plus, le recul historique sur les chantiers de restauration du béton armé est très faible pour autoriser un jugement définitif sur les différentes idées émises par les

spécialistes. Au-delà de l'opportunisme de chantier et de la défense de son propre projet, ce qui définit les points communs de ces idées est le rapprochement intellectuel avec l'architecture de la pierre, sous l'influence de la philosophie classique de l'école française de restauration. Ceci permet de considérer que le remplacement de la matière est autorisé et qu'il faut être loyal au regard, donc à l'aspect du monument. Toutefois, l'usage de bétons armés différents de ceux existants s'impose régulièrement, alors que la pierre de restitution est recherchée dans la carrière d'origine, lorsque celle-ci est encore exploitable. Les pratiques nourrissent la doctrine, comme c'est le cas du chantier pionnier du Raincy, où les claustras sont restitués en béton neuf à armatures inox, ou du chantier de Rocquigny, où tout un clocher en béton armé réalisé sur place est démolé et restitué en pièces détachées de béton performant exécutées en atelier. La restauration expérimentale de Saint-Jean-de-Montmartre, où un réseau de baie est reconstitué en pièces détachées préfabriquées en BFUP, pourrait aussi prendre part à la constitution d'un recueil de méthodes acceptées. Les chantiers de restauration analogues peuvent contribuer à dessiner une ébauche de doctrine ou de méthodologie pour l'intervention sur le patrimoine en béton armé. Si dans l'absolu la restauration doit être globale, pour des raisons financières elle est généralement limitée à une partie de l'église, sinon effectuée en plusieurs tranches, parfois même sous la maîtrise d'œuvre de personnes différentes et séparées dans le temps et l'espace. Il ne faut pas oublier que l'entretien courant peut limiter les coûts très lourds des travaux de restauration, s'il est effectué dans le respect d'une vision globale cohérente et disciplinée du point de vue théorique et pratique. Cette vision doit s'appliquer aux bétons, mais aussi aux réseaux de chauffage, ventilation, électricité, plomberie ou sécurité incendie. À une époque où le nombre de monuments historiques augmente, alors que les moyens de l'État diminuent, sur un fond d'urgence climatique qui présente une réelle menace pour ces églises, l'entretien peut apporter des solutions économiques, rapides et, au sens large, écologiques. Remarquons que, pour l'église du Raincy, le coût total des différents chantiers de restauration dépasse de plusieurs fois le montant initial du chantier réalisé par les frères Perret, et ce n'est pas un cas isolé.

Le temps est implacable et contribuera à la définition d'une approche intellectuelle cohérente dans le domaine de la restauration et de l'entretien de ce patrimoine, car le vieillissement naturel des premiers bétons armés, faisant apparaître des désordres impossibles à contenir, imposera de nombreux travaux dans les décennies à venir. En attendant, un système administratif et professionnel est en place pour répondre de manière plus froide, purement technique, aux problèmes sanitaires quotidiens du bâti. Il s'agit notamment des services du ministère de la culture, des corps des architectes-fonctionnaires et des architectes spécialisés dans le patrimoine.

7.2 Ouvertures vers de nouveaux sujets de recherche

Le présent travail ne représente pas une finalité, au contraire, il ouvre la voie vers d'autres thèmes. Ces derniers peuvent être présentés de manière sélective et nécessairement subjective, compte tenu du fait que le sujet que nous avons traité a lui-même un caractère polymorphe.

Nous avons ébauché l'idée que, dans l'architecture religieuse d'avant 1940, le béton armé n'était pas prédestiné à un style ou à un courant en particulier, par exemple à l'architecture moderniste internationale ou au brutalisme, qui ont lourdement contribué à le dégrader dans l'imaginaire collectif malgré l'amour que lui ont toujours réservé les architectes. Il s'agit par conséquent d'un matériau chargé du sens qu'on a voulu lui donner. Concernant l'aspect stylistique, nous avons peu d'éléments de recherche synthétique sur la manière dont le béton armé est exploité, avant la Deuxième Guerre mondiale, en tant que remplaçant des formes anciennes en structure, charpente, décor moulé ou sculpture. C'est un sujet qui mérite d'être exploré.

L'usage artisanal du béton armé dans l'art traditionnel de bâtir précédant l'industrialisation de la construction est un autre sujet qui peut être approfondi en dépassant les limites d'un type architectural en particulier. Nous avons esquissé le foisonnement des technologies de mise en œuvre du béton armé qui, en parallèle avec leur caractère innovant, conservent un fond traditionnel exprimé principalement par la mise en œuvre de produits fabriqués sur place ou à proximité du chantier, selon une échelle humaine et des gestes artisanaux. Ces « circuits courts » permettent d'expliquer des variations architecturales régionales qui sont d'intérêt dans le contexte environnemental actuel.

Les premiers bétons armés ont mis plusieurs décennies à se dégrader à un niveau suffisant pour imposer de travaux conséquents. Les chantiers de restauration démarrés à partir des années 1980, notamment ceux portant sur l'architecture d'avant-garde moderniste, forment un sujet qui nécessite un bilan. Quels sont les enseignements tirés en termes de qualité physique de ce patrimoine, mais aussi de pérennité des réparations ? Le « cancer du béton » est-il un phénomène nécessitant des mesures palliatives périodiques ? Au-delà de la question du matériau béton armé, l'étude pourrait mettre en lumière les mécanismes qui déterminent la cristallisation ou non d'une méthodologie cohérente dans le domaine de la restauration du patrimoine récent.

Un sujet d'intérêt pratique dans les années à venir est celui de la reconversion des églises du XIX^e et XX^e siècles, dans un contexte de diminution de l'intérêt pour la pratique traditionnelle de la religion, mais aussi de maintien d'un attachement patrimonial, paysager ou social fort pour ces édifices.

Sur le plan historique, la qualité de l'œuvre des architectes comme Jacques Debat-Ponsan, Albert Paul Müller, Julien Barbier ou Henri Vidal mérite des études monographiques.

Concernant Paul Cottancin, sa réalisation au château de l'Ofrasière à Nouzilly, actuellement menacée, est digne d'une étude historique et patrimoniale qui pourrait justifier sa protection au titre des monuments historiques.

8. Bibliographie

8.1.1 Vocabulaire

DE VIGAN Jean. *Dicobat. Dictionnaire général du bâtiment*. Paris : Arcature, 18^e année, 7^e édition, 2008, 1213 p.

DE VOGÜÉ Dom Melchior, NEUFVILLE Dom Jean, BUGARA Dom Wenceslas. *Glossaire de termes techniques à l'usage des lecteurs de « la nuit des temps »*. La-Pierre-qui-vire : Zodiaque, 1989, 4^e édition, 535 p.

GRABAR Jacques. *Les voies de la création en iconographie chrétienne*. Paris : Flammarion, 1979, 341 p.

HAMON Françoise. La description de l'édifice du XX^e siècle. In : *In Situ*, N° 2, 2002. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/1185> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.1185> (Consulté le 10 août 2023).

KOCH Wilfried. *Baustilkunde : Das Standardwerk zur europäischen Baukunst von der Antike bis zur Gegenwart*. Bertelsmann Lexikon Inst., 2006, 552 p.

PEROUSE DE MONTCLOS Jean-Marie (dir.). *Architecture : description et vocabulaire méthodiques*. Paris : éditions du Patrimoine, Centre des monuments nationaux, 2011, 674 p.

STEVENS CURL James. *Dictionary of Architecture*. Oxford University Press, 1999, 896 p.

8.1.2 Généralités et histoire de l'architecture

*** Congrès des architectes français de 1896. La peinture à fresque. In : *L'Architecture*, N° 42, 1896, pp. 310-311 ; note par Louis-Charles Boileau sur le traité de peinture de Cennino Cennini.

*** *Encyclopédie de l'architecture. Constructions modernes*. Paris : Albert Morancé, s.d. (1929-1939), 12 tomes.

*** *L'exposition de Paris. Introduction d'Albert Laprade*. Paris : Librairie des arts décoratifs, 1937, 52 p.

ACHE Jean-Baptiste. *Éléments d'une histoire de l'art de bâtir*. Paris : Éditions du Moniteur des travaux publics. 577 p. ; pp. 340-343 et 381-387.

AGULHON M., CHOAY F., CRUBELLIER M., LEQUIN Y., RONCAYOLO M. *La Ville de l'âge industriel. Le cycle haussmannien. Histoire de la France urbaine*. Paris : Seuil, 1998, tome 4, 730 p.

ALLUCHON Jacqueline. Villa Emmanuel Chaine In : Casablanca, Architectures 19^e et 20^e siècles. URL : <http://mutualheritage-casablanca.univ-tours.fr/items/show/26> (Consulté le 10 août 2023).

ARNAUD Édouard. *Cours d'architecture et de construction civiles. Tome 1*. Paris : Imprimerie des arts et manufactures, 1925, 554 p.

AZÉMA Léon. *Documents d'architecture contemporaine. Tome 1*. Paris : A. Vincent et C^{ie}, 1927, 54 pl.

AZÉMA Léon. *Documents d'architecture contemporaine. Tome 2*. Paris : A. Vincent et C^{ie}, 1928, 54 pl.

BADOVICI Jean. Architectures d'aujourd'hui. In : *Architecture vivante*, automne & hiver 1923, pp. 7-20.

BANHAM Reyner. *À Concrete Atlantis. U.S. Industrial Building and European Modern Architecture*. MIT Press, 1986, 274 p.

BATAILLE Athanase. *Nouveau manuel complet de construction moderne - Manuels Roret*. Édition refondue par N. Chrysoschoïdès. Paris : L. Mulo, 1903, 643 p.

BAUDOIN Marcel. *Guide médical à l'Exposition universelle internationale de 1889, à Paris*. Paris : E. Lecrosnier et Babé, 1889.

BELLAT Fabien. Georges Closson. L'architecte, l'Orient et l'ordinaire. In : *Livraisons de l'histoire de l'architecture*, N° 18, 2009. URL : <http://lha.revues.org/219> (Consulté le 10 août 2023).

BESNARD Charles-Henri. *Le mont Saint-Michel*. Paris : Henri Laurens, 1945, 144 p.

BORIE Alain, MICHELONI Pierre, PINON Pierre. *Forme et déformation des objets architecturaux et urbains*. Paris : Parenthèses, 2006, 256 p.

BOYER Jacques. Comment on construit une maison au XX^e siècle. In : *Touche-à-tout*, Paris, N° 7, 15 juillet 1912, pp. 37-44.

BRINCOURT M. Le nouveau théâtre des Champs-Élysées. In : *L'Architecture*, N° 20, 17 mai 1913, pp. 157-164.

CHAMPIGNEULLE Bernard. *L'architecture du XX^e siècle*. Paris : PUF, 1962, 163 p.

CHOAY Françoise. *Urbanisme, utopies et réalités. Une anthologie*. Paris : Seuil, 1979, 446 p.

CHOISY Auguste. *Histoire de l'Architecture*. Paris : Gauthier-Villars, 1899, tome 2, 800 p.

CLAVAL Florence. *Le Guide du Promeneur. 15^e arrondissement*. Paris : Parigramme, 1994, 192 p.

CLOQUET Louis. *Traité d'architecture*. Paris et Liège : Baudry/Béranger, 5 tomes, 1898-1901.

COLL. *Dictionnaire des églises de France*, tome III b - Guyenne. Paris : Robert Laffont, 1967.

COLL. *Le patrimoine des communes du Val de Marne*. Paris : Flohic, 1993, 444 p.

CURINIER C.-E. *Dictionnaire national des contemporains*. Paris : B. Brunel, 1900, tome II, 372 p.

CURTIS William J. R. *Architecture moderne depuis 1900*. Phaidon France, 2004, 736 p.

DAGEN Philippe. *Le Silence des peintres. Les artistes face à la Grande guerre*. Paris : Fayard, 1996, 338 p.

DE BAUDOT Anatole. *Églises de bourgs et villages*. Paris : À. Morel, 1867, 2 tomes, 40 p. et 70 pl., 40 p. et 80 pl.

DE BAUDOT Anatole. *L'Architecture - le passé - le présent*. Paris : Henri Laurens, 1916, 221 p.

DE BAUDOT Anatole. *L'Architecture et le ciment armé*, Paris : Office général d'éditions artistiques, 1904, 47 p.

DE L'ORME Philibert. *Inventions pour bien bastir et à petits fraiz*. Paris, 1561.

DE QUINCY Quatèmère. *Considérations morales sur la destination des ouvrages de l'art, suivi de Lettres sur l'enlèvement des ouvrages de l'art antique à Athènes et à Rome*. Paris : Fayard, 1989 ; premières éditions en 1815 et 1836.

FRAMPTON Kenneth. *Architecture moderne - une histoire critique*. Thames and Hudson, 2004, 400 p.

GENUYS Charles. Leçon inaugurale à l'École de Chaillot. MPP, N° 80/58/2, procès-verbaux de la commission des monuments historiques.

GEORGEON-LISKENNE Anne. Le point de vue critique de la presse architecturale germanique sur l'architecture contemporaine française dans les années 1840-1914. In : *Livraisons d'histoire de l'architecture et des arts qui s'y rattachent*, N° 2, 2001, p. 37-51.

GERVEREAU Laurent. *Histoire du visuel au XX^e siècle*. Paris : Seuil, 2000, 534 p.

GIEDION Siegfried. *Construire en France. Construire en fer. Construire en béton*, avant-propos de Jean-Louis Cohen. Paris : Éditions de la Villette (première édition allemande 1928), XLVI-128 p.

GIEDION Siegfried. *Espace, temps, architecture*. Paris : Denoël, 2004, 534 p.

GUADET Julien. *Éléments et théorie de l'architecture*. Tome 3. 6^e édition, Paris : Librairie de la construction moderne Aulanier, 1930, 601 p.

GUTTON André. *Conversation sur l'architecture*. Tome IIIa. Paris : éd. Vincent, Fréal et C^{ie}, 1956, 415 p.

HITCHCOCK Henry Russell. *Architecture. Dix-neuvième et vingtième siècles*. Bruxelles : Mardaga, 1981.

JAPPE Anselme. *Béton armé. Arme de construction massive du capitalisme*. Paris : Éditions L'Échappée, 2020, 194 p.

KURRER Karl-Eugen. *The History of the Theory of Structures : Searching for Equilibrium*. Wiles : Wilhelm Ernst & Sohn, 2018, 1218 p.

LAPIERRE Eric. *Guide d'architecture Paris 1900-2008*. Paris : Pavillon de l'Arsenal, 2008. Article Saint Pierre de Chaillot.

LE CORBUSIER. *L'Art décoratif d'aujourd'hui*. Paris : Flammarion, 1996 (première édition 1925), 218 p.

LE CORBUSIER. *La Charte d'Athènes suivie des Entretiens avec les étudiants des écoles d'architecture*. Paris : éditions de Minuit, 1957 (première édition 1943), 190 p.

LE CORBUSIER. *Lettres à ses maîtres I. Lettres à Auguste Perret*, édition établie par Marie-Jeanne Dumont. Paris : Linteau, 2002, 256 p.

- LE CORBUSIER. *Lettres à ses maîtres II. Lettres à Charles L'Eplattenier*, édition établie par Marie-Jeanne DUMONT. Paris : Linteau, 2006, 310 p.
- LE CORBUSIER. *Vers une architecture*. Paris : Flammarion, 1995 (première édition 1923), XXII-254 p.
- LENIAUD Jean-Michel. *Vingt siècles d'architecture religieuse en France*. Paris : CNDP, 2007, 268 p.
- LOUPIAC Claude, MENGIN Christine. *L'Architecture moderne en France. 1889-1940*. Paris : Picard, 2000, 280 p.
- LOYER François, TOULIER Bernard (dir.). *Le Régionalisme, architecture et identité*. Paris : Centre des monuments nationaux, éditions du Patrimoine - Monum, 2001, 280 p.
- LOYER François. *Histoire de l'architecture française de la Révolution à nos jours*. Paris : Mengès-Éditions du Patrimoine, 1999, 498 p.
- LOYER François. *Le siècle de l'industrie*. Genève : Éditions Skira. De Architectura, 1983, 320 p.
- MAGNE Henri-Marcel. *L'Architecture*. Paris : F. Rieder et Cie éditeurs, 1922, pp. 81-82.
- MASSEL Christiane, MAURER Pierre, PIGNON-FELLER Christiane. *Metz 1919-1939/ Au temps de l'art-déco - Urbanisme & architecture*. Vaux : Serge Domini, 2016, pp. 132-139.
- MAYEUR Jean-Marie. Géographie de la résistance aux inventaires (février-mars 1906). In : *Annales. Economies - Sociétés - Civilisations*, 1966, p. 1259-1272.
- MIDANT Jean-Paul (dir.). *Dictionnaire de l'architecture du XX^e siècle*. Paris : Hazan-Institut français d'architecture, 1996, 1012 p.
- MIGNARD R. *Guide des constructeurs. Traité complet des connaissances théoriques et pratiques relatives aux constructions*. Sixième édition refondue par À. L. Cordeau. Paris : E. Lévy, 1898, 90 pl.
- MILLAIS Malcom. *Exploding the Myths of Modern Architecture*. Frances Lincoln, 2016, 296 p.
- NORA Pierre, « L'Histoire de France de Lavisse. Pietas erga patriam » dans NORA Pierre (dir.). *Les Lieux de mémoire II. La Nation*. Tome 1. Paris : Gallimard, 1986, XXII-610 p., pp. 317-375.
- LOUDON Bernard. *Dictionnaire des architectes*. Paris : Seghers, 1994, 664 p.
- PEVSNER Nikolaus. *Buildings in England : South Devon*. Londres : Penguin books, 1952, 351 p.
- POUILLET Eugène. *Traité théorique et pratique des brevets d'invention et de la contrefaçon*. Paris : Marchal et Billard, 1879, 856 p.
- RAGON Michel. *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme moderne. Naissance de la cité moderne, 1900-1940*. Tournai : Casterman, 1986, 348 p.
- RAGON Michel. *Le Livre de l'architecture moderne*. Paris : Robert Laffont, 1958, 356 p.
- RANJARD Michel. Château de Chambord. Travaux depuis 1945. In : *Les Monuments historiques de la France*, janvier-mars 1961, pp. 1-12.
- RÉAU Louis. *Historie du vandalisme*. Paris : Hachette, 1959, 2 vol., 424 et 344 p., réédition augmentée Robert Laffont, 1994, 1190 p.
- SIRINELLI Jean-François. *Intellectuels et passions françaises. Manifestes et pétitions au XX^e siècle*. Paris : Fayard, 1990, p. 366.

STEVENS CURL James. *Making Dystopia. The Strange Rise and Survival of Architectural Barbarism*. Oxford University Press, 2018, 589 p.

TALENTI Simona. *L'Histoire de l'architecture en France. Émergence d'une discipline (1863- 1914)*. Paris : Picard, 2000, 290 p.

TEXIER Simon. Archives d'architectes et églises du XX^e siècle. In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/4295> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.4295> (Consulté le 10 août 2023).

THÉVENON Luc. *1918-1958, La Côte d'Azur et la modernité*. Paris : Réunion des Musées nationaux, 1997, p. 155.

VIGATO Jean-Claude. *L'architecture régionaliste. France 1890-1950*. Paris : Norma, 1994, 390 p.

VIGATO Jean-Claude. *Le Jeu des modèles, les modèles en jeu. Doctrines architecturales dans l'Entre-deux-guerres, tome I. Rapport d'étude N° 77 73 049 00 202 75 01*, Villers-lès-Nancy, C.E.M.P.À., 1980, 232 p.

VIGATO Jean-Claude. Prix de Rome modernes, 1919-1939. In : *Monuments historiques*, N° 123, octobre-novembre 1982, « Grands Prix de Rome d'architecture », pp. 77-86.

VIOLLET-LE-DUC Eugène Emmanuel. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XV^e siècles*. Paris : Bance-Morel, 1854-1868.

VIOLLET-LE-DUC Eugène Emmanuel. *Histoire d'un hôtel de ville et d'une cathédrale*. Paris : Berger-Levrault, 1978, 284 p. Première édition 1878.

8.1.3 Monographies d'architectes

*** *Albert Paul Muller, Laon. Œuvres architecturales 1926-1932*. Strasbourg : EDARI, s.d. (années 1930), 35 p.

*** Anatole de Baudot (1834-1915). Numéro spécial. In : *Rassegna*, N° 68, 1996, 100 p.

*** *Architecture contemporaine. La nouvelle bibliothèque d'architecture. Tome IV. Édition spéciale : œuvres architecturales de monsieur François Lecœur architecte du gouvernement – Paris*. Strasbourg : EDARI, s.d. (1933 ?), préface de Marcel Mayer.

*** Auguste Perret, huit chefs d'œuvre ! / ? - Architectures du béton armé. Exposition. Salle hypostyle du Palais d'Iéna, Paris. 7 novembre 2013 - 19 février 2014.

*** *Gustave Poubel. Architecte diplômé par le gouvernement à Roubaix*. Strasbourg : EDARI, s.d. (années 1930), 21 p.

*** *Jacques Debat-Ponsan architecte en chef du gouvernement. Travaux d'architecture*. Strasbourg : EDARI, s.d. (années 1930), 44 p.

*** *Les Monuments historiques de la France*, juillet-septembre 1965, pp. 103-186. Numéro dédié à Anatole de Baudot.

*** *Pierre Leprince-Ringuet. Travaux d'architecture*. Strasbourg : EDARI, s.d. (1935 ?), pp. 62-74.

ABRAM Joseph. *Auguste Perret*. Paris : éditions du Patrimoine, 2010, 216 p.

- ABRAM Joseph. *Perret et l'école du classicisme structurel (1910-1960)*. Nancy et Paris. École nationale supérieure d'architecture de Nancy, 1985, 2 vol, 384 p. et 145 p.
- AUBERT Michel. Nécrologie-Pierre Paquet. In : *Bulletin monumental*, N° 117-4, 1959, pp. 291-292.
- BOUDON Françoise. Recherche sur la pensée et l'œuvre d'Anatole de Baudot, 1834-1915. In : *AMC*, N° 28, mars 1973.
- BRITTON Karla. *Auguste Perret*. Phaidon Press, 2001, 256 p.
- CHAMPIGNEULLE Bernard. *Perret*. Paris : Arts et métiers graphique, 1959, 159 p.
- CINQUALBRE Olivier (dir.). *Robert Mallet-Stevens : l'œuvre complète*. Paris : Centre Pompidou, 2005, 238 p.
- COHEN Jean-Louis, ABRAM Joseph, LAMBERT Guy (dir.). *Encyclopédie Perret*. Paris : éditions du Patrimoine et Moniteur, 2002, 446 p.
- CULOT Maurice, MEADE Martin (dir.). *Dom Bellot, moine - architecte*. Paris : Norma, 1996, 272 p.
- DION Mathilde. *Notices biographiques d'architectes français- Pierre Pinsard*, Paris : IFA/Archives d'architecture du XX^e siècle, 1991 (rapport dactylographié pour la Direction du Patrimoine). URL : http://archiwebture.citechaillot.fr/pdf/asso/FRAPN02_PINPI_BIO.pdf, (Consulté le 10 août 2023).
- FALLACARA Giuseppe, TAMBORERO Luc, BROCAT Maurizio. Viollet-le-Duc et les ossatures constructives mixtes - spéculations morphologiques-constructives sur le thème de l'arc armé. In : TIMBERT Arnaud (dir.). *Matériaux et techniques de construction chez Viollet-le-Duc*. Paris : Éditions du Patrimoine, 2014. pp. 153-163.
- GENUITE Magalie. Pierre Pinsard (1906-1988), architecte de l'ascèse. In : *Colonnes*, N° 13, avril 1999, p. 10.
- JAMOT Paul. *À.G. Perret et l'architecture du béton armé*. Paris et Bruxelles : G. Vanoest, 1927, 99 p. et 48 pl.
- LAFONT Lucas. *Édouard Arnaud et la démocratisation du béton armé*. Sous la direction de Sophie Paviol. Mémoire de master, ENSA Grenoble, 2020, 36 p.
- LAURENT Christophe, LAMBERT Guy, ABRAM Joseph (éd.). *Auguste Perret - anthologie des écrits, conférences et entretiens*. Paris : Le Moniteur, 2006, 830 p.
- LENIAUD Jean-Michel. *Les Bâtisseurs d'avenir. Portraits d'architectes. XIX^e-XX^e siècles. Fontaine, Viollet-le-Duc, Hankar, Horta, Guimard, Tony Garnier, Le Corbusier*. Paris : Fayard, 1998, 504 p.
- MIDANT Jean-Paul. *Au Moyen Âge avec Viollet-le-Duc*. Paris : Paragon, 2001, 144 p.
- PIGAFETTA Giorgio, MASTRORILLI Antonella. *Paul Tournon architecte (1881-1964) - le « Moderniste sage »*. Bruxelles : Mardaga, 2004, 197 p.
- PONGE Geneviève. *Jacques Droz, Architecte 1882-1955*. Mémoire de maîtrise. Université Paris IV Sorbonne, 1987.
- RAGOT Gilles, DION Mathilde. *Le Corbusier en France. Projets et réalisations*. Paris : Groupe Moniteur, 1997, 416 p.

SIMONNET Cyrille. *Robert Maillart et la pensée constructive*. Gollion : Infolio, 2013, 155 p.

8.1.4 Première reconstruction

*** Reconstructions en Picardie après 1918. Paris : Réunion des musées nationaux, 2000, 312 p.

*** Reconstructions et modernisation. La France après les ruines. 1918-194. Paris : Archives nationales, 1991, 310 p.

*** Les reconstructions des années 1920 et 1950 en Lorraine. Un renouveau architectural et urbain. N° hors-série de *La Gazette Lorraine*, septembre 2011, 111 p.

BECKER Annette. *La Guerre et la foi. De la mort à la mémoire. 1914-1930*. Paris : Armand Colin, 1994, 142 p.

BEDHOMME Stéphane. *Reconstruire le Chemin des Dames (1919-1939)*. Thèse de doctorat en histoire militaire. Université de Montpellier III Paul Valéry, 2012, 579 p.

BOUVET Mireille (dir.). *Les Vosges après les ruines. Reconstruction et modernisation, 1918-1945*, catalogue de l'exposition présentée à l'hôtel du Département, 7 octobre-15 novembre 1991. Epinal : Conseil général des Vosges, 1991, 36 p.

BRION Simone. Les transformations du village rural dans la zone dévastée de la Meuse (guerre 1914-1918). In : *Annales de l'Est*, 1935, pp. 3-29.

BUSSIERE Éric, MARCILLOUX Patrice, VARASCHIN Denis (dir.). *La Grande reconstruction. Reconstruire le Pas-de-Calais après la Grande Guerre*. Actes du colloque d'Arras (8 au 10 novembre 2000). Arras : Archives départementales du Pas-de-Calais, 2002, 478 p.

CAPPRONNIER Jean-Charles, MARGUIN-HAMON Elsa, SMITH Paul. Le Patrimoine de la Grande Guerre. In : *In Situ*, N° 25, 22 décembre 2014. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/11683> (Consulté le 10 août 2023).

CAPPRONNIER Jean-Charles. *L'agence d'architecture de Charles Duval et Emmanuel Gonse (1905-1937) et les enjeux de la première reconstruction*. Thèse de doctorat en histoire de l'architecture (sous la dir. de LOYER François). Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, 2007.

CHALINE Nadine-Josette (dir.). *Chrétiens dans la Première Guerre mondiale*. Paris : Le Cerf, 1993, 202 p.

CLOUT Hugh D. La reconstruction de la campagne au Nord de la France, 1918-1930. In : *Hérodote*, N° 74-75, 1994, pp. 111-126.

DIEUDONNE Patrick, VIGATO Jean-Claude. *La Reconstruction. Guide de l'urbanisme et de l'architecture en Meurthe-et-Moselle de 1919 à 1930*. Nancy : CAUE de Meurthe-et-Moselle, s.d., 20 p.

HENNART Émile. La cathédrale d'Arras sous les bombes. Diocèse d'Arras. URL : <http://arras.catholique.fr/cathedrale-arras-sous-bombes.html> (Consulté le 10 août 2023).

INVENTAIRE général du patrimoine culturel. Région Picardie. *Architectures de la reconstruction dans l'est de la Somme*. Réd. Carmen Popescu, collab. Aline Magnien, photographes Jean-Claude Rime, Thierry Lefébure. Lyon : Lieux Dits, 2006 (Itinéraires du patrimoine, 297), 72 p.

INVENTAIRE général du patrimoine culturel. Région Picardie. *La Reconstruction dans l'est de la Somme : l'architecture religieuse et son décor*. Réd. Céline Frémaux, photographes Jean-Claude Rime, Thierry Lefébure. Trouville-sur-Mer : Illustria, 2007 (Parcours du patrimoine, 330).

MAGNE Lucien. La Guerre et les monuments. Cathédrale de Reims. Ypres. Louvain. Arras. Paris-Nancy : Librairie militaire Berger-Levrault, 1915, 101 p.

MARCILLOUX Patrice. Etiam periere ruinae. À propos des vestiges et souvenirs de guerre dans le Pas-de-Calais. In : *Revue du Nord*, N° 325, 1998, pp. 449-468.

PROST Antoine. Les représentations de la guerre dans la culture française de l'Entre-deux guerres. In : *Vingtième siècle*, N° 41, janvier-mars 1994, pp. 23-31.

VIGATO Jean-Claude. *L'Architecture régionaliste. France, 1890-1950*. Paris : Norma-Institut français d'architecture, 1994, 392 p.

8.1.5 Histoire du béton armé

*** *Béton et patrimoine*. Actes du Colloque organisé par ICOMOS France, Le Havre, 5, 6, 7 décembre 1996. Les cahiers de la section française de l'ICOMOS, 1999.

*** Blocs coulés en ciment destinés à la construction, et châssis pour les mouler par M. Behrens. In : *Le Ciment*, N° 12, 1898, pp. 101-104.

*** Blocs creux en béton. Nouvelle machine perfectionnée. In : *Le Ciment*, N° 10, octobre 1911, pp. 197-198.

*** Ciment et chaux hydrauliques. In : *Annales des chemins vicinaux*, juin 1893, p. 206.

*** Circulaire prussienne relative aux constructions en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 9, 1907, pp. 137-139 ; N° 10, pp. 146-155 ; N° 11, pp. 166-169 ; N° 12, pp. 187-190.

*** Commission du ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 2, 1901, p. 32.

*** Commission ministérielle du ciment armé. Allocution du président : M. l'inspecteur général Lorieux. In : *Le Ciment*, N° 3, 1901, pp. 35-37.

*** Constructions civiles- constructions en ciment avec ossature métallique. In : *Annales industrielles*, 21ème année, 10 mars 1889, pp. 295-298.

*** Constructions en ciment armé par claveaux système Monnoyer. In : *Le Ciment*, N° 12, 1911, pp. 223-227, N° 1, 1912, pp. 8-10.

*** Dalles creuses en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 9, 1909, pp. 166-169.

*** Dalles-champignon. In : *Bulletin du ciment*, N° 17, mai 1945, pp. 1-6.

*** Déclarations de faillites (Cottancin, n.a.). In : *Le Petit journal*, Paris, 31 octobre 1904, p. 4.

*** Déclarations de faillites (Cottancin, n.a.). In : *Le Rappel*, Paris, 12 novembre 1904, p. 29.

*** Habitations à bon marché. In : *La Construction moderne*, 28 juillet 1912, pp. 524-525.

- *** Immeuble en ciment armé système Ed. Coignet (Banque spéciale des valeurs industrielles). In : *Le Ciment*, N° 2, 1900, pp. 21-23.
- *** La maison en ciment armé de l'avenue de la République. In : *Le Ciment*, N° 7, 1898, pp. 97-99.
- *** Le béton armé au Tribunal civil. In : *Le Béton armé*, N° 32, 1901, pp. 1-4.
- *** Le béton armé en Cour d'Appel. In : *Le Béton armé*, N° 49, 1902, pp. 1-4.
- *** Le béton armé système Hennebique à la Compagnie générale des omnibus. In : *Le Béton armé*, N° 184, septembre 1913, pp. 136-138.
- *** Le métal déployé. In : *Le Ciment*, N° 11, 1898, pp. 173-175.
- *** Les pierres creuses ou building blocks. In : *Le Ciment*, N° 5, 1906, pp. 72-75.
- *** Les travaux en ciment armé - Correspondance. In : *L'Architecture*, N° 40, 1896, pp. 299-300.
- *** Les travaux en ciment armé. In : *L'Architecture*, N° 42, 1896, pp. 313-314.
- *** Liste de nouveaux brevets. In : *La Céramique et la verrerie, journal de la chambre syndicale*, 15 juillet 1894, p. 82.
- *** Maison coulées. In : *Le Ciment*, N° 4, 1912, pp. 64-66.
- *** Maison de rapport, Rue Danton N° 1 à Paris. In : *Le Béton armé*, N° 41, octobre 1901, p. 59.
- *** Modifications commerciales. In : *Revue pratique de l'électricité*, deuxième série, Paris, 20 novembre 1905, p. 31.
- *** *Notice sur les procédés de construction en murs creux système Nasousky brevetés en France et à l'étranger*. Paris : imprimerie E. Rasquin, s.d., 29 p.
- *** Nouveau système de construction en ciment armé d'égale résistance à la flexion, système Edmond Coignet. In : *Le Ciment*, N° 6, 1907, pp. 82-87.
- *** Nouveau système de murs en béton. In : *Le Ciment*, N° 5, mai 1905, pp. 68-69.
- *** Nouveaux matériaux à emboîtement moulés en béton avec armature intérieure. In : *Le Ciment*, N° 2, 1902, pp. 22-27.
- *** Pierres artificielles - building blocks. In : *Le Ciment*, N° 4, 1904, pp. 70-73 et N° 5, pp. 86-90.
- *** Pierres artificielles américaines ou Building Blocks. In : *Le Ciment*, N° 6, juin 1904, pp. 86-90.
- *** Pierres creuses en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 9, 1903, p. 144.
- *** Poteaux creux en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 3, 1910, pp. 50-55.
- *** Pourquoi et en quoi les propriétés du ciment fondu différent de celles du ciment portland artificiel. In : *Travaux*, février 1936, pp. 86-87.
- *** Poutres hourdis en ciment armé système Mohr-Habay. In : *Le Ciment*, N° 6, 1906, pp. 92-94.
- *** *Projet de règlement sur les constructions en béton armé établi par la commission d'études techniques de la chambre syndicale*. Paris : Gauthier-Villars et C^{ie}, 1928, 43 p.

- *** Reinforced Concrete : Ideologies and Forms from Hennebique to Hilberseimer. In : *Rassegna*. N° 49/1, mars 1992, 88 p.
- *** Spécial béton. In : *Travaux*, N° 898, juillet-août 2013, 120 p.
- *** Un nouveau système de béton armé (système Siegart). In : *Le Ciment*, N° 3, 1903, pp. 40-44.
- *** Une nouvelle barre américaine. In : *Le Ciment*, N° 2, 1907, p. 80.
- *** Appareil pour la fabrication de blocs creux de béton ou de ciment par la société Larralde, Figueredo y compania. In : *Le Ciment*, N° 3, mars 1911, p. 57.
- ACHE Jean-Baptiste. Les débuts du ciment armé. *Techniques et Architecture*, N° 4, 1955, p. 48.
- AIMOND Fernand. Les voiles minces en forme de paraboloïde hyperbolique. In : *Le Génie civil*, N° 102 (8), 25 février 1933.
- AIMOND Fernand. L'évolution de la construction des hangars d'aviation. In : *L'Aviation française*, N° 3, 1936, pp. 255-264.
- ARNAUD Édouard. Réponse de M. Arnaud. In : *Le Béton armé*, N° 36, 1901, pp. 3-5.
- AUTISSIER Jean. Aperçu du développement du béton armé depuis 1906. In : *Techniques et Architecture*, N° 4, 1955, pp. 51-52.
- BALENCY-BEARN André. Le béton armé et le bâtiment. Conquete et promesses. In : *Cent ans de béton armé : 1849-1949. Travaux*, N° 194 bis (supplément), 1950, pp. 112-119.
- BARAT G. Pont à poutres Vierendeel sur le Libron (Hérault). In : *Travaux*, juin 1943, pp. 200-202.
- BÉRARD Édouard. *Ferme en ciment armé*. Brevet N° 401.899, délivré le 14 août 1909.
- BÉRARD Édouard. *Improvements in Reinforced Concrete Walls*. Patent (brevet) N° 18.177 (Grande Bretagne), 8 août 1910.
- BÉRARD Édouard. *Improvements relating to Constructions of Reinforced Cement or Concrete*. Patent (brevet) N° 17.972 (Grande Bretagne), délivré le 13 décembre 1906.
- BÉRARD Édouard. *Mode d'appareillage de murs en ciment armé*. Brevet N° 402.522, délivré le 1^{er} septembre 1909.
- BÉRARD Édouard. *Mur en béton armé*. Brevet N° 401.748, délivré le 9 août 1909.
- BÉRARD Édouard. *Plancher en ciment armé*. Brevet N° 405.503, délivré le 17 novembre 1909.
- BÉRARD Édouard. *Système de construction par pièces de charpente séparées et panneaux de remplissage en ciment armé*. Brevet N° 357.053, délivré le 26 octobre 1905.
- BÉRARD Édouard. *Système d'établissement de plafonds et planchers dans les constructions en pièces et panneaux de ciment armé*. Brevet N° 356.816, délivré le 9 décembre 1905.
- BÉRARD Édouard. *Voûtes et coupoles en ciment armé*. Brevet N° 402.840, délivré le 9 septembre 1909.
- BERGER C., GUILLERME V. *La construction en ciment armé. Applications générales, théories et systèmes divers*. Paris : Dunod, 1902, 887 p.

- BESNARD Charles-Henri. *Improvements in roofing*. US Patent (brevet) N° 1.419.126 (États-Unis), délivré le 13 juin 1922.
- BESNARD Charles-Henri. *Procédé de construction rapide d'habitation par l'emploi de matériaux en ciment armé préalablement préparés en série*. Brevet N° 486.783, 8 mai 1918.
- BOILEAU Louis-Charles. Causerie. In : *L'Architecture*, N° 37, 1906, pp. 325-328.
- BOILEAU Louis-Charles. Le ciment armé - Nouvelle méthode d'application. In : *L'Architecture*, N° 44, 1895, pp. 369-375 ; N° 45, 1895, pp. 380-382 ; N° 46, 1895, pp. 388-391 ; N° 48, 1895, pp. 402-404 ; N° 49, 1895, pp. 411-412.
- BOILEAU Louis-Charles. Le ciment armé et l'art de l'architecture. In : *L'Architecture*, N° 49, 1905, pp. 454-457 et N° 51, 1905, pp. 471-473.
- BOTTON François. Un prototype d'architecture orientaliste en béton moulé : la Casamaures à Saint-Martin-le-Vinoux -Isère. In : *Béton et patrimoine*. Actes du Colloque organisé par ICOMOS France, Le Havre, 5, 6, 7 décembre 1996. Les cahiers de la section française de l'ICOMOS, 1999, pp. 115-117.
- BOUSSIRON Simon. *Note sur les constructions en ciment armé (système Boussiron). Description, avantages, théorie du système*. Paris : Ch. Béranger, 1899, 31 p.
- BRUNON GUARDIA G. Les Arts- Généalogie du béton armé. In : *L'Intransigeant*, 12 août 1934, p. 6.
- CAMPUS F. *René Féret*. Extrait du bulletin du Centre d'études, de recherches et d'essais scientifiques des constructions du génie civil et hydraulique fluviale. Bruxelles : 1948, tome 3.
- CANDLOT Édouard. *Ciment et chaux hydrauliques, fabrication, propriétés, emploi*. Paris : Baudry et C^{ie}, 1891, 346 p.
- CANDLOT Édouard. *Ciments et chaux hydrauliques. Fabrication, propriétés, emploi*. Paris : Librairie polytechnique Baudry et C^{ie}, 1891, 346 p.
- CAQUOT À. Béton armé. In : *Techniques et Architecture*, N° 4, 1955, pp. 49-50.
- CAQUOT À., CHALUMEAU E., BRICE. L.-P., FREYSINNET E. Cinquante ans de béton armé. In : *Travaux*, mai 1943, pp. 165-183.
- CAQUOT Albert. Naissance du béton armé. In : *Cent ans de béton armé : 1849-1949. Travaux*, N° 194 bis (supplément), 1950, pp. 42-46.
- CARBONNET Muriel. Charles-Henri Besnard, Les débuts de la préfabrication. In : *Béton(s)*. N° 58, mai - juin 2015, p. 66.
- CARREAU-VACHET Isabelle. François Lecœur (1872-1934), un pionnier du ciment armé en France. In : *Colonnes*. N° 10, novembre 1997, pp. 13-20.
- CHALOS Marcel. *Cours de béton armé*. Manuscrit. École nationale des ponts et chaussées. 1940-1941. ENPC-COU-4-29662-1940, 218 p.
- CHEKROUN Mathieu. *Caractérisation mécanique des premiers centimètres du béton avec des ondes de surface*. Thèse de doctorat en mécanique. École Centrale de Nantes, 2008, 148 p.
- CHRISTOPHE Paul. Le béton armé et ses applications. In : *Le Béton armé*, N° 14-23, juillet 1899-avril 1900.

- CHRISTOPHE Paul. *Le béton armé et ses applications*. Paris-Liège : Charles Béranger, 1902, XIX-755 p.
- CLAUSEN Carlo, CLAUSEN H. Les planchers creux en béton armé système Hennebique sur moule d'acier breveté par S. de Mollins. In : *Le Béton armé*, N° 105, février 1907, pp. 17-24.
- CLÉMENT-GRANDCOUR Charles. Lycée de jeunes filles, cours de Vincennes à Paris. In : *La Construction moderne*, 9 mai 1937, pp. 532-539.
- CLOQUET Louis. L'emploi du béton armé en architecture. In : *Le Béton armé*, N° 17, 1908, pp. 17-24.
- COIGNET Edmond. La traversée souterraine de la Seine de la ligne du chemin de fer métropolitain de Paris. In : *Le Ciment*, N° 2, 1905, pp. 20-23 et N° 3, 1905, pp. 34-42.
- COIGNET François. *Des bétons agglomérés appliqués à l'art de construire. Mémoire adressé à la commission des arts insalubres de l'Académie des sciences pour concourir au prix Montyon*. Paris : Imprimerie administrative G. Jousset Clet et C^{ie}, 1861, 68 p.
- COLL. *Joseph Monier et la naissance du ciment armé*. Paris : Le Linteau, 2001, 180 p.
- COLLINS Peter. *Concrete : The Vision of a New Architecture*. Faber and Faber, 1959, 307 p.
- COLLINS Peter. *Splendeur du béton*, traduction de Pierre Lebrun. Paris : Hazan, 1995, 576 p.
- COTTANCIN Paul, BIGOT Alexandre. Brevet N° 311.095. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 2243, janvier 1903, p. 1219.
- COTTANCIN Paul, CANDLOT Édouard. Brevet N° 236.023. In : *Bulletin des lois de la République française*, N° 1727, juillet 1896, pp. 718-719.
- COTTANCIN Paul. Brevet N° 196.773 et 196.774. In : *Bulletin des lois de la République française*. N° 1290, juillet 1889, p. 1034.
- COTTANCIN PAUL. Brevet N° 210.293. *Travaux en matières plastiques avec ossature composée*. 18 décembre 1890.
- COTTANCIN Paul. Brevet N° 222.074. In : *Bulletin des lois de la République française*. N° 1569, juillet 1893, p. 185.
- COTTANCIN PAUL. Brevet N° 223.546. *Combinaison particulière du métal et du ciment en vue de la création de poutres très légères et de haute résistance*. 8 août 1892, avec le certificat d'addition du 7 août 1893.
- COTTANCIN Paul. Brevet N° 227.216. In : *Bulletin des lois de la République française*. N° 1653, juillet 1894, p. 478.
- COTTANCIN Paul. Brevet N° 236.023. In : *Bulletin des lois de la République française*. N° 1727, juillet 1896, pp. 718-719.
- COTTANCIN Paul. Brevet N° 241.343. In : *Bulletin des lois de la République française*. N° 1791, juillet 1896, p. 35.
- COTTANCIN Paul. Brevet N° 241.679. In : *Bulletin des lois de la République française*. N° 1791, juillet 1896, p. 53.
- COTTANCIN Paul. Brevet N° 242.238. In : *Bulletin des lois de la République française*. N° 1791, juillet 1896, p. 82.

- COTTANCIN Paul. Brevet N° 245.727. In : *Bulletin des lois de la République française*. N° 1808, juillet 1896, p. 813.
- COTTANCIN Paul. Brevet N° 335.625. In : *Bulletin des lois de la République française*. N° 2554, juillet 1904, p. 890.
- COTTANCIN Paul. Correspondance. Courrier du 23 février 1897. In : *Le Ciment*, N° 2, 1897, p. 42.
- COTTANCIN Paul. Correspondance. Courrier du 26 décembre 1897. In : *Le Ciment*, N° 2, 1898, pp. 17-19.
- COTTANCIN Paul. Étude générale et pratique sur les travaux en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 1, 25 janvier 1897, pp. 11-17.
- COTTANCIN Paul. Les travaux en ciment avec ossature métallique. Séance sociale de juillet 1895. *Bulletin de l'Union syndicale des architectes français*. N° 8-9, août-septembre 1895, pp. 169-225.
- COTTANCIN Paul. Travaux en ciment avec ossature métallique. In : *L'Immeuble et la construction dans l'est. Revue de la propriété et des travaux publics et particuliers*. Nancy. N° 37, 2 février 1896, p. 290.
- COUTURAUD P. Le théâtre des Champs-Élysées. In : *La Construction moderne*, N° 46, 1913, pp. 75-80.
- COUTURIER. M.-À. La pierre et l'architecture contemporaine. In : *L'Art Sacré*, N° 36, novembre-décembre 1938, p. 352.
- DE TEDESCO Napoléon. Le fer-béton. In : *Le Ciment*, N° 9, pp. 129-131.
- DE TEDESCO Napoléon. Le grand Globe Céleste de l'exposition. In : *Le Ciment*, N° 2, 1900, pp. 17-21.
- DE TEDESCO Napoléon. Les constructions métalliques et le ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 7, 1900, pp. 97-100.
- DE TEDESCO Napoléon. Nouveaux ateliers Sautter-Harlé et Cie. In : *Le Ciment*, N° 4, 1900, pp. 49-57.
- DE TEDESCO Napoléon. Planchers en fer et béton (système Matray). In : *Le Ciment*, N° 3, 1899, pp. 33-37.
- DE TEDESCO Napoléon. Traverses en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 10, octobre 1903, p. 149.
- DE THUBERT Emmanuel. Le Mobilier National. In : *La Construction moderne*, 12 avril 1936, pp. 566-577.
- DE THUBERT Emmanuel. Un immeuble 51-55 rue Raynouard à Paris. In : *La Construction moderne*, 9 décembre 1934, pp. 224-232.
- DEBÈS Georges. *Le nouveau règlement du béton armé - 19 juillet 1934. Comparaison avec l'ancien règlement du 20 octobre 1906*. Paris : Eyrolles, 1935, 67 p.
- DELEMONTÉY Yvan. *Reconstruire la France. L'aventure du béton assemblé*. Paris : éditions de la Vilette, 2015.
- DELHUMEAU Gwénaél. *Hennebique et la construction en béton armé, 1892-1914 : des brevets aux matériaux*. Thèse de doctorat en art et archéologie (sous la dir. de FOUCART Bruno). Université Paris 4, 1994.

- DELHUMEAU Gwenaël. *Étude d'histoire des techniques Seine-Saint-Denis. Patrimoine béton*. Rapport de recherche, Conseil général Seine-Saint-Denis. Société Ipsofakto, décembre 2005, 260 p.
- DELHUMEAU Gwenaël. *L'Invention du béton Hennebique 1890-1914*. Paris : IFA/Norma, 1999, 352 p. Avant-propos de Jacques Gubler.
- DETŒUF À. L'esthétique du béton armé. In : *Le Béton armé*, N° 134, 1909, pp. 102-104.
- E. M. Voûtes minces. In : *Chantiers (organe technique de l'Architecture d'aujourd'hui)*, N° 3, avril-mai 1933, pp. 38-39.
- EDGEELL G.J. The remarkable structures of Paul Cottancin. In : *Studies in the History of civil Engineering, vol. 11, Early Reinforced Concrete*. Édité par Frank Newby. Aldershot : Ashgate, 2001, chapitre 9.
- EDISON Thomas. *Process of constructing concrete buildings*. US Patent (brevet) N° 1.219.272 (États-Unis). Demande déposée le 13 août 1908, brevetée le 13 mars 1917. URL : <https://edison.rutgers.edu/patents/01219272.PDF> (Consulté le 10 août 2023).
- ESPITALIER G. Les voûtes en béton armé dans la couverture des bâtiments. Le hangar de Montebourg pour ballons dirigeables. In : *Le Génie civil*, N° 1934, 6 septembre 1919, pp. 213-218.
- ESPITALIER Georges. *Cours raisonné et détaillé du bâtiment. 1e partie. Fondations*. Paris : École spéciale des travaux publics, 11^e édition, 1943.
- FABRE Auguste. *Voûtes d'églises en simili-pierre*. Catalogue. Paris : René Blamon & C^{ie}, s.d. (vers 1932), 29 p.
- FÉRET René. *Étude expérimentale du ciment armé*. Paris : Gauthier-Villars, 1906, 777 p.
- FÉRET René. Sur la compacité des mortiers hydrauliques. In : *Annales des Ponts et Chaussées*. Paris : Dunod, 1892, tome 2, pp. 1-164.
- FLEURET. *L'art de composer des pierres factices aussi dures que le caillou et recherches sur la manière de bâtir des Anciens, sur la préparation, l'emploi et les causes du durcissement de leurs mortiers*, Paris, 1807, 2 vol.
- FORTHUNY Pascal. Le béton armé rue Danton. In : *Le Béton armé*, N° 36, 1901, pp. 1-3.
- FORTY Adrian. *Concrete ad Culture. A Material History*. Reaktion Books, 2012, 304 p.
- FOSROC. *Norcure- Electrochemical Treatment for Reinforced Concrete Specifiers Guide*. Publication Fosroc Tamsworth, 1996.
- FOUGEROLLE Jacques. L'évolution du béton armé. In : *Cent ans de béton armé : 1849-1949. Travaux*, N° 194 bis (supplément), 1950, pp. 63-77.
- FRÉVILLE G. Le ciment armé système Cottancin. In : *Le Génie colonial*, N° 17, février 1902, pp. 111-112.
- FREYSINNET Eugène. Souvenirs. In : *Cent ans de béton armé : 1849-1949. Travaux*, N° 194 bis (supplément), 1950, pp. 51-60.
- FREYSINNET Eugène. *Un amour sans limite*. Paris : Le Linteau, 1993, 196 p.
- FREYSINNET Eugène. *Procédé de fabrication de pièces en béton armé*. Brevet N° 680.547, 2 octobre 1928.
- FUENTES Paula. Auguste Fabre and the Construction of Tile Vaults in France. The Industrialization of a Traditional Technique. In : *International Journal of Architectural Heritage*, Vol. 16, N° 10, 2022,

pp. 1496-1515. URL : <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15583058.2021.1894504>
(Consulté le 10 janvier 2024).

GARCIA Sylvain. *Caractérisation de l'état de corrosion des aciers dans le béton par cartographie de potentiel. Matériaux composites et construction*. Thèse de doctorat en génie civil. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2017, 218 p.

GOISSAUD Antony. La maison du tisserand. In : *La Construction moderne*, N° 2, 1925, pp. 19-21.

GOISSAUD Antony. Le nouvel hôpital de Neuilly-sur-Seine. In : *La Construction moderne*, N° 12, 1935, pp. 249-261.

GOISSAUD Antony. L'hôtel de ville de Lille. In : *La Construction moderne*, 4 mars 1928, pp. 271-276 et planches 89-92.

GOISSAUD Antony. L'hôtel des Postes, Télégraphe et Téléphones de Reims. In : *La Construction moderne*, 21 février 1932, pp. 340- 348.

GRAF Franz, CÉTRE Jean-Pierre. Paul Cottancin. In : COHEN Jean-Louis, ABRAM Joseph, LAMBERT Guy (dir.). *Encyclopédie Perret*. Paris : éditions du Patrimoine et Moniteur, 2002, p. 74.

GUBLER Jacques. Prologomènes à Hennebique. In : *Monuments historiques*, septembre 1985, pp. 63-75.

HAASÉ Pierre. Un architecte vézelien : Alfred-Jacques Nasousky. Conférence, 17 juillet 2016 à Asquins (Yonne). URL : <https://docplayer.fr/125689859-Conference-de-m-pierre-haase-un-architecte-novateur-vezelien-alfred-jacques-nasousky.html> (Consulté le 10 août 2023).

HAHN L. Aéroport de Limoges-Feytiat. Hangar en béton armé. In : *Travaux*, octobre 1936, pp. 458-469.

HARVEY Lawrence. M. De Baudot et le ciment armé. In : *La Construction moderne*, 10 mars 1906, pp. 271-272.

HERMANT André. Les coques en béton armé. In : *Chantiers (organe technique de l'Architecture d'aujourd'hui)*, N° 9 et 10, 1934, pp. 21-25.

HOFFMANN Godehard. *Architektur für die Nation ? Der Reichstag und die Staatsbauten des Deutschen Kaiserreichs 1871-1918*. Cologne : DuMont Buchverlag, 2000, 304 p.

ISSENMANN PILARSKI L. Le voile mince, matériau moderne. In : *Travaux*, mars 1936, p. 135.

ISSENMANN PILARSKI L. Les voûtes cylindriques. In : *Travaux*, juillet 1936, pp. 338-342.

JOLY Léon. Un garage moderne à Paris par Lucien Lecuyer. In : *La Construction moderne*, 2 mars 1930, pp. 335-338.

LAMPARIELLO Beatrice. Cells and Epines-Contreforts for a New Kind of Vaulted Roofing : the Church of Saint-Jean-de-Montmartre in Paris. In : *Studies in the History of Services and Construction. The proceedings of the Fifth Conference of the Construction History Society*. Cambridge : Queens' College, 2018, p. 363.

LAVERGNE Gérard. Les travaux en ciment avec ossature métallique du système P. Cottancin. In : *Le Génie civil*. T. XXXVI, N° 648, 10 novembre 1894, pp. 23-26.

- LE CHATELIER Henry. Sur la décomposition des ciments à la mer. In : *Le Ciment*, N° 12, 1900, pp. 185-192 ; N° 1, 1901, pp. 13-16 ; N° 2, 1901, pp. 31-32.
- LE CHATELIER Henry. Sur le mécanisme de la désagrégation des mortiers hydrauliques. In : *Le Ciment*, N° 4, 1899, pp. 49-50.
- LESKE Otto. *Der Betonphabl in Theorie und Praxis*. Berlin : Verlag von Julius Springer, 1916, 92 p.
- LINVILLE Jacob Hayes. US Patent (brevet) N° 34.183 (États-Unis). Improvement in Iron Truss-bridges. Altoona, Pennsylvanie, 14 janvier 1862.
- MACIACHINI À. Planchers creux en ciment armé système Jens G. F. Lund. In : *Le Ciment*, N° 1, 1906, pp. 12-13 ; N° 2, 1906, pp. 24-28 ; N° 3, 1906, pp. 36-45.
- MAKCHEEFF Th. *Manuel du béton vibré*. Paris : Librairie de l'enseignement technique Léon Eyrolles, 1939, 349 p.
- MARCOTTE Edmond. *Constructions en béton armé (règles de calcul, d'exécution et d'essais)*. Paris : Librairie Garnier frères, 1929, 328 p.
- MARREY Bernard, HAMMOUTÈNE Franck. *Le béton à Paris*. Paris : Picard, 1999, 222 p.
- MÀTRAI Sándor. Résumé succinct de la théorie du système Matrai. In : *Le Ciment*, N° 8, 1899, pp. 117-120.
- MESNAGER Augustin. *Cours de béton armé*. Paris : Dunod, 1921, 534 p.
- MINGUIN W. *Étude de la circulaire du 19 juillet 1934 sur l'emploi du béton armé*. Paris : Dunod, 1935, 73 p.
- MOREAU H. Sur un programme de barèmes pour le calcul à la flexion des sections rectangulaires ou nervurés de ciment armé. In : *Travaux*, avril 1944, pp. 97-101.
- NASOUSKY Alfred-Jacques. *Chauffage par les murs*. Brevet N° 769.969, délivré le 18 juin 1934.
- NASOUSKY Alfred-Jacques. *Constructions avec murs lumineux*. Brevet N° 649.130, délivré le 21 août 1928.
- NASOUSKY Alfred-Jacques. *Dispositif de construction de maisons d'habitation*. Brevet N° 824.911, délivré le 18 novembre 1937.
- NASOUSKY Alfred-Jacques. *Élément de construction destiné à l'établissement de murs creux et étanches*. Brevet N° 530.897, délivré le 12 octobre 1921.
- NASOUSKY Alfred-Jacques. *Mode de construction au moyen d'éléments moulés*. Brevet N° 665.803, délivré le 13 mai 1929.
- NASOUSKY Alfred-Jacques. *Mode de construction de murs creux au moyen d'éléments en ciment*. Brevet N° 453.896, délivré le 16 avril 1913.
- NASOUSKY Alfred-Jacques. *Murs creux*. Patent (brevet) N° 223.647 (Canada), 1^{er} octobre 1919.
- NASOUSKY Alfred-Jacques. Patent (brevet) N° 124.735 (Grande Bretagne), *Improvements in or relating to Walls Comprising Cast or Moulded Elements*, 11 décembre 1919.
- PERRET Auguste. Le béton armé et l'architecture. In : *Cent ans de béton armé : 1849-1949. Travaux*, N° 194 bis (supplément), 1950, p. 49.

- PERRET Auguste. Le béton de ciment armé dans les constructions. In : *La République*, 24 décembre 1933.
- PETELAZ Dominique. La Casamaures. Le matériau béton. In : *Béton et patrimoine*. Actes du Colloque organisé par ICOMOS France, Le Havre, 5, 6, 7 décembre 1996. Les cahiers de la section française de l'ICOMOS, 1999, pp. 119-121.
- PETIT Claudius. Allocution. Centenaire du béton armé. Séance solennelle au théâtre des Champs-Élysées, 9 novembre 1949. In : *Cent ans de béton armé : 1849-1949. Travaux*, N° 194 bis (supplément), 1950, pp. 17-19.
- RABUT Charles. *Cours de construction en béton armé* (manuscrit). ENPC02-COV-4-23805-1910.
- RABUT Charles. Le béton armé actuel, ses principes et ses ressources. In : *Revue des matériaux de construction et de travaux publics*, N° 38, juin 1908, pp. 139-141.
- REHM Jörg. *Eisenbeton im Hochbau bis 1918. Dokumentation und Analyse im Raum München*. Thèse de doctorat en architecture (soutenue le 6 février 2019). Université technique de Munich, Allemagne. Munich : TUM University press, 2019, 529 p.
- RICE Harmon Howard. *Concrete block manufacture. Process and machines*. New-York : John Wiley & Sons, 1906, 152 p.
- RINGELMANN Max. Des ouvrages en ciment armé. In : *Journal d'agriculture pratique, de jardinage et d'économie domestique*, 1899, p. 325.
- RIVOALEN E. Ateliers-lavoirs en ciment et fer, système Monier, à Boulogne (Seine). In : *Le Ciment*, N° 3, 1896, pp. 83-86.
- ROUX-SPITZ Michel. L'influence du béton armé sur l'architecture, 1901-1935. In : *L'Architecture française*, N° 30, avril 1943, pp. 14-21.
- SAINT Andrew. *Architect and Engineer. A Study in Sibling Rivalry*. Yale University, 2007, 542 p. Chapitre 3, pp. 207-279.
- SANTARELLA M.L. Les prescriptions officielles italiennes sur les ciments et sur les constructions en ciment armé. In : *Travaux*, décembre 1935, pp. 477-479.
- SEITZ Frédéric. L'acier contre le béton dans le bâtiment (1920-1960). In : Philippe Mioche, Denis Woronoff (dir.) *L'acier en France, produits et marchés de la fin du XVIII^e siècle à nos jours*. Dijon : éditions universitaires de Dijon, 2006, p. 188.
- SENHADJI Dalila. La cathédrale du Sacré-Cœur d'Oran (1898-1913). In : *Mélanges de la Casa de Velázquez*, N° 44-2, 2014,. URL : <http://journals.openedition.org/mcv/5838> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/mcv.5838> (Consulté le 10 août 2023).
- SIMONNET Cyrille. *Le Béton, histoire d'un matériau. Économie, technique, architecture*. Paris : Parenthèses, 2005, 220 p.
- SIMONNET Cyrille. *Matériaux et architecture. Le béton armé : origine, invention, esthétique*. Thèse de doctorat en histoire de l'art (sous la dir. de DAMISCH Hubert). École des hautes études en sciences sociales Paris, 1994.
- SIMPLOT H. C. Un garage hélicoïdal à Grenoble. In : *La Construction moderne*, 8 mai 1932, pp. 514-519.

- STELLET Louis. Du calcul des planchers et poutres en ciment armé. In : *Le Ciment*, N° 10 bis, 1897, pp. 322-334.
- STEVENS. Travaux en ciment avec ossature métallique. In : *Le Panthéon de l'industrie*. Paris. N° 761, décembre 1889, pp. 341-342.
- STRUIF Hermann. *Betonpfahl « System Mast ». Ein Gründungsverfahren mit « Betonpfählen in verlorener Form »*. Berlin-Heidelberg : Springer-Verlag, 1913, 75 p.
- SUTHERLAND John (dir.). *Historic Concrete. Background to appraisal*. Londres : Thomas Telford Publishing, 2001, 437 p.
- TEXIER Simon. Gwenaël Delhumeau (avant-propos de Jacques Gubler), *L'Invention du béton Hennebique 1890-1914*. Paris : IFA/Norma, 1999, 352 p. In : *Bulletin Monumental*, tome 158, N° 2, 2000, pp. 177-178.
- TOURNEUR Christian, FREYSSINET SOLETANCHE. *Procédé de protection cathodique d'une structure en béton armé*. Brevet d'invention N° EP2839057, 25 février 2015.
- TREMBLAT Pierre. La création de Robert Maillart dans le domaine du béton armé. In : *Bulletin technique de la Suisse romande*. N° 99, 1973, pp. 411-412.
- VIRILIO Paul. *Bunker Archéologie*. Paris : Centre Georges Pompidou, Centre de création industrielle, 1975, 196 p.
- VITALE François. Le béton armé. À propos de quatre conférences sur « une invention bien française ». In : *L'Architecture française*, N° 30, avril 1943. pp. 6-13.
- WATT Peter. The Development of Reinforced Masonry. Publication Eurocodes (normes européennes de génie civil). URL : https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2009/3_pm_Watt_d.pdf (Consulté le 21 février 2017, introuvable le 10 août 2023).
- WERMIEL Sara E. California Concrete, 1876-1906 : Jackson, Percy, and the Beginnings of Reinforced Concrete Construction in the United States. Proceedings of the Third International Congress on Construction History, Cottbus, May 2009, 8 p.
- WIELEMANS DE MONTEFORTE Alexander. Le béton armé dans l'architecture monumentale. In : *L'Architecte*, N° 8, 1912, pp. 60-63 et N° 9, 1912, pp. 65-67.

8.1.6 Art sacré

- *** À. et G. Perret. Église de Saint-Vaury (Creuse). In : *L'Architecture vivante*, printemps-été 1925, pl. 38.
- *** À. et G. Perret. Notre-Dame du Raincy : détails de ferrailage, motifs ornementaux, clocher, lanterne et croix. In : *L'Architecture vivante*, automne-hiver 1923, pl. 13-15.
- *** À. et G. Perret. Projet de l'église votive Jeanne d'Arc. In : *L'Architecture vivante*, automne-hiver 1926, pl. 9.
- *** Basilique Sainte-Thérèse de Lisieux (brochure de présentation). Lisieux : Direction Tourisme Agglomération Lisieux Normandie, s.d.

- *** Cathédrale de Poti (Russie). In : *Le Béton armé*, N° 126, 1908, pp. 147-153.
- *** Église arménienne à Paris. In : *La Construction moderne*, 5 novembre 1904. Planches 11-13.
- *** Église de Mureils (Drôme). In : *L'Architecture usuelle*, N° 136, 1920, pp. 313-317.
- *** Église du Sacré-Cœur d'Agen. Agrandissement par Henri Vidal, architecte. In : *L'Architecture française*, N° 35, 1943, pp. 16-18.
- *** Église Saint-François d'Assise rue de Mouzaïa à Paris. In : *La Construction moderne*, N° 45, 7 août 1932, pp. 744-747.
- *** Église Saint-Louis de Vincennes. In : *Le Béton armé*, N° 252, février 1929, pp. 3-5.
- *** Églises en quête de modernité – 1945-1975 en Meurthe-et-Moselle. Exposition organisée par le Service territorial de l'architecture et du patrimoine de Meurthe-et-Moselle. 21 juin-16 septembre 2012, à la Villa Majorelle à Nancy et 11 décembre 2013-31 janvier 2014 à la Cité de l'architecture et du patrimoine à Paris.
- *** Histoire religieuse du quartier de Javel. In : *Le Passeur*, N° du jubilé 1924-1949, p. 21.
- *** *L'art sacré au XXe siècle en France* : catalogue d'exposition du musée municipal de Boulogne-Billancourt, janvier-mars 1993. Thonon-les-Bains : L'Albaron, 1993, 311 p.
- *** La bénédiction de Saint-Christophe de Javel. In : *Le Passeur*, décembre 1930, pp. 2-18.
- *** La construction à Nice de l'église Sainte Jeanne d'Arc. In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, 1934, p. 96.
- *** *Le symbolique, le sacré, la spiritualité dans l'œuvre de Le Corbusier*. Actes des 11e Rencontres de la Fondation Le Corbusier, Paris, Maison du Brésil, 21-22 novembre 2003. Paris : Fondation Le Corbusier, éditions de la Villette, 2004. 163 p.
- *** L'église Sainte-Odile à la Porte Champerret. In : *Travaux*, juillet 1937, pp. 287-293.
- *** L'église Saint-Julien de Domfront (Orne). In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, 1934, p. 25.
- *** L'emploi du ciment armé. Une église à Saint-Étienne. In : *La Construction moderne*, 15 février 1919, pp. 29-30.
- *** Les Chantiers du Cardinal. N° spécial. In : *L'Architecture*, N° 5, mai 1938.
- *** Les églises en béton armé. In : *Le Béton armé*, N° 183, 1913, pp. 113-121.
- *** Notre programme de construction. In : *Le Christ dans la banlieue*. N° 1, décembre 1931, p. 9.
- *** Saint-Pierre de Chaillot. In : *Le Figaro*, 4 février 1928, p. 1.
- *** Salon d'automne 1922. Projet d'église en ciment armé. M. P. Bon, architecte. In : *La Construction moderne*, 7 janvier 1923, pl. 57-58 et pp. 174-175.
- *** Une coupole éclairante (l'église Saint-François d'Assise, Lyon, par Michel-Roux-Spitz). In : *La Construction moderne*, 15 mars 1925, p. 279.

*** Une église en béton armé (église Notre-Dame du Raincy). In : *La Construction moderne*, 2 mars 1924, pp. 224-226, pl. 85-88.

*** Une église en ciment armé à Saint-Étienne. In : *Le Ciment*, N° 9, septembre 1912, pp. 190-191.

*** Une église moderne, l'Immaculée Conception d'Audincourt. In : *Le Béton armé*, N° 305, 1933, p. 876.

*** Église Sainte-Pauline du Vésinet (Seine-et-Oise). In : *L'Architecture usuelle*, N° 179, 1923, pp. 273-277.

A. B. L'église Saint-Stanislas des Blagis. In : *La Construction moderne*, N° 11, 3 janvier 1937, pp. 214-220.

A. H. Église de Tavaux-cités (Jura). H. Vidal architecte. In : *L'Architecture française*, N° 6, 1941, pp. 11-20.

ABRAM Joseph. Dénuement et splendeur du béton, le XXe siècle : la technique moderne au service du sacré. Conférence, 22 novembre 2020. In : Construire pour le culte : projets artistiques et techniques au XXe siècle. Cité de l'architecture et du patrimoine. URL : <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/video/denuement-et-splendeur-du-beton-le-xxe-siecle-la-technique-moderne-au-service-du-sacre> (Consulté le 10 août 2023).

ARANY Piroska, LICHTER Tamás. Az első vasbeton szerkezetű templom Magyarországon (La première église en béton armé de Hongrie). In : *Vasbetonépítés* (Budapest), N° 2, 2016, pp. 24-27.

ARNAULT Charles. Églises en béton armé. Sainte-Marie de Cholet. In : *Le Béton armé*, N° 255, mai 1929, pp. 441-447.

AUGROS Paul. Église Saint-Léon, place du Cardinal-Amette à Paris. In : *Le Béton armé*, N° 25, décembre 1924, pp. 401-407.

AVENIER Cédric. Auguste Perret et l'architecture en béton. Conférence. *Patrimoine en béton, enjeux et innovations*. Rencontre professionnelle au Palais d'Iéna, 21 octobre 2020. Enregistrement vidéo. URL : <https://www.dailymotion.com/video/x7xuy6c> (Consulté le 10 août 2023).

AVENIER Cédric. *Ciments d'églises, semences de chrétiens. Constructions religieuses et industries cimentière en Isère au XIXe siècle*. Thèse de doctorat en histoire et histoire de l'art. Université de Grenoble II Pierre-Mendès-France, 2004, 661 p.

AVENIER Cédric. De la raison en architecture : projets et chantiers des églises Saint-Bruno de Voiron et de Grenoble au XIXe siècle. In : *Livraisons d'histoire de l'architecture*, N° 11, 1er semestre 2006. pp. 97-118.

BAGUELIN Isabelle. Une œuvre d'art total au service du culte. Conférence, 17 janvier 2019. In : Construire pour le culte : projets artistiques et techniques au XXe siècle. Cité de l'architecture et du patrimoine. URL : <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/video/une-oeuvre-dart-total-au-service-du-culte> (Consulté le 10 août 2023).

BARRE François. La direction de l'architecture et la construction des églises. In : *Églises d'aujourd'hui patrimoine de demain* : actes de colloque, Paris, 21, 22 et 23 novembre 1997. Paris : Spiritualité et art, 1998, pp. 143-148.

BAYLE Marine, GUEIT Éléonore, DARQUE-CERTTI Évelyne, HORGNIÉS Matthieu, AUCOUTURIER Marc. La fresque sur ciment : un renouveau artistique. In : *In Situ*, N° 22,

14 novembre 2013. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/10813> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.10813> (Consulté le 10 août 2023).

BECKER Caroline. Le Sacré-Cœur de Cholet, un sanctuaire en béton. In : *Aleteia*, 15 juin 2018. URL : <https://fr.aleteia.org/2018/04/15/le-sacre-coeur-de-cholet-une-forteresse-de-beton/> (Consulté le 10 août 2023).

BECKER Caroline. Saint-Louis de Vincennes : derrière le béton, des richesses insoupçonnées, 19 octobre 2018. URL : <https://fr.aleteia.org/2018/10/19/saint-louis-de-vincennes-derriere-le-beton-des-richesses-insoupconnees> (Consulté le 10 août 2023).

BELLOT Dom Paul. Réflexions sur l'Architecture. In : *Le Béton armé*, N° 336, 1936, pp. 1368-1378.

BERNARD Jean, LAURINI Robert. *L'église de la Sainte-Famille. Journées du patrimoine 2021. Villeurbanne*. Livret, 68 p. URL : <https://ndfraternite.fr/wp-content/uploads/2021/08/JEP-SteFamille.pdf> (Consulté le 10 août 2023).

BESNARD Charles-Henri. Le village modèle. L'église. In : *La Construction moderne*, 19 mars 1922, pp. 193-194 ; 26 mars 1922, pp. 203-204 ; 2 avril 1922, pp. 211-213.

BESNARD Charles-Henri. *L'église Saint-Christophe de Javel- Description raisonnée*. Paris : imprimerie J. Mersch, 1930.

BIEDRZYNSKI Richard. *Kirchen unserer Zeit*. München : Hirmer, 1958, 127 p. et 148 planches.

BLANCHET Christine, VEROT Pierre. *Architecture et arts sacrés de 1945 à nos jours*. Archibooks, 2015, 615 p.

BLANQUIS Pierre (dir.) *Montrouge 1934*. Montrouge : La Platinogravure N. de Tommaso, 1934.

BLOMME Yves. Un siècle de chantiers d'églises en Charente-Maritime. In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/5063> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.5063> (Consulté le 10 août 2023).

BOUTRY Philippe. Le clocher. In : NORA Pierre (dir.). *Les lieux de mémoire III. Les France*. Tome 2 « Traditions », Paris, Gallimard, 1992, 988 p., pp. 57-89.

BOUYER Louis. *Architecture et liturgie*. Paris : Cerf, 1967, 108 p.

BRAIVE Andrée, BRAIVE Georges. Basilique Sainte-Thérèse de l'Enfant Jésus à Lisieux. In : *La Construction moderne*, N° 21-22, 2 et 9 avril 1939, pp. 266-276.

BRAIVE Georges, BRAIVE Andrée. Le pavillon catholique pontifical. In : *La Construction moderne*, 7 novembre 1937, pp. 90-99.

BRAIVE Georges. La nouvelle église Saint-Pierre de Chaillot. In : *La Construction moderne*, N° 7, 1938, pp. 75-80.

BRAIVE Georges. L'église Saint-Pierre-de-Chaillot à Paris. In : *Travaux*, N° 79, 1939, pp. 59-65.

BRAIVE Georges. Les chantiers du Cardinal. Compte-rendu de la conférence de Paul Tournon le 30 mars 1938 au Centre d'études supérieures. In : *La Construction moderne*, N° 34, 21 août 1938, pp. IX-XV.

BREON Emmanuel. L'art sacré s'expose 1925-1931-1937. In : *L'art sacré en France au XXe siècle*. L'Albaron - Présence du livre, 1992, pp. 87-88.

C.M. L'exposition d'art religieux de Rouen. R. Lagnel architecte. Église de Saint-Vincent-de-Paul de Sotteville-lès-Rouen. In : *La Construction moderne*, N° 32, 8 mai 1932, pp. 523-528.

CAPELLADES Jean. *Guide des églises nouvelles en France (préface de Mgr G. de Vaumas)*. Paris : Cerf, 1969, 244 p.

CAPPRONNIER Jean-Charles, FOURNIS Frédéric, GÉRARD Alexandra, TOUZET Pascale. L'art sacré entre les deux guerres : aspects de la Première Reconstruction en Picardie. In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009. URL : <http://insitu.revues.org/6151> ; DOI : 10.4000/insitu.6151 (Consulté le 10 août 2023).

CAPPRONNIER, Jean-Charles, FOURNIS, Frédéric, GÉRARD, Alexandra, TOUZET, Pascale. L'art sacré entre les deux guerres : aspects de la Première Reconstruction en Picardie. In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6151> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.6151> (Consulté le 10 août 2023).

CAUE du Loir-et-Cher. *L'architecture religieuse au début du XXe siècle. Essai de chronologie*. Blois, s.d., p. 39.

CAUSSÉ Françoise. La critique architecturale dans la revue « L'Art Sacré » (1937-1968). In : *Livraisons d'histoire de l'architecture*. N° 2, 2002. L'édition et l'architecture, pp. 27-36.

CHALABI Maryannick, SAVEREUX-COURTIN Violaine. *Églises XXe du diocèse de Lyon. Lieux-dits*, 2019, 352 p.

CHANTIERS DU CARDINAL. Saint-Joseph à Villeneuve-la-Garenne. URL : <https://www.chantiersducardinal.fr/album/eglise-saint-joseph-a-villeneuve-garenne> (Consulté le 10 août 2023).

CHIROL Pierre. Exposition de l'Art Sacré à Rome. In : *La Construction moderne*, N° 3, 21 octobre 1934, pp. 73-80.

CLÉMENT-GRANDCOUR Charles. L'église Saint-Jean-Eudes à Rouen. In : *La Construction moderne*, N° 31, 4 juillet 1937, pp. 675-680.

COLL. *Les édifices religieux du XXe siècle en Île-de-France 75 lieux de culte « patrimoine du XXe siècle*. Paris : Beaux-Arts éditions, 2013, 160 p.

COMTE Yvon. Tradition et modernité dans l'architecture religieuse de l'architecte montpelliérain Julien Boudes. In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/5786> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.5786> (Consulté le 10 août 2023).

CORBIER Florian. Les réseaux de l'art sacré : les églises de la reconstruction dans l'Aisne In : *La forme des réseaux : France et Europe (Xe-XXe siècle)*. Paris : Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 2017. URL : <http://books.openedition.org/cths/672>. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.cths.672>. (Consulté le 10 août 2023).

DANYSZ Jacqueline. La reconstruction des églises dans le diocèse de Soissons Années vingt - Années trente. In : *Société historique de Haute-Picardie*, tome XLVI, 1999, pp. 85-103. URL : http://www.sahs-soissons.org/pdf_fede/Tome_044_page_085.pdf (Consulté le 10 août 2023).

DAVID Véronique. Architecture et art religieux en France, 1920-1970 : un programme d'enquêtes orales. In : *Colonnes*, N° 20, décembre 2002, pp. 79-81.

DAVID Véronique. Marguerite Huré, précurseur de l'abstraction dans le vitrail religieux. In : *In Situ*, N° 3, 2003, mis en ligne le 23 avril 2012, URL : <http://journals.openedition.org/insitu/1980> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.1980> (Consulté le 10 août 2023).

DE SAINTE MARIE Arielle. DE PALMAERT Albéric. *Les Chantiers du Cardinal. Histoires d'églises en Île-de-France*. Rennes : Ouest-France, 2011, 143 p.

DE THUBERT Emmanuel. L'église Saint-Léon à Paris. In : *Le Béton armé*, N° 349, mars 1937, pp. 1576-1583 et N° 350, pp. 1592-1596.

DELORME Franck. L'église Saint-Christophe de Javel, Paris XVe. In : DIRECTION GÉNÉRALE DU PATRIMOINE. *Le Vitrail aux XIX^e et XX^e siècles*. Stage le 30 novembre 2010. URL : <https://www.academia.edu/20416356/> (Consulté le 10 août 2023).

DEMAY Émile. L'urbanisme et les Chantiers du Cardinal. In : *L'Architecture*, N° 5, mai 1938, pp. 148-184.

DENIS Maurice. Décadence et renaissance de l'art sacré. In : *L'Art et les artistes*, tome 1, 1920, pp. 93-95. Republication In : *Nouvelles théories sur l'art moderne, sur l'art sacré 1914-1921*. Paris : L. Rouart et J. Watelin, 1922, pp. 253-258.

DENIS Maurice. Le présent et l'avenir de la peinture française. In : *Le Correspondant*, 25 novembre 1916. Republié In : *Nouvelles théories sur l'art moderne, sur l'art sacré 1914-1921*. Paris : L. Rouart et J. Watelin, 1922, pp. 11-58.

DENIS Maurice. Le sentiment religieux dans l'Art du Moyen âge. In : *Nouvelles théories sur l'art moderne, sur l'art sacré 1914-1921*. Paris : L. Rouart et J. Watelin, 1922, pp. 137-167. Texte de la conférence du 16 décembre 1913 à la société des Amis des Cathédrales.

DENIS Maurice. Les élèves d'Ingres. In : *L'Occident*, 1902, pp. 23-34, 77-83, 142-158. Republié In : *Théories 1890-1910, du symbolisme et de Gauguin vers un nouvel ordre classique*. Paris : L. Rouart et J. Watelin, 1920, pp. 89-127.

DENIS Maurice. Les nouvelles directions de l'art chrétien. In : *Nouvelles théories sur l'art moderne, sur l'art sacré 1914-1921*. Paris : L. Rouart et J. Watelin, 1922, pp. 194-243. Texte de la conférence faite à la Revue des jeunes, février 1919.

DENIS Maurice. *Nouvelles théories sur l'art moderne, sur l'art sacré 1914-1921*. Paris : L. Rouart et J. Watelin, 1922, 287 p.

DUBOSCQ Bernadette. *Églises, chapelles et temples de France. Un bien commun familier et menacé. État et utilisation des lieux de culte*. Paris : La Documentation française, 1987, 187 p.

DUMOULIN Maurice, OUTARDEL George. *Les églises de France, Paris et la Seine*. Paris : Letouzey et Ané, 1936, 450 p.

DUVIGNACQ Joël, FOUQUERAY Laurence. L'entretien des églises parisiennes des XIX^e et XX^e siècles. In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6517> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.6517> (Consulté le 10 août 2023).

FABRE Abel. *Manuel d'art chrétien. Histoire générale de l'art chrétien depuis les origines jusqu'à nos jours*. Paris, Librairie Bloud et Gay, 1928, 445 p.

FABRE Abel. *Pages d'art chrétien*. Paris, Bonne presse, 1927 (2^e édition), 634 p.

- FAVIER Jean. Église de Gravelle à Saint-Maurice (Seine). In : *La Construction moderne*, N° 32, 6 mai 1934, pp. 530-536.
- FAVIER Jean. Église Saint-Jean de Bosco. In : *La Construction moderne*, 6 février 1938, pp. 255-259.
- FAVIER Jean. Exposition d'Art Religieux d'aujourd'hui. In : *La Construction moderne*, N° 38, 17 juin 1934, pp. 652-663.
- FLORY Élisabeth. *Guide des architectures religieuses contemporaines à Paris et en Île-de-France*. Paris : éditions Alternatives, 2009, 192 p.
- FLOURET Jean. *L'église Saint-André-Sainte-Jeanne-d'Arc à La Rochelle - Fétilly 1936-1986*. La Rochelle : éditions de l'église Saint-André-Sainte-Jeanne-d'Arc, 1986.
- FONCLAUSE. Église des Minimes à Reithel. In : *La Construction moderne*, N° 31, 2 mai 1926, pp. 364-370.
- FOUCART Bruno, HAMON Françoise (dir.) *L'architecture religieuse au XIX^e siècle*. Paris : Presses de l'Université Paris-Sorbonne, 2006, 363 p.
- FOUCART Bruno. Dom Bellot : moine et bâtisseur d'une tradition moderne. In : *Connaissance des arts*. N° 529, juin 1996, pp. 100-107.
- FOUCART Bruno. Les deux prétendus péchés mortels de l'architecture religieuse. In : TEXIER Simon (dir.). *Églises parisiennes du XX^e siècle*. Paris : Action artistique de la ville de Paris, 1996, p. 43-47.
- FOUCART Bruno. Les éternelles résurrections de l'art sacré. In : *L'art sacré au XX^e siècle en France* : catalogue d'exposition du musée municipal de Boulogne- Billancourt, janvier-mars 1993. Thonon-les-Bains : L'Albaron, 1993, pp. 7-11.
- FOUGÈRE Jean-Baptiste. Le mot du M. le Curé. In : *Le Passeur*, mars 1926, p. 3.
- FRÉMAUX Céline (dir.). *Architecture religieuse au XX^e siècle. Quel patrimoine ?* Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2004, CXI-246 p.
- FRÉMAUX Céline. *Construire des églises en France dans la seconde moitié du XX^e siècle. De la commande à la réalisation. Nord-Pas-de-Calais (1945-2000)*. Thèse de doctorat en histoire de l'art. Université de Rennes 2, 2005, 2 vol., 586 p. et 447 p.
- FRÉMAUX Céline. *La Reconstruction dans l'est de la Somme. L'architecture religieuse et son décor*. Région Picardie-Inventaire général, 64 p.
- GAUDARD Valérie. Éloge du décor : l'église Saint-Jean-Bosco à Paris, sanctuaire national du père des orphelins. In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009. URL : <http://insitu.revues.org/6849> ; DOI : 10.4000/insitu.6849 (Consulté le 10 août 2023).
- GELBERT À. Église arménienne rue Jean Goujon. In : *La Construction moderne*, 1^{er} octobre 1904, pp. 8-10.
- GILLE DELAFON S. Les fresques de Saint-Christophe. In : *La Construction moderne*, N° 29, 1934 pp. 490-495.
- GOBILLOT René. La nouvelle église Saint-Pierre de Chaillot. In : *L'Architecture*, N° 08, 1935, pp. 277-284.

- GOISSAUD Antony. Église Sainte-Agnès d'Alfort (Seine). In : *La Construction moderne*, N° 38, 1933, pp. 721-728.
- GOISSAUD Antony. Église Saint-Pierre de Chaillot. In : *L'Architecture*, N° 37, 1935, pp. 998-1010.
- GOISSAUD Antony. Le clocher de l'église de Villemomble. In : *La Construction moderne*, 12 juin 1927, pp. 425-430.
- GOISSAUD Antony. Une église à Montmagny (Seine-et-Oise). In : *La Construction moderne*, 17 avril 1927, pp. 337-339.
- GONSE Emmanuel. L'église Saint-Pierre de Roye. In : *L'Art sacré*, N° 9, mars 1936. pp. 76-81.
- GOSSET Alphonse. De l'esthétique des églises. In : *La Construction moderne*, 19 janvier, 26 janvier, 23 février 1913.
- GRAF Franz, CÊTRE Jean-Pierre. Oran : le chantier de la cathédrale comme leçon structurelle et commerciale. In : COHEN Jean-Louis, ABRAM Joseph, LAMBERT Guy (dir.) *Encyclopédie Perret*. Paris : éditions du Patrimoine et Moniteur, 2002, pp. 75-77.
- GUENE Hélène. *L'Arche*, un moment du débat sur l'art religieux (1919-1934). In : *Chrétiens et société XVIe-XXe siècle*. N° 7, 2000, pp. 23-38.
- GUILLAUMAT Paul. L'église Saint-Louis de Vincennes : Le renouveau de l'art chrétien au début du XXe siècle, 30 septembre 2019. URL : <https://www.narthex.fr/oeuvres-et-lieux/sites-et-architecture/2019eglise-saint-louis-de-vincennes-le-renouveau-de-2019art-chretien-au-debut-du-xxesiècle> (Consulté le 10 août 2023).
- GUILLEBAUD Dom Henri. Une église de Dom Bellot. L'Immaculée Conception d'Audincourt. In : *L'Art Sacré*, N° 12, juin 1936, pp. 181-184.
- HANGAN Sandu. Anatole de Baudot - Saint-Jean de Montmartre. Mémoire de fin d'études. Diplôme de spécialisation et d'approfondissement « Architecture et patrimoine ». École Nationale supérieure d'architecture de Paris Belleville, 2013.
- HAUGOMMARD Stéphane. *L'Église et le monument religieux : le diocèse de Nantes pendant la période concordataire (1802-1905)*. Thèse de doctorat en histoire. Université Rennes 2, 2011.
- HAUGOMMARD Stéphane. *Les églises du diocèse de Nantes au XIXe siècle. Des édifices pour le culte des monuments pour une reconquête*. Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2015, 400 p.
- HEBER-SUFFRIN Anne-Marie. *Église Sainte-Thérèse de l'Enfant-Jésus. Metz, 1929-2010*. Metz : Colin frères, 2012, 111 p.
- HÉRAUT Henri. L'église Sainte-Agnès d'Alfort. In : *L'Art Sacré*, N° 6, décembre 1935, pp. 18-21
- HOTTIN Christian. Une vie, une œuvre, des archives : note sur le fonds Dom Paul Bellot aux Archives nationales du monde du travail (Fonds N° 2003 006). In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009, URL : <http://journals.openedition.org/insitu/4716> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.4716> (Consulté le 10 août 2023).
- HOURLIER J. B. L'Architecture au Salon des Artistes Français. Église Sainte-Jeanne d'Arc à Charleville. In : *La Construction moderne*, N° 38, 19 juin 1932, pl. 138 p. 621.
- IGERSHEIM François. *Charles Winkler, architecte des Monuments historiques et conservateur*. URL : <https://docpatdrac.hypotheses.org/jep-2013/jep2013-7-winkler> (Consulté le 10 août 2023).

- IMBERT Charles. L'église du Saint-Esprit à Paris. In : *Le Béton armé*, N° 308, octobre 1933, pp. 921-333.
- IMBERT José. Pouvons-nous construire des églises. In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, 1934, p. 4.
- INP (Institut National du Patrimoine), *Le patrimoine religieux des XIX^e et XX^e siècles : principes d'inventaire, protection, restauration*. Paris : La bibliothèque numérique de l'INP, N° 13, septembre 2008.
- INVENTAIRE Picardie. *La Reconstruction dans l'Est de la Somme : l'architecture religieuse et son décor*. Réd. Céline Frémaux ; photo. Jean-Claude Rime, Thierry Lefébure. Trouville-sur-Mer : Illustria, 2007 (Parcours du patrimoine, 330 p.).
- JAMOT Paul. Notre-Dame du Raincy. In : *Gazette des Beaux-Arts*, septembre-octobre 1923, p. 199.
- JOLY Pierre. Remarques sur l'architecture d'église. In : *Formes sacrées*, mars 1966, p. 5-12.
- JOSEPH-FRANÇOIS Didier, KLEIN Richard. *Architecture du XX^e siècle Nord-Pas-de-Calais*. T. II, *Monuments religieux, le combat de la brique et du béton*, Lille : CAUE Nord ; CAUE Pas-de-Calais, 1990.
- KAGAN Judith, TOULIER Bernard. Éditorial : Le patrimoine religieux des XIX^e et XX^e siècles. In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <https://journals.openedition.org/insitu/4189> et N° 12, 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/4658> (Consulté le 10 août 2023).
- KIDDER SMITH G.E. *The new churches of Europe*. Lenders : Architectural Press, 1964, 291 p.
- LAPRADE Albert. Église de Moreuil (Somme). In : *L'Architecture*, N° 2, 1932, pp. 53-58.
- LAPRADE Albert. Églises. In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, 1934, pp. 5-7.
- LAPRADE Albert. L'Architecture dans nos provinces française, l'œuvre de Pouradier-Duteil dans le Dauphiné, en collaboration avec Raymond Busse. In : *L'Architecture*, 15 août 1935, p. 285-298.
- LAPRADE Albert. L'église de Moreuil (Somme). In : *Le Béton armé*, N° 297-298, novembre-décembre 1932, pp. 787-792.
- LAROCHE Claude. Les enjeux multiples de l'architecture religieuse du second XIX^e siècle en France : un essai de litanies. In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/4422> DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.4422> (Consulté le 10 août 2023).
- L'ART SACRÉ. Guide du pavillon pontifical. Paris : L'Art Sacré, Imprimerie Nationale, 1937, 47 p.
- LE BAS Antoine. *Des sanctuaires hors les murs. Églises de la proche banlieue parisienne 1801-1965*. Paris : éditions du Patrimoine, 2002, 257 p.
- LE BAS Antoine. Notre-Dame du Raincy (Seine-Saint-Denis), chef-d'œuvre des chapelles de la banlieue ? Communication présentée lors du séminaire « Le patrimoine religieux des XIX^e et XX^e siècles », 9 -11 juin 2008, Institut national du patrimoine.
- LE BAS Antoine. Notre-Dame du Raincy (Seine-Saint-Denis), chef-d'œuvre des chapelles de la banlieue ? In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/4718> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.4718> (Consulté le 10 août 2023).
- LENIAUD Jean-Michel, SAINT-MARTIN Isabelle (dir.). *Historiographie de l'histoire de l'art religieux en France à l'époque moderne et contemporaine. Bilan bibliographique (1975-2000) et perspectives*. Bibliothèque de l'École pratique des hautes études (sciences religieuses). Turnhout : Brepols, 2005, 300 p.

- LENIAUD Jean-Michel. Construire pour Dieu ? : Église, architecture et société au XX^e siècle. Conférence, 8 novembre 2020. In : Construire pour le culte : projets artistiques et techniques au XX^e siècle. Cité de l'architecture et du patrimoine. URL : <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/video/construire-pour-dieu-eglise-architecture-et-societe-au-xxe-siecle> (Consulté le 10 août 2023).
- LENIAUD Jean-Michel. *La Révolution des signes. L'art à l'église (1830-1930)*. Paris : Le Cerf, 2007, 430 p.
- LOTTHE Ernest. *Les églises de la Flandre française, territoire de l'ancienne châtellenie de Lille*. Lille : Imprimerie S.I.L.I.C., 1940-1942. 2 vol, 317 p. et 309 p.
- LOUVET Albert. Église Saint-Louis de Vincennes. In : *Le Béton armé*, N° 252, février 1929, pp. 3-5.
- LOUVET Albert. L'art et le mobilier religieux modernes. In : *L'Architecture*, vol. XLIII N° 3, 1930, p. 81.
- LOUVET Albert. L'église Sainte-Jeanne d'Arc à Versailles. In : *L'Architecture*, N° 14, 1924, pp. 171-176.
- LOUVET Albert. Les églises modernes - l'œuvre de M. Droz architecte diplômé par le gouvernement. In : *L'Architecture*, Vol. XLIII, N° 3, 1930, pp. 89-97.
- LOUVET Albert. Les églises modernes. L'église Saint-Laurent à Rosny-sous-Bois. In : *L'Architecture*, N° 6, 1931, pp. 211-216.
- MAGNE Henri-Marcel. *L'Architecture*. Paris : F. Rieder et compagnie, 1922, 130 p.
- MAILLET Germaine. Églises modernes de l'Europe Centrale. In : *L'Art Sacré*, N° 8, février 1936, pp. 52-58.
- MALE Émile. *La Cathédrale de Reims*. Paris : Bloud et Gay, 1915, 32 p.
- MALLET-STEVENS Robert. Pourquoi la France n'aurait-elle pas des Églises Modernes ? In : *L'Art Sacré*, N° 10, avril 1936, pp. 101-102.
- MANAUTÉ Benoît. *La manufacture du vitrail et mosaïque d'art Mauméjean- Flambe ! Illumine ! Embrase !* Bordeaux : Le Festin, 2015, 288 p.
- MARGERAND J.-L. Église Sainte-Jeanne d'Arc à Nice. In : *La Construction moderne*, N° 32, 10 mai 1936, pp. 642-650.
- MARRAST Joseph. L'église Saint-Louis à Rouvroy-Mines. MM Duval et Gonse architectes. In : *L'Architecture*, N° 3, 1931, pp. 87-94.
- MARX Bernard. *Il était une fois Saint-Christophe de Javel, de Saint-Alexandre à Saint-Christophe, naissance d'une église paroissiale*. Paris : autoédition, s.d. ARCHIVES historiques du diocèse de Paris (AHDP), dossier Saint-Christophe de Javel.
- MAURER Pierre, SAINT-PIERRE Raphaëlle. *Roger-Henri Expert à Metz; L'église Sainte-Thérèse de l'Enfant-Jésus*. Paris : Nouvelles éditions Place, 2018, 64 p.
- MAUSS Marcel, *Œuvres, 1. Les fonctions sociales du sacré*. Paris : Minuit, 1968, LIV-634 p.
- MERCIER Georges. *L'architecture religieuse contemporaine en France. Vers une synthèse des arts*. Paris : Mame, 1968, 229 p.

- MERCIER Louis. La mort et la résurrection des églises. In : *Société des conférences lorraines, hiver 1922-1923*. Nancy : Imprimerie Vagner, 1923, 78 p., p. 20-24.
- MONNIER Jean-Jacques. La chapelle Saint-Joseph, une création bretonne moderne ». In : *Bécédia*, 30 novembre 2016. URL : <https://bcd.bzh/becedia/fr/la-chapelle-saint-joseph-une-creation-bretonne-moderne> (Consulté le 10 août 2023).
- MUNIER Albert. *Construction - Décoration - Ameublement des églises. I. L'Église dans les siècles passés*. Lille-Paris-Bruges : Desclée, De Brower et C^{ie}, 1925, 242 p.
- MUNIER Albert. *Construction - Décoration - Ameublement des églises. II. L'Église à notre époque, sa construction*. Paris-Bruges : Desclée, De Brower et C^{ie}, 1926, 274 p.
- MUNIER Albert. *Construction - Décoration - Ameublement des églises. III. L'Église à notre époque, son ameublement, sa décoration*. Paris-Bruges : Desclée, De Brower et C^{ie}, 1926, 312 p.
- MUNIER Albert. *Un projet d'église au XXe siècle*, Paris, Desclée de Brouwer et C^{ie}, 1933, 328 p.
- NAFILYAN Alain. La reconstruction des édifices religieux en Basse-Normandie après la Seconde Guerre mondiale. In : *In Situ*, N° 11, 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/5666> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.5666> (Consulté le 10 août 2023).
- NOULIN-LESPÈS Paul. La reconstruction des églises dans les régions dévastées. In : *Le Béton armé*, N° 3, décembre 1919. pp. 50-52.
- O. V. Notre-Dame de la Trinité à Blois. In : *L'Architecture*, N° 3, 1939, pp. 85-94.
- OCHSE Madeleine. *Un art sacré pour notre temps*. Paris : Fayard, 1959, 138 p.
- OLLIVIER Félix. Édifices religieux d'Henri Vidal pour la banlieue parisienne. In : *L'Architecture*, N° 2, 15 février 1938, pp. 47-64.
- OLLIVIER Félix. La nouvelle église Saint-Pierre de Chaillot. In : *L'Architecture*, N° 11, 1938, pp. 361-370.
- PADIOU Nicolas. *La reconstruction des églises en Meurthe-et-Moselle après la Première Guerre mondiale (1918-1933)*. Thèse de doctorat en histoire de l'art. École pratique des Hautes études-Université technique de Dresde, 2010, 2 tomes, 388 p. et 384 p.
- PAROISSE DE SAINT-PIERRE-DE-CHAILLOT. Histoire de Saint-Pierre-de-Chaillot. URL : https://chaillot.pagesperso-orange.fr/7_HISTOIRE/histoire.html (Consulté le 10 août 2023).
- PAROISSE SAINTE-ODILE. Une paroisse dédiée à la patronne de l'Alsace. URL : <http://sainte-odile.chez-alice.fr/historique.htm#const> (Consulté le 10 août 2023).
- PAROISSE SAINT-JOSEPH de Villeneuve-la-Garenne. Histoire de la paroisse Saint-Jacques de Villeneuve-la-Garenne. URL : <http://paroisse.vlg.free.fr/historique3.htm> (Consulté le 10 août 2023).
- PERRET Auguste. Notes sur l'église du Raincy. In : *L'Art Sacré*, N° 4, octobre 1935, pp. 9-10.
- PETTINAROLI Laura. Le pavillon catholique pontifical à l'Exposition internationale de Paris de 1937. In : GOTTSMANN Andreas, PIATT Pierantonio, REHBERG Andreas E. (dir.). *Incorrupta Monumenta Ecclesiam Defentunt. La Chiesa nella storia. Religione, cultura, costume. Tome 2*. Vatican : Collectanea Archivi Vaticani, 2018, pp. 1239.

- PFAMMATTER Ferdinand. *Betonkirchen*. Zurich : Benziger Verlag Einsiedeln, 1948, 143 p.
- PFAMMATTER Ferdinand. Le béton dans la construction des églises. In : *Bulletin du ciment*, N° 24, décembre 1949, pp. 1- 8.
- PICHARD Joseph. L'architecture religieuse de notre temps. Grands programmes et petites églises. In : *La Construction moderne*, décembre 1958, p. 411-417.
- PICHARD Joseph. *L'aventure moderne de l'art sacré*. Paris : Spes, 1966, 155 p.
- PICHARD Joseph. *L'art sacré moderne*. Paris : Arthaud, 1953, 149 p.
- PICHARD Joseph. L'église et le paysage. In : *L'Art Sacré*, N° 4, octobre 1935, pp. 5-8.
- PICHARD Joseph. *Les églises nouvelles à travers le monde*. Paris : Deux mondes, 1960, 184 p.
- PICHARD Joseph. Notre-Dame de la Trinité à Blois. In : *L'Art Sacré*, N° 35, novembre 1938, pp. 349-350.
- PINGUSSON Georges-Henri. L'art religieux et les techniques modernes. In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, 1934, p. 66.
- PINGUSSON Georges-Henri. Construire une église. In : *L'Art Sacré*, N° 35, novembre 1938, pp. 315-318.
- PONCELET Yves. *Pierre l'Ermite (1863-1959) : prêtre journaliste à « La Croix » et romancier : présence catholique à la culture de masse*. Paris : Cerf, 2011, 663 p.
- POSENER Julius. La cité religieuse. In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, 1934, pp. 62-65.
- POURADIER-DUTEIL Pierre. Le Séminaire de Voreppe. In : *L'Art Sacré*, N° 5, novembre 1935, pp. 21-22.
- PRADELLE Georges, MARET Henri. *Église pour les régions dévastées. Exécution par la Sté « Le Fibrociment » et la Sté « La Construction manufacturée », exposition d'art chrétien moderne sous les auspices de la Société de St. Jean et du Musée des Arts décoratifs - Pavillon de Marsan, 15 décembre 1920-janvier 1921*, Paris, 1921, 4 p.
- RINUÏ Paul -Louis, LEMAÎTRE Pascal (dir.) *Patrimoine sacré- XX^e et XXI^e siècle*. Paris : éditions du Patrimoine - Centre des monuments nationaux, 2014, 232 p.
- ROGUET Aimon-Marie. *Construire et aménager les églises*. Paris : Cerf, 1965, 125 p.
- ROULIN, Dom Eugène. *Modern Church Architecture*, traduction de Cornelia Gaigie, John A., Southwell. Saint-Louis (USA) : éd. B. Herder, 1947.
- ROULIN, Dom Eugène. *Nos églises - liturgie, architecture moderne et contemporaine, mobilier, peinture et sculpture*. Paris : Liethillieux, 1938, 897 p.
- RUFFINI Giovanni. *Construire chiese*. Manuale per la progettazione, la decorazione e l'arredamento degli edifici di culto cattolici ad uso degli artisti, architetti, ingegneri e del clero. Palerme : S.F. Flaccovio, 1969, 399 p.
- RUFFINI Giovanni. *Construire chiese*. Manuale per la progettazione, la decorazione e l'arredamento degli edifici di culto cattolici ad uso degli artisti, architetti, ingegneri e del clero. Palerme : S.F. Flaccovio, 1969, 399 p.
- RUMPLER-SCHLACHTER Marguerite, *Le triomphe de la coupole dans l'architecture byzantine*. Université de Strasbourg, Faculté des Lettres. Strasbourg : F.-L. Le Roux, 1947, 126 p.

RYKNER Didier. L'église Saint-Jacques d'Abbeville menacée de démolition. In : *La Tribune de l'art*. 18 mai 2010, URL : <https://www.latribunedelart.com/l-eglise-saint-jacques-d-abbeville-menacee-de-demolition-2579-2579-2579-2579-2579> (Consulté le 10 août 2023).

SABBAH Catherine. Notre Dame de la Consolation. La Sainte-Chapelle du béton armé. In : *Le Moniteur*, 8 novembre 2022.

SCHMIDT Georg. Die Antoniuskirche in Basel : Architekten Karl Moser (Zürich) und G. Doppler & Sohn (Basel). In : *Das Werk : Architektur und Kunst*, N° 14, 1927, pp. 131-162.

SCHOONHEERE André. La reconstruction de l'église Saint-Chrysole de Comines-France par les architectes Maurice Storez et Dom Paul Bellot (1922-1938). In : *Mémoires de la société d'histoire de Comines-Warneton et de sa région*, 1980, tome X, fascicule 2, pp. 423-475.

SIMON Miriam. Paul Tournon (1881 - 1964), un architecte catholique. In : *Livraisons de l'histoire de l'architecture*, 27, 2014, pp. 75-116.

SJÖBERG Yves. *Mort et résurrection de l'art sacré*. Paris : Bernard Grasset, 1957, 389 p.

SORREL Christian. Les congrès diocésains et la mobilisation des catholiques après la séparation. In : *Vingtième siècle*. N° 87, p. 85-100.

STEFFENS Sven. *L'église Saint-Jean-Baptiste : un joyau art-déco de l'architecte Joseph Diongre*. MoMuse Molenbeek Saint-Jean : Collège des Bourgmestres et Échevins de la commune, juin 2005, 26 p.

TEXIER Simon (dir.). *Églises parisiennes du XX^e siècle*. Paris : Action artistique de la ville de Paris, 1996, 248 p.

TEXIER Simon. Bâtir un édifice religieux implique un engagement personnel. In : *Les édifices religieux du XX^e siècle en Ile-de-France*. Paris : Beaux-Arts éditions, 2013, p. 34.

TEXIER Simon. Vers le plan centré : concevoir et construire la nef moderne (1900-1960). Conférence, 10 janvier 2019. In : *Construire pour le culte : projets artistiques et techniques au XX^e siècle*. Cité de l'architecture et du patrimoine. URL : <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/video/vers-le-plan-centre-concevoir-et-construire-la-nef-moderne-1900-1960> (Consulté le 10 août 2023).

THE METHODIST CHURCH Sidwall Street. The History of our Church. URL : <https://www.sidwellstreetmethodist.org.uk/about-us/history> (Consulté le 10 août 2023).

TOURNON Paul. Architecture. In : *L'Art Sacré*, N° 1, juillet 1935, pp. 6-7.

TOUZÉ Paul. Influence modératrice de l'Église dans l'art architectural. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 6, 1933, pp. 3-8.

TOUZÉ Paul. L'Évangélisation de Paris et de sa Banlieue - un aspect du problème. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 10, 1934, pp. 4-5.

TOUZÉ Paul. Qu'en pense-t-on au coin des Prêtres-Bâisseurs ? In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 17, 1937, pp. 4-9.

TOUZÉ Paul. Si nous faisons le point. In : *Le Christ dans la banlieue*, N° 9, 1934, pp. 4-8.

VAGO Pierre. Architecture religieuse. In : *L'Architecture d'aujourd'hui*, N° 6, juillet 1934, pp. 13-54.

VIGNES-DUMAS Claire. Église Saint-Yves-des-Quatre-Routes - Une architecture en brique. In : *Les édifices religieux du XX^e siècle en Ile-de-France, 1905-2000*. Paris : Beaux-Arts éditions, 2013, p. 83.

VIVIER Thomas. Le sacerdoce du béton armé. In : *AMC*, N° 73, septembre 1996, pp. 48-52.

WEYRES Willy, BARTNING Otto (dir.). *Kirchen. Handbuch für den Kirchenbau*. München : Verlag Georg D. W. Calwey, 448 p.

8.1.7 Histoire religieuse. Séparation des Églises et de l'État

*** Pour une histoire religieuse de la guerre. In : *14-18 Aujourd'hui – Today – Heute*. N° 1, 1998, 160 p.

ALAIN. *Propos sur la religion*. Paris : Presses universitaires de France, 1969 (première édition 1938), 288 p.

BAUBEROT Jean. *La Laïcité, 1905-2005, entre passion et raison*. Paris : Seuil, 2004, 280 p.

BOULARD Fernand. *L'art d'être curé à la campagne*. Paris : Laboureur, 1941, 30 p.

BROGLIO Francesco Margiotta, LEVILLAIN Philippe (dir.). *Dictionnaire historique de la papauté*. Paris : Fayard, 2003, 1776 p.

CHANTIN Jean-Pierre, MOULINET Daniel (dir.). *La Séparation de 1905. Les hommes et les lieux*, avant-propos de Jean-Marie Mayeur et postface d'Émile Poulat. Paris : éditions de l'Atelier- éditions ouvrières, 2005, 272 p.

CHELINI-PONT Blandine. L'origine religieuse de la laïcité française. In : *Revue des deux Mondes*, avril 2002, « Laïcité et religions », pp. 26-34.

CHOLVY Gérard, HILAIRE Yves-Marie, *Histoire religieuse de la France contemporaine. 1880-1930*. Toulouse : Privat, 1986, 452 p.

COLL. *1905, la séparation des Églises et de l'État. Les textes fondateurs*. Présentation de Dominique de Villepin. Paris : Perrin, 2004, 476 p.

CONSEIL D'ÉTAT. *Un siècle de laïcité, rapport public*. 2004. URL : <https://www.conseil-etat.fr/ressources/etudes-publications/rapports-etudes/etudes-annuelles/un-siecle-de-laicite-rapport-public-2004> (Consulté le 10 août 2023).

DIEU Frédéric. L'ordre public et les religions : ordre public, ordre laïque ? In : *Revue du droit des religions*, N° 9, 2020, pp. 13-40.

DUSSAUX Pierre. L'Église et la loi de séparation par M. l'abbé Ed. Renard. In : *Société des conférences lorraines, hiver 1921-1922*, Nancy, Imprimerie Wagner, 1922, p. 25-27.

FONTANA Jacques. *Les Catholiques français pendant la Grande Guerre*. Paris : Le Cerf, 1990, 440 p.

GAUCHET Marcel. *La Religion dans la démocratie. Parcours de la laïcité*. Paris : Gallimard, 1998, 128 p.

GUGELOT Frédéric. *La Conversion des intellectuels au catholicisme en France. 1885-1935*. Paris : CNRS Éditions, 1998, 534 p.

LAGREE Michel. Histoire religieuse, histoire culturelle. In : RIOUX Jean-Pierre, SIRINELLI Jean-François (dir.). *Pour une histoire culturelle*. Paris : Seuil, 1997, 456 p., pp. 387-406.

- LALOUETTE Jacqueline. *La République anticléricale. XIX^e-XX^e siècles*. Paris : Seuil, 2002, 474 p.
- LALOUETTE Jacqueline. *La Séparation des Églises et de l'État. Genèse et développement d'une idée. 1789-1905*. Paris : Seuil, 2005, 450 p.
- LANGLOIS Claude. Catholiques et laïcs. In : NORA Pierre (dir.). *Les lieux de mémoire III. Les France*. Tome 1 « *Conflits et partages* ». Paris : Gallimard, 1992, 988 p.
- LARKIN Maurice. *L'Église et l'État en France. 1905 : la crise de la Séparation*. Toulouse : Privat, 2004, 278 p.
- LENIAUD Jean-Michel (dir.). *Le Budget des cultes*. Actes de la journée d'études du 30 janvier 2006 sur le budget des cultes, Paris, École des Chartes, 2007, 232 p.
- LENIAUD Jean-Michel. *L'Administration des cultes pendant la période concordataire*. Préface de Claude Goyard. Paris : Nouvelles éditions latines, 1988, IV-428 p.
- LERUDE Olivier. Dieu, les hommes et la loi de 1905. In : *La Pierre d'angle*, N° 65, décembre 2014, pp. 22-23.
- MAYEUR Jean-Marie (dir.). *Histoire religieuse de la France, 19^e-20^e siècles, problèmes et méthodes*. Paris : Beauchesne, 1975, 290 p.
- MAYEUR Jean-Marie. *La Question laïque. XIX^e-XX^e siècle*. Paris : Fayard, 1997, 240 p.
- MAYEUR Jean-Marie. *La Séparation de l'Église et de l'État. 1905*. Paris : Archives Julliard, 1966, 202 p.
- MYARD Jacques (dir.). *La Laïcité au cœur de la République*. Paris : L'Harmattan, 2003, 112 p.
- OZOUF Mona. *L'École, l'Église et la République, 1871-1914*. Paris, Armand Colin, 1963, 304 p.
- POULAT Émile. *Les Diocésaines. République française, Église catholique : loi de 1905 et associations culturelles, le dossier d'un litige et de sa solution*. Paris : La Documentation française, 2007, 578 p.
- POULAT Émile. *Notre laïcité publique*. Paris : Berg International, 2003, 416 p.
- PREVOTAT Jacques. *Être chrétien en France au XX^e siècle, de 1914 à nos jours*. Paris : Seuil, 1998, 281 p.
- REMOND René. *L'Anticléricalisme en France de 1815 à nos jours*. Paris : Fayard, 1976, 374 p.
- REMOND René. La fille aînée de l'Église. In : NORA Pierre (dir.). *Les Lieux de mémoire III. Les France*. Tome 3 « *De l'archive à l'emblème* », 1032 p., pp. 540-581.
- REMOND René. *Religion et société en Europe. La sécularisation aux XIX^e et XX^e siècles (1789-1998)*. Paris : Seuil, 1998, 308 p.
- SCOT Jean-Paul. *L'État chez lui, l'Église chez elle. Comprendre la loi de 1905*. Paris : Seuil, 2005, 390 p.
- THIRIET Damien. *La religion des milieux ouvriers catholiques dans les bassins houillers franco-belges et haut-silésiens (1922-printemps 1939)*. Thèse de doctorat en histoire. Université Jagelonne-Université Charles-de-Gaulle-Lille III, 2007, 415 p.

8.1.8 Restauration. Doctrines

*** *Architecture du XXe siècle. Le patrimoine protégé*, Les Cahiers de l'École nationale du Patrimoine, N° 1, 1998, 166 p.

*** *Charte Internationale sur la conservation et la restauration des monuments et des sites*, au IIe Congrès international des architectes et des techniciens des Monuments historiques. Venise, 1964.

*** *Congrès international des architectes et techniciens des Monuments historiques*, actes du Congrès de Paris, 6-11 mai 1957. Paris : Vincent Fréal, 1957.

*** Cronaca, Norme per il restauro dei monumenti. In : *Bollettino d'arte del Ministero della Educazione nazionale*. Rome : la Libreria dello Stato, janvier 1932, pp. 325-327.

*** *Enjeux du patrimoine architectural du XXe siècle*. Actes des colloques de la Direction du patrimoine, couvent de la Tourette, Eveux, juin 1987. Paris : Ministère de la culture et de la communication, 1987, 186 p.

*** *Faut-il restaurer les ruines ?* 10e Entretiens du Patrimoine, mémorial de Caen, 8-10 novembre 1990, Paris : Direction du Patrimoine, 1990, 226 p.

*** *La conservation des monuments d'art et d'histoire*, Paris, Institut de Coopération intellectuelle, 1933.

*** *L'avenir des églises*. Colloque international. École nationale supérieure d'architecture de Lyon, 20-22 octobre 2016.

*** *Patrimoine architectural du XXe siècle : stratégies de conservation et mise en valeur*. Actes du Colloque organisé par le Conseil de l'Europe avec le ministère autrichien des Sciences et de la Recherche et le Bundesdenkmalamt à Vienne, 11-13 décembre 1989. Conseil de l'Europe : Patrimoine culturel N° 29, 1994

*** *Patrimoines et passions identitaires*, actes des entretiens du Patrimoine (janvier 1997). Paris : Fayard-Éditions du Patrimoine, 1998, 446 p.

*** *Recyclage des lieux de culte*. In : *La Pierre d'angle*, N° 65, décembre 2014, 56 p.

*** *Regard de l'histoire. L'émergence et l'évolution de la notion de patrimoine au cours du XXe siècle*, actes des entretiens du Patrimoine (novembre 2001). Paris : Fayard-Monum, 2003, 390 p.

*** *Restauration ?* In : *Revue des deux Mondes*, 15 novembre 1917, pp. 397-416.

*** *Science et conscience du patrimoine*, actes des entretiens du Patrimoine (novembre 1994). Paris : Fayard-Éditions du Patrimoine, 1997, 408 p.

*** *Architecture du XXe siècle, le patrimoine protégé* : actes de la table ronde organisée par l'École nationale du Patrimoine des 13 et 14 novembre 1997. Paris : École nationale du Patrimoine, 1998, 166 p.

ABRAM Joseph. Le passé proche : un souci partagé ? Quatre questions à Gérard Monnier, président de la section française de DoCoMoMo international. In : *Faces*, N° 42-42, 1997-1998, pp. 60-61.

AUDRERIE Dominique. *La notion et la protection du patrimoine*. Paris : PUF (Que sais-je ? N° 3304), 1997, 128 p.

AUDUC Arlette. Le budget des Monuments historiques, 1830-1920 : les moyens d'une politique de protection. In : *Livraisons d'histoire de l'architecture*, N° 3, 2002, pp. 75-102.

- AUDUC Arlette. Le service des monuments historiques sous la III^e République. In : POIRRIER Philippe, VADELORGE Loïc (dir.) *Pour une histoire des politiques du patrimoine*. Paris : Comité d'histoire du ministère de la culture, 2003, pp. 171-198.
- AUDUC Arlette. *Quand les monuments construisaient la nation. Le service des monuments historiques de 1830 à 1940*. Paris : Comité d'histoire du ministère de la Culture, 2008, 640 p.
- BABELON Jean-Pierre. CHASTEL. *La notion de patrimoine*. Paris : L. Lévi, 1994, 141 p.
- BADY Jean-Pierre. *Les Monuments historiques en France*. Paris : PUF (Que sais-je N° 2205), 1985, 127 p.
- BEGHAIN Patrice. *Guerre aux démolisseurs ! Hugo Proust, Barrès. Un combat pour le patrimoine*. Vénissieux : Paroles d'Aube, 1997.
- BERCÉ Françoise. *Des Monuments historiques au Patrimoine*. Paris : Flammarion, 2000, 226 p.
- BERCÉ Françoise. La conservation des charpentes anciennes, une préoccupation tardive ? In : *Monumental*, N° 1, 2016, p. 20.
- BERCE Françoise. La doctrine de la restauration face aux reconstructions après les guerres, In : *Les malheurs de la guerre II : de la guerre réglée à la guerre totale*. Amiens : CTHS, 1997, pp. 131-146.
- BIDAUD Camille. Des expérimentations légitimées par le traumatisme : Paul Léon à Saint-Remi de Reims. In : *In Situ*, N° 23, 3 mars 2014. URL : <http://insitu.revues.org/10974> ; DOI : 10.4000/insitu.10974 (Consulté le 10 août 2023).
- BIDAUD Camille. *La doctrine des Monuments historiques en France d'après Paul Léon (1874-1962)*. Thèse de doctorat en architecture, aménagement de l'espace. Université Paris-Est, 2018, 411 p. et annexes.
- BLOWER Jonathan. Max Dvorak and Austrian Denkmalpflege at War. In : *Journal of Art Historiography*. N° 1, 2009, pp. 1-19.
- BOITTO Camillo. *Conserver ou restaurer, les dilemmes du patrimoine*. Paris : éditions de l'imprimeur, 2000, 112 p. Première édition en italien, 1893.
- BRANDI Cesare. *Théorie de la restauration* (édition originale 1977). Paris : École nationale du patrimoine - éditions du Patrimoine, 2001, pp. 30-32 ; Norme européenne EN 15898 : 2019 (F) Terme 3.3.10 (Restauration).
- CARBONARA Giovanni. *Avvicinamento al restauro : teoria, storia, monumenti*. Naples : Liguoni, 1997, 836 p.
- CHASTEL André. La notion de patrimoine. In : NORA Pierre (dir.). *Les Lieux de mémoire II. La Nation*. Tome 2 « Traditions », Paris, Gallimard, 1986, 662 p., pp. 405-450.
- CHOAY Françoise. *L'Allégorie du patrimoine*. Paris : Seuil, 1992, 274 p.
- CHOAY Françoise. *La conférence d'Athènes sur la conservation artistique et historique des monuments (1931)*. Paris : éditions de l'imprimeur, 2002, 124 p.
- CHOAY Françoise. *Le patrimoine en questions*. Paris : Seuil, 2009, 272 p.
- DELORME Jean-Claude, GENET-DELACROIX Marie-Claude, LENIAUD Jean-Michel (dir.). *Historicisme et modernité du patrimoine européen. Reconstruction, restauration et mise en valeur aux XIX^e et XX^e siècles*. Paris : L'Harmattan, 2007, 136 p.

DGPAT. *Termes relatifs aux interventions sur les monuments historiques. Glossaire*. Paris : Ministère de la Culture, Direction générale des patrimoines, 2020, p. 18.

DVORAK Max. *Katechismus der Denkmalpflege*. Vienne : J. Bard, 1916, 210 p.

FERRI Laurent. Les intellectuels s'intéressent-ils au patrimoine monumental et architectural ? Un siècle de pétitions en France. In : *Livraisons d'histoire de l'architecture et des arts qui s'y rattachent*. N° 5, 2003, 188 p., pp. 129-153.

FISCHER Joachim, DELITZ Heike (dir.). *Die Architektur der Gesellschaft. Theorien für die Architektursociologie*, Bielefeld, Transcript, 2009, 420 p.

FRANÇOIS Michèle, GAUDARD Valérie. Labelliser le patrimoine du XXe siècle : stratégies et méthodes à travers l'exemple des Drac Île-de-France et Occitanie (Languedoc Roussillon et Midi-Pyrénées). In : *Patrimoines du Sud*, N° 9, 1^{er} mars 2019. URL : <http://journals.openedition.org/pds/766> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/pds.766> (Consulté le 10 août 2023).

GARNERO Stéphane. La doctrine de la restauration en France entre les deux guerres. Quelques considérations sur la mise à jour de la discipline. In : *Livraisons d'histoire de l'architecture*. N° 13, 2007. Architectures des établissements d'enseignement supérieur. pp. 123-136.

GATIER Pierre-Antoine. Intervention dans le cadre de : *La recherche des architectes du patrimoine aux États-Unis et en France : une longue histoire franco-américaine*. Journée d'études du 29 mai 2015 à la Cité de l'architecture et du patrimoine. URL : <https://www.citedelarchitecture.fr/fr/video/la-recherche-des-architectes-du-patrimoine-aux-etats-unis-et-en-france-une-longue-histoire> (Consulté le 10 août 2023).

GERVEREAU Laurent. *Un Siècle de manipulations par l'image*. Paris : Somogy-Bibliothèque de documentation internationale contemporaine, 2000, 144 p.

GIOVANNONI Gustavo. La Conferenza internazionale di Atene pel restauro dei monumenti. In : *Bollettino d'arte del Ministero della Educazione nazionale*. Rome : la Libreria dello Stato, mars 1932, pp. 408-420.

GIOVANNONI Gustavo. La restauration des monuments en Italie. In : *La Conservation des monuments d'art et d'histoire*. Paris : Institut de coopération intellectuelle, 1933, pp. 60-66.

GOURBIN Patrice (dir.). *Les monuments historiques de 1940 à 1959. Administration, architecture, urbanisme*. Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2008, 288 p.

GRAF Franz, DELEMONTEY Yvan (dir.) *La sauvegarde des grandes œuvres de l'ingénierie du XXe siècle*. Cahier issu de la journée d'étude homonyme consacrée à Pier Luigi Nervi organisée le 22 mai 2013 par le laboratoire de techniques de sauvegarde de l'architecture moderne (TSAM) de l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2016, 176 p.

GRAF Franz, DELEMONTEY Yvan. *Architecture industrialisée et préfabriquée : connaissance et sauvegarde*. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2012, 440 p.

GRAF Franz. *Histoire matérielle du bâti contemporain et projet de sauvegarde*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2014, 484 p.

GRISLAIN Jean-Étienne. Culture locale et architectes modernistes. Une affaire de codes. In : *Monuments historiques*, N° 189, octobre 1993, « Le Régionalisme », pp. 103-106.

HAMON Françoise. Les Parisiens et leurs églises : je t'aime, moi non plus. In : *La Pierre d'angle*, N° 65, décembre 2014, pp. 40-41.

HAUTECŒUR Louis. La conférence d'Athènes pour la protection des Monuments historiques. In : *L'Architecture*, 15 décembre 1931, pp. 331-343.

HÉNAUT Léonie, ROUAULT Anne-Elizabeth. La professionnalisation de la conservation-restauration et ses limites : une analyse à deux voix. In : *In Situ*, N° 30, 7 octobre 2016. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/13856> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.13856> (Consulté le 10 août 2023).

HUGO Victor. Guerre aux démolisseurs. In : *Revue des Deux mondes*. Paris, 13 mars 1832.

HULLO-POUYAT Céline. *La restauration monumentale en question : la circulaire du 5 août 1985 relative aux études préalables et son application*. Paris : L'Harmattan, 2011, 202 p.

HUSE Norbert (éd.). *Denkmalfpflege. Deutsche Texte aus drei Jahrhunderten*, Munich, Verlag C. H. Beck, 1996 (première édition 1984), 256 p.

ICOMOS. *La Charte d'Athènes pour la Restauration des Monuments Historiques - 1931, IV. - Les matériaux de restauration*. URL : <https://www.icomos.org/fr/chartes-et-normes/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/425-la-charte-dathenes-pour-la-restauration-des-monuments-historiques-1931> (Consulté le 10 août 2023).

JACQUIN Laure. *Doctrine et pratiques françaises de la restauration à l'épreuve de la Charte de Venise. Architectures contemporaines dans les Monuments historiques, projets et enjeux*. Thèse de doctorat en architecture, aménagement de l'espace. Université Paris Est, 2016, 509 p.

JOKILEHTO Jukka. *A History of Architectural Conservation*. Oxford, Boston : Butterworth-Heinemann, 1999, 466 p.

KAGAN Judith, PARCHAS Marie-Dominique. Patrimoines et conservation préventive, pratiques comparées et nouveaux enjeux. In : *In Situ*, N° 19, 28 septembre 2012. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/9854> (Consulté le 10 août 2023).

LAGNEAU Jean-François. De la Restauration/restitution à la conservation des monuments ? In : RUSSO Henry. *Le regard de l'histoire, actes des entretiens du patrimoine*. Paris : éditions du Patrimoine Monum, 2003, pp. 187-191.

LANG Jack. *Ouvrons les yeux*. Paris : HC éditions, 2014, 40 p.

LENIAUD Jean-Michel (dir.). *Institutions, services publics et architecture*, actes des journées d'étude organisées au Sénat les 13 et 14 juin 2002. Paris-Genève : Ephé-Droz, 248 p.

LENIAUD Jean-Michel. *Chroniques patrimoniales*. Paris : Norma, 2001, 494 p.

LENIAUD Jean-Michel. *L'utopie française, Essai sur le patrimoine*. Paris : Mengès, 1992, 180 p.

LENIAUD Jean-Michel. *Les archipels du passé : le patrimoine et son histoire*, Paris, Fayard, 2002, 374 p.

LENIAUD Jean-Michel. *Viollet-le-Duc ou les délires du système*, Paris : Mengès, 1994, 225 p.

LÉON Paul. 1939-1945. Les monuments. In : *Les Monuments historiques de la France*, janvier-mars 1955, pp. 3-8.

LÉON Paul. *Du Palais-Royal au Palais-Bourbon. Souvenirs*. Paris : Albin Michel, 1947, 302 p.

- LÉON Paul. *L'art français. Esquisses et portraits*. Paris : Fasquelle, 1933, 191 p.
- LÉON Paul. La protection des églises. In : *Revue de Paris*, 1^{er} février 1913, pp. 537-558.
- LÉON Paul. La Renaissance des ruines. Maisons, monuments. Paris : Henri Laurens, 1918, 94 p., 24 pl. hors-texte.
- LÉON Paul. *La restauration des monuments après la guerre*. Communication à la séance annuelle des cinq académies. 25 octobre 1922. Paris : Firmin-Didot, 1922, pp. 14-15.
- LÉON Paul. La restauration des monuments en France. In : *La conservation des monuments d'art et d'histoire*. Paris : Institut de coopération intellectuelle, 1933, p. 58-59.
- LEON Paul. *La vie des monuments français. Destruction. Restauration*. Paris : À. et J. Picard et Cie, 1951, 584 p.
- LÉON Paul. *Les Monuments historiques. Conservation. Restauration*. Paris : Henri Laurens, 1917, IV-380 p.
- LÉON Paul. Les principes de la conservation des monuments historiques, évolution des doctrines. In : *Congrès archéologique de France*. Paris : Picard, 1936, pp. 17-52.
- LOYER François. Le patrimoine du XX^e siècle : critères de sélection et protection juridique. In : *Patrimoine architectural du XX^e siècle : stratégies de conservation et mise en valeur*, Actes du Colloque organisé par le Conseil de l'Europe avec le ministère autrichien des Sciences et de la Recherche et le Bundesdenkmalamt à Vienne, 11-13 décembre 1989. Conseil de l'Europe : Patrimoine culturel N° 29, 1994, pp. 37-40.
- MACÉ DE LÉPINAY François. De la Restauration/restitution à la conservation des monuments ? In : RUSSO Henry. *Le regard de l'histoire, actes des entretiens du patrimoine*. Paris : éditions du Patrimoine Monum, 2003, pp. 178-185.
- MARCONI Paolo. *Il restauro e l'architetto, teoria e pratica in due secoli di dibattito*. Venise : Marsilio, 1995, 261 p.
- MARCONI Paolo. Roma 1806-1829 : un momento critico per la formazione della metodologia del Restauro architettonico. In : *Ricerche di storia dell'Arte*, N° 8, 1978-1979, pp. 62-72.
- MICHEL André. Dans les ruines de nos monuments historiques. Conservation ou restauration ? In : *Revue des deux mondes*, novembre 1917, pp. 397-416.
- NORA Pierre. La nation-mémoire. In : NORA Pierre (dir.). *Les Lieux de mémoire II. La Nation*. Tome 3 « De l'archive à l'emblème ». Paris : Gallimard, 1986, 668 p., pp. 647-658.
- POUSSEUR Robert. *Les églises seront-elles des musées ?* Paris : L'Atelier, 1999, 79 p.
- PRÉLOT Pierre-Henri, « Usage patrimonial et désaffectation des édifices culturels », *Société, droit et religion*, N° 1, 2011, p. 45-61. DOI : 10.3917/sdr.001.0045. URL : <https://www.cairn.info/revue-societe-droit-et-religion-2011-1-page-45.htm>
- RÉAU Louis. *Histoire du vandalisme. Les monuments détruits de l'art français*, édition augmentée par Michel Fleury et Guy-Michel Leproux. Paris : Robert Laffont, 1994, X-1190 p.
- REICHLIN Bruno. Sauvegarde du moderne : questions et enjeux. In : *Faces*, N° 42-42, 1997-1998, pp. 3-5.

RIEGL Alois. *Le Culte moderne des monuments. Son essence et sa genèse*, avant-propos de Françoise Choay. Paris : Seuil, 1984 (première édition allemande 1903), 124 p.

RIOUX Jean-Pierre, SIRINELLI Jean-François (dir.). *Pour une histoire culturelle*. Paris : Seuil, 1997, 456 p.

RUPRICH-ROBERT Victor. *De l'influence de l'opinion publique sur la conservation des anciens monuments*. Paris : veuve Morel, 1882, 109 p.

RUSKIN John. *Les sept lampes de l'architecture*. Paris : M. Houdiard, 2011, 250 p.

RUSSO Henry. *Le regard de l'histoire, actes des entretiens du patrimoine*. Paris : éditions du Patrimoine Monum, 2003.

SETTE Maria Piera. *Il restauro in architettura : quadro storico*. Turin : UTET, 2001, XXXIII-222 p.

TOULIER Bernard (dir.). *Mille monuments du XXe siècle en France : le patrimoine protégé au titre des monuments historiques*. Paris : éditions du Patrimoine, 1997, 416 p.

TOULIER Bernard. *Architecture et patrimoine du XXe siècle en France*, préface de François Loyer. Paris : Caisse nationale des Monuments historiques et des sites - Éditions du patrimoine, 1999, 356 p.

8.1.9 Restauration. Pratiques

*** Cathédrale de Laon (Aisne) Première utilisation de la charpente en ciment armé dans les monuments historiques. In : *Les Monuments historiques de la France*, 1937, p. 60.

*** Église Notre-Dame de Rocquigny (Pas-de-Calais) : Restauration, reconstruction ou abandon ? Les aléas d'un classement parmi les monuments historiques. DRAC Pas-de-Calais 2013, p. 20.

*** La restauration des bâtiments modernes, un entretien avec Christian Gimonet. In : *Techniques et Architecture*, N° 331, juin-juillet 1980, pp. 49-56.

*** Le béton et les monuments historiques. *Monumental*. Paris : éditions du Patrimoine. N° 16, 1997, 96 p.

*** Renforcement des fondations de la tour de l'église Notre-Dame de Brebières à Albert (Somme). In : *Le Béton armé*, N° 151, 1910, pp. 197-198.

*** Restauration de la chapelle (Saint-Joseph de Lannion, n.a). In : *Le Lien (anciens et anciennes de Saint-Joseph Bossuet et Jeanne d'Arc Lannion)*. N° 1, avril 2015, nouvelle série), p. 2.

*** Saint-Maur : il faut restaurer l'église de l'abbé qui sauva des enfants juifs. In : *Le Parisien*, 26 janvier 2016, URL : <http://www.leparisien.fr/val-de-marne-94/saint-maur-des-fosses-94100/saint-maur-il-faut-restaurer-l-eglise-de-l-abb-qui-sauva-des-enfants-juifs-26-01-2016-5487599.php> (Consulté le 10 août 2023).

*** Site du diocèse d'Angers dédié à la restauration de l'église de Cholet. URL : <http://www.sacre-coeur-cholet.org/travaux/> (Consulté le 10 août 2023).

ABRAM Joseph. Les bétons du Havre : Une question réaliste et cultivée. In : *Faces*, N° 42-42, 1997-1998, pp. 16-17.

ABRAM Joseph. Restitutions méticuleuse, agrandissements désastreux. Le traitement contemporain du patrimoine Perret. In : *Faces*, N° 42-42, 1997-1998, pp. 19-23.

AFP. La façade de Notre-Dame du Raincy, première église en béton armé, en danger. In : *La Croix*, 25 juillet 2013. URL : <https://www.la-croix.com/Urbi-et-Orbi/Actualite/France/La-facade-de-Notre-Dame-du-Raincy-premiere-eglise-en-beton-arme-en-danger-2013-07-25-990752> (Consulté le 10 août 2023).

ALBERTS Jennifer. Brancourt-en-Laonnois (02) : des alpinistes pour sauver le clocher de l'église. In : *France3-régions*, URL : <https://france3-regions.francetvinfo.fr/hauts-de-france/aisne/brancourt-en-laonnois-02-des-alpinistes-pour-sauver-le-clocher-de-l-eglise-146710.html>

AMIOT Christophe. Cahier des clauses techniques particulières (CCTP). Lot N° 1 - Échafaudage, maçonnerie, traitement des bétons. Église Saint-Julien, restauration du clocher. Ville de Domfront/ Christophe Amiot ACMH. DRAC Normandie.

AMIOT Christophe. Programme d'opération- église Saint-Julien de Domfront (61). Le Maignanne, 3 décembre 2007. DRAC Normandie.

AMIOT Christophe. Projet architectural et technique (PAT) Saint-Julien de Domfront, août 2009. DRAC Normandie.

BASYN Jean-Marc. La restauration selon les règles de l'art des bétons de l'église Sainte-Suzanne (1925-1928) à Schaerbeek (Bruxelles). In : *La Pierre d'angle*, mars 2022. URL : <https://anabf.org/pierredangle/dossiers/et-nos-voisins/la-restauration-selon-les-regles-de-l-art-des-betons-de-l-eglise-sainte-suzanne-1925-1928-a-schaerbeek-bruxelles> (Consulté le 10 août 2023).

BASYN Jean-Marc. *Patch Repair* au chevet de l'église Sainte-Suzanne. Plaidoyer pour une restauration microchirurgicale des bétons. In : *Bruxelles Patrimoines. Dossier bétons*, N° 30, avril 2019, pp. 86-91.

BEIGAS Sandrine. Rethel brûle et c'est toute son âme qui disparaît avec elle. In : *L'Union*, 31 août 2014. URL : <https://www.lunion.fr/art/region/rethel-brule-et-c-est-toute-son-ame-qui-disparait-avec-elle-ia3b25n399669> (Consulté le 10 août 2023).

BESSAM Fallah. Céline Hullo-Pouyat, La restauration monumentale en question : La circulaire du 5 août 1985 relative aux études préalables et son application, (Questions contemporaines). 2011. In : *Culture & Musées*, N° 20, 2012, pp. 213-216.

BRAIVE Andrée, BRAIVE Georges. La restauration de la cathédrale de Reims. In : *La Construction moderne*, N° 18-19, 1939, pp. 222-227 et N° 20, 1939, pp. 254-259.

BRAIVE Georges. La restauration de la Cathédrale de Reims. In : *Travaux*, N° 70, 1938, pp. 423-436.

BRUNELLE Vincent. Nord, Comines. Église Saint-Chrysole. Étude préalable à la restauration. DRAC Nord-Pas-de-Calais, 2005.

BRUNET Émile. La restauration de la cathédrale de Soissons. In : *La Construction moderne*, N° 17, 1928, pp. 193-198 et N° 20, 1928, pp. 234-240.

BRUNET Émile. Les nouveaux procédés de construction appliqués à la restauration des anciens édifices. L'église collégiale de Saint-Quentin. In : *La Construction moderne*, N° 31, 1927, pp. 358 - 368.

BUTILLON Yann. Béton pratique : comment rénover les bétons patrimoniaux. In : *Béton[s]*, N° 103, novembre-décembre 2022.

- C. M. Église Saint-Laurent à Rosny-sous-Bois. In : *La Construction moderne*, 1^{er} février 1931, pp. 274-280.
- CAUE de la Somme. LIPINSKI Esther. Église Saint-Géry, Brie. Compte rendu de visite N° 08/2020, 31 août 2020.
- COLL. *Les charpentes de la cathédrale de Reims*. Reims : éditions RHA, Société des amis du vieux Reims, 1988, 53 p.
- COLLIN André. Rapport d'À. Collin, 14 janvier 1936. MPP, N° 81/060, 456/5, 112.
- CORVISIER Christian. Nice, église Sainte-Jeanne-d'Arc. In : *Congrès archéologique de France. 168^e session. Monuments de Nice et des Alpes-Maritimes 2010*. Paris : Société française d'archéologie, 2012, pp. 273-276.
- DE FINANCE Laurence, STAHL Fabienne. La collaboration entre Maurice Denis et Henri Carot à la lumière de la restauration des verrières du Vésinet (Yvelines). In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/5471> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.5471> (Consulté le 10 août 2023).
- DE MALLEVOUË Delphine. L'église Sainte-Rita menacée de démolition. In : *Le Figaro*, 28 mai 2012. URL : <https://www.lefigaro.fr/actualite-france/2012/05/28/01016-20120528ARTFIG00511-l-eglise-sainte-rita-menacee-de-demolition.php> (Consulté le 10 août 2023).
- DE VOGÜE Alix. Un clocher en dentelle de béton préfabriqué. In : *Le Moniteur*, 25 janvier 2013. URL : <https://www.lemoniteur.fr/article/un-clocher-en-dentelle-de-beton-prefabrique.526799>. (Consulté le 10 août 2023).
- DEGAIN Jessica. Restaurer le vitrail Art déco : les Mauméjean à Saint-Pierre-de-Chaillet, Paris XVIe. In : *Monumental*, semestriel 1, 2016, p. 112.
- DELHUMEAU Gwenaël. La nouvelle jeunesse de Sainte-Thérèse d'Élisabethville. In : *La Construction moderne*, N° 49, mars 1987, pp. 9-13.
- DENEUX Henri. La restauration de la basilique Saint Remi. In : *Annuaire-bulletin de la société des amis du vieux Reims*, 1931-1933, pp. 22-35.
- DENEUX Henri. La Restauration de la Basilique Saint-Remi, conférence. In : *Annuaire-bulletin de la société des amis du vieux Reims*. Reims : Matot-Braine, 1931-1935, pp. 22-35.
- DENEUX Henri. Restauration de l'église Saint-Remi à Reims. In : *Les Monuments historiques de la France*. 1939, fascicule 4, pp. 8-11.
- DETOURNAY Alain (dir.). Restauration de l'église Saint-Chrysole, juillet 2011-octobre 2017. Ville de Comines, 2017, 41 p.
- DONZET André, MOTTIN H., HÉMARD H. La consolidation des clochers de l'église de la Chaise-Dieu. In : *Les Monuments historiques de la France*, avril-juin 1959, pp. 51-69.
- DUGNAC Sophie. Mandeure : l'église Sainte-Thérèse de Beaulieu bientôt rasée. In : *L'Est Républicain*, 17 juillet 2015. URL : <https://www.estrepublicain.fr/edition-belfort-hericourt-montbeliard/2015/07/17/mandeure-l-eglise-sainte-therese-de-beaulieu-bientot-demolie> (Consulté le 10 août 2023).

ERRAND Dominique. Renaissance spectaculaire des halles du Boulingrin à Reims. In : *Le Moniteur*, 12 juillet 2012. URL : <https://www.lemoniteur.fr/article/renaissance-spectaculaire-des-halles-du-boulingrin-a-reims.1975409> (Consulté le 10 août 2023).

FORESTIER Marcel. La reconstruction de Reims. Les monuments historiques. In : *La Construction moderne*, N° 51, 1927, p. 595.

FORUM des amateurs des démolitions. Démolition église Notre Dames Des Anges à Belfort (90). URL : <http://demolitions.free.fr/viewtopic.php?f=8&t=1320> (Consulté le 10 août 2023).

GATIER Pierre-Antoine. *Intervenir sur les Monuments Historiques, par la confrontation entre l'univers idéologique et culturel de l'édifice et le contexte technique et matériel de sa réalisation*. Thèse de doctorat en architecture, aménagement de l'espace. Université Paris-Est, 2019.

GATIER Pierre-Antoine. L'église Saint-Jacques-le-Majeur, Montrouge. Conférence. *Les édifices religieux du XX^e siècle en Ile-de-France, 1900-2010*. Journée d'études. École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Belleville, 22 mai 2013.

GATIER Pierre-Antoine. Les techniques récentes de restauration des bétons. In : *Lettre de l'Académie des Beaux Arts*, N° 80, hiver 2015-2016, pp. 30-32.

GILLET Rose. *Notre-Dame de Royan. Guillaume Gillet architecte*. Royan : Bonne Anse, 2008.

GMIRA Ahmed. *Étude structurale et thermodynamique d'hydrates modèle du ciment*. Thèse en physico-chimie des matériaux. Université d'Orléans, 2003, 216 p.

GOISSAUD Antony. La restauration de la Collégiale de Saint-Quentin. In : *La Construction moderne*, N° 25, 1930, pp. 70-74.

GOVEN François. Béton et monuments historiques. Une histoire parallèle. In : *Monumental*. N° 16, septembre 1999, pp. 20-23.

GUÉMART Loris. Restauration en vue pour l'église en béton d'Élisabethville. In : *La Gazette des Yvelines*, 31 août 2017. URL : <https://lagazette-yvelines.fr/2017/08/31/restauration-vue-leglise-beton-delisabethville/> (Consulté le 10 août 2023).

HANGAN Sandu. L'architecture en béton des années 1930. Chapelle Sainte Thérèse de Montmagny. In : *La restauration du patrimoine en Ile-de-France, 2007 - 2014 - 100 chantiers*. Paris : Beaux-Arts éditions, 2014.

HANGAN Sandu. L'église Saint-Jean de Montmartre. In : *Les protection du patrimoine en Île-de-France, 2001 - 2016*. Paris : Beaux-Arts éditions, 2017.

HANGAN Sandu. Une restauration en quatre temps pour Sainte Thérèse de Montmagny. In : *Les édifices religieux du XX^e siècle en Île-de-France*. Paris: Beaux-Arts éditions, 2013.

HASLER Thomas. Tout n'est pas réversible. L'église St. Christophorus (1956-59) de Rudolf Schwartz à Cologne-Niehl. In : *Faces*, N° 42-42, 1997-1998, pp. 38-41.

IMBERT Charles. La restauration de la Cathédrale de Soissons. In : *L'Architecture*, N° 2, 1932, pp. 55-58.

JANSSENS Tim. Rénovation de la première église de Belgique entièrement coulée en béton armée. In : *Architectura*, 28 novembre 2016. URL : <https://www.architectura.be/fr/actualite/renovation-de-la-premiere-eglise-de-belgique-entierement-coulee-en-beton-arme/>

LICHTER Tamás. *Korabeli műemléki vasbeton szerkezetek diagnosztikája, szakértése* (hongrois). Diagnostic et expertise des ouvrages historiques en béton armé. Fejér : Chambre départementale des ingénieurs, sans date, 41 p.

MAPEI. Église Saint-Jacques-le-Majeur à Montrouge - une rénovation en profondeur. In : *Mapei & Vous*, N° 44, 2016, pp. 20-22.

MERLET Jean. Caen. Église Saint-Jean. Reprise en sous-œuvre des fondations des transepts et du chœur. In : *Les Monuments historiques de la France*, janvier-mars 1964, pp. 1-12.

MINISTÈRE DE LA CULTURE. Seine-Saint-Denis. Restauration de l'église Notre-Dame du Raincy. Série *Patrimoine restauré. Île-de-France*, N° 2, septembre 1996, 12 p.

MOULIN Jacques. Les greffes par empreintes numériques. In : *Monumental*, N° 1, 2017, pp. 82-85.

MOULIN Louis. À vendre : église transformée en pizzeria à Gennevilliers. In : *Le Parisien*, 17 juillet 2016. URL : <http://www.leparisien.fr/hauts-de-seine-92/gennevilliers-92230/a-vendre-eglise-transformee-en-pizzeria-a-gennevilliers-17-07-2016-5974453.php> (Consulté le 10 août 2023).

MOULTON Benjamin. Enjeux de la conservation des monuments historiques en béton. Conférence : *Patrimoine en béton, enjeux et innovations*, rencontre professionnelle au Palais d'Iéna, 21 octobre 2020, URL : <https://www.dailymotion.com/video/x7xvqi4> (Consulté le 10 août 2023).

MOULTON Benjamin. Le béton armé dans le renforcement des structures. In : *Monumental*, N° 16, septembre 1999, pp. 54-57.

MOULTON Benjamin. Restauration de l'église du Raincy. In : *Béton et patrimoine*. Actes du Colloque organisé par ICOMOS France, Le Havre, 5, 6, 7 décembre 1996. Les cahiers de la section française de l'ICOMOS, 1999, pp. 109-111.

MPP. N° 80/11/30. Projet de Louis Barbier pour la charpente en béton armé de la cathédrale de Noyon.

OUDIN Philippe. Restauration de l'église Notre-Dame de Royan, Charente-Maritime. In : *Béton et patrimoine*. Actes du Colloque organisé par ICOMOS France, Le Havre, 5, 6, 7 décembre 1996. Les cahiers de la section française de l'ICOMOS, 1999, pp. 105-107.

PAQUET Jean-Pierre. La restauration de Saint-Leu-d'Esserent, problèmes de stabilité. In : *Les Monuments historiques de la France*, 1955, pp. 9-19.

PAQUET Jean-Pierre. Structures des monuments anciens et leur consolidation. In : *Les Monuments historiques de la France*, octobre-décembre 1957, pp. 161-182.

PAQUET Pierre. La remise en état des communs du château de Chambord. In : *Les Monuments historiques de la France*, fascicule 3, 1937, p. 121.

PAULET Félix. Le Raincy : la mission Stéphane Bern au secours de l'église en béton. In *Le Parisien*, 11 juin 2019. URL : <http://www.leparisien.fr/seine-saint-denis-93/le-raincy-la-mission-stephane-bern-au-secours-de-l-eglise-en-beton-11-06-2019-8091093.php> (Consulté le 10 août 2023).

PHILIPPON Jacques, MERLIER Philippe, DUBOIS Lionel. L'église Notre-Dame de Rocquigny (Pas-de-Calais) : restauration, reconstruction ou abandon ? In : *In Situ*, N° 12, 3 novembre 2009. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6548> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/insitu.6548> (Consulté le 10 août 2023).

- PILLET Paul. La basilique Saint-Remi à Reims et sa remise en état. Architecture. In : *Les Monuments historiques de la France*, janvier-mars 1959, pp. 1-8.
- PONSOT Patrick. Basilique de la Trinité - Étude préalable à la restauration. DRAC Pays de la Loire, 2003.
- PRÉAUT Antoine-Marie. Notre-Dame de Royan, une cathédrale de béton restaurée comme une église en pierre. In : *La Pierre d'angle*, septembre 2016.
URL : <https://anabf.org/pierredangle/magazine/notre-dame-de-royan-une-cathedrale-de-bton-restaur-e-comme-une-glise-en-pierre> (Consulté le 10 août 2023).
- PRESCHEZ Philippe. L'architecte des bâtiments de France d'hier à aujourd'hui 1897-1996. In : *La Pierre d'angle*. N° 21-22, octobre 1997, pp. 31-37.
- QUÉNÉE B., TEK M.-A., MASSE O., MARIE VICTOIRE E., BOUICHOU M., DENAIX J. (coord.) *Les bétons du patrimoine. Histoire-diagnostic-restauration. Guide technique à destination des acteurs du patrimoine bâti*. Fédération française du bâtiment, 2021, 167 p.
- QUESNEL L. Renforcement des fondations de l'Église Notre-Dame à Laeken (Belgique). In : *Le Béton armé*, N° 151, 1910, pp. 190-194.
- RAGOT Gilles, CHADOIN Olivier. *La Cité de Refuge. Le Corbusier et Pierre Jeanneret*. Paris : éditions du Patrimoine, Centre des monuments nationaux, 2016, 244 p.
- REY Augustin. Monuments historiques. Nouvelle méthode de restauration. In : *La Construction moderne*, 21 avril 1906, pp. 340-344 et 28 avril 1906, pp. 354-357.
- REY Augustin. Monuments historiques-nouvelle méthode de restauration. In : *La Construction moderne*, N° 29, 1906, p. 341.
- ROCHE Michel. Dupliquer les bétons Perret. *Béton*, N° hors-série 20, hiver 2017, pp. 26-28.
- RONDOT Christine. Belfort : destruction de l'église Notre-Dame-des-Anges. In : *Vosges matin*, 24 août 2015. URL : <https://www.vosgesmatin.fr/religion-et-croyance/2015/08/24/belfort-destruction-de-l-eglise-notre-dame-des-anges> (Consulté le 10 août 2023).
- SAGOT François. Restauration de la « Sainte chapelle du béton armé ». In : *Le Moniteur*, 10 mars 2000.
- SAINT-PAUL Anthyme. Viollet-le-Duc et son système archéologique. In : *Bulletin Monumental*, N° 46 (1880), pp. 409-463, pp. 716-778 ; N° 47 (1881), pp. 5-54, pp. 187-234, pp. 445-502.
- SCHMUCKLE MOLLARD Christine. Église Sainte-Agnès, étude préalable à la restauration des parements extérieurs, mai 2001, ACC, fonds Sainte-Agnès d'Alfortville.
- SIMMONET Cyrille. La peau et les os. Sur la restauration des constructions en béton armé. In : *Faces*, N° 42/43, 1997-1998, pp. 24-28.
- TIMBERT Arnaud. La charpente en béton de la cathédrale Notre-Dame de Noyon. In : *La cathédrale Notre-Dame de Noyon. Cinq années de recherches*. Noyon : Société historique, archéologique et scientifique de Noyon, 2011, p. 161-172.
- TROUVELOT Jean. André Collin 1875-1966. In : *Les Monuments historiques de la France*, vol. 13, 1967, p. 60.

8.1.10 Techniques de réhabilitation-restauration du béton armé

*** Renofors recrée un environnement protecteur pour les armatures métalliques du clocher de l'église Sainte-Radegonde à Riantec (Morbihan). In : *Zoom sur Riantec*, N° 13, s.d. URL : https://aurige-swi.s3.eu-west-1.amazonaws.com/prod/public/2020-11/RIANTEC15FR1_bisb.pdf (Consulté le 10 août 2023).

ADENOT F. *Durabilité du béton : caractérisation et modélisation des processus physiques et chimiques de dégradation du ciment*. Thèse de doctorat en sciences appliquées. Université d'Orléans, 1992.

BARBERON Fabien, GEGOUT Philippe, LOPEZ-RIOS Julien (BOUYGUES). *Procédé de mesure de la corrosion d'un élément métallique dans un ouvrage en béton*. Brevet N° FR2955178A1, 15 juillet 2011.

BOUCHOU Myriam, MARIE-VICTOIRE Élisabeth. La villa Éphrussi de Rothschild à Saint-Jean-Cap-Ferrat. Des choix de restauration. In : *1970-2020. Le laboratoire de recherche des monuments historiques. Un demi-siècle au service du patrimoine*. Paris : Beaux-arts éditions, 2020, p. 68.

BOUCHOU Myriam, MARIE-VICTOIRE Elisabeth. *Le nettoyage des bétons anciens. Guide des techniques et aide à la décision*. Cercle des partenaires du patrimoine. Champs-sur-Marne, 2009.

BRACHELET F, DU T., DEFER D., ANTCZAK E. Détermination de la diffusivité thermique et de l'épaisseur du béton d'enrobage par thermographie infrarouge. XXIX^e Rencontres Universitaires de Génie Civil. Tlemcen, 29-31 mai 2011, 10 p.

BRIÈRE Claire. La protection cathodique par anodes sacrificielles : adaptation du système pour la Sphinge « au parapluie », épreuve en béton armé. In : *Technè*, N° 46, 2018, pp. 104-108.

CAILLEUX Emmanuel, MARIE-VICTOIRE Élisabeth. La réalkalinisation, une nouvelle technique de conservation des monuments historiques en béton armé. Évaluation de l'efficacité, de la durabilité et de l'innocuité des traitements. In : *L'Actualité chimique*, N° 312-313, 2007, pp. 22-28.

CHAKRI Sara. *Compréhension des mécanismes d'inhibition de la corrosion des armatures métalliques des bétons par des molécules d'origine biologique*. Thèse de doctorat en génie chimique. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2015, 217 p.

DESBOIS T., THAUVIN B., BOUTEILLER V. Présentation des procédés de traitement électrochimiques. Journée technique AFGC Méditerranée : La protection cathodique des ouvrages en béton armé : du diagnostic aux travaux. Mallemort, 12 décembre 2018.

EFIM Ya Lyubiski. *Protection cathodique de béton renforcé avec un inhibiteur de corrosion imprégné*. Brevet N° W00233147, 25 avril 2002.

GESLIN Félicie. Restauration. Comment nettoyer les bétons anciens. In : *Les Cahiers techniques du bâtiment*, N° 339, février 2015, p. 25.

GLASS Gareth, ROBERTS Adrian, DAVIDSON Nigel. *Procédé de traitement pour béton*. Brevet N° EP3190210, 7 décembre 2017.

GUERIN Richard, FREYSSINET INTERNATIONAL. *Procédé de régénération et de protection du béton armé*. Brevet N° EP0723947, 31 juillet 1996.

GUILLOIN Emmanuel. *Durabilité des matériaux cimentaires : modélisation de l'influence des équilibres physico-chimiques sur la microstructure et les propriétés mécaniques résiduelles*. Thèse de doctorat en mécanique. École normale supérieure de Cachan, 2004, 154 p.

HANSSON C. M., POURSAEE A., LAURENT A. Macrocell and microcell corrosion of steel in ordinary Portland cement and high performance concretes. In : *Cement and Concrete Research*. Elsevier, Volume 36, N° 11, novembre 2006, pp. 2098-2102.

HIRD Pamela, FOSROC Ltd. *Procédé de traitement électrochimique du béton*. Brevet N° W09901407, 14 janvier 1999.

HUNKELER F., UNGRICHT H. et. al. Qualification de deux inhibiteurs (MFP et Sika FerroGard-903) pour la remise en état d'ouvrages en béton armé contaminés par des chlorures. Rapport VSS Suisse N° 554, juillet 2001.

IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux). Mesure de la résistivité du béton pour estimer le risque de corrosion. Cahiers interactifs de l'IFSTTAR B2-6. URL : https://www.ifsttar.fr/collections/CahiersInteractifs/CII1/pdfs/FicheB2-Guide_Auscultation_Ouvrage_Art-Cahier_Interactif_Ifsttar.pdf (Consulté le 10 août 2023).

IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux). Méthodes d'auscultation du matériau en place - béton. Cahiers interactifs de l'IFSTTAR B1-4. URL : https://www.ifsttar.fr/collections/CahiersInteractifs/CII1/pdfs/FicheB1-4-Guide_Auscultation_Ouvrage_Art-Cahier_Interactif_Ifsttar.pdf (Consulté le 10 août 2023).

JEBLI Mouad, MIELNICZUK Boleslaw, JAMIN Frédéric, PELISSOU Céline, EL YOUSOUFI Moulay Saïd. Étude expérimentale de la lixiviation du béton à l'échelle de l'interface pâte de ciment-granulats. Rencontres Universitaires de Génie Civil. Bayonne, mai 2015, 8 p.

KIM Ki Joon. *Système de protection cathodique par courant imposé (ICCP) pour béton en mer*. Brevet N° W02013062234, 5 février 2013.

LARGET Mathilde. *Contribution à l'évaluation de la dégradation du béton : thermographie infrarouge et couplage de techniques*. Thèse de doctorat en mécanique. Université de Bordeaux, 2011, 225 p.

LERM (Laboratoire d'études et de recherches sur les matériaux). Contrôle non destructif des ouvrages ou comment obtenir une échographie des structures. In : *Le Moniteur*, URL : <https://www.lemoniteur.fr/article/contrrole-non-destructif-des-ouvrages-ou-comment-obtenir-une-echographie-des-structures.1213529> (Consulté le 10 août 2023).

LRMH, CESE. *Patrimoine en béton, enjeux et innovations*. Journée d'études. Paris : Palais d'Iéna, 21 octobre 2020. Enregistrement vidéo. URL : <https://www.dailymotion.com/lrmh> (Consulté le 10 août 2023).

MARIE-VICTOIRE Élisabeth, BOUICHOU Myriam. Le nettoyage des bétons. In : *Monumental*, N° 1, 2017, pp. 72-75.

MARIE-VICTOIRE Élisabeth, BOUICHOU Myriam. Le Palais d'Iéna. Un temple à sauvegarder. In : *1970-2020. Le laboratoire de recherche des monuments historiques. Un demi-siècle au service du patrimoine*. Paris : Beaux-Arts éditions, 2020, p. 66.

MARIE-VICTOIRE Élisabeth. Analyse et conservation de bétons anciens. Conférence internationale *Architecture culture by 1900 : critical reappraisal and heritage preservation*. Buenos Aires, 1999.

MARIE-VICTOIRE Élisabeth. *Les altérations visibles du béton, définitions et aide au diagnostic*. Cercle des partenaires du Patrimoine. Champs-sur-Marne, 1996, 34 p.

MATTILA J. S., PENTTI M. J., RAISKI T. A. Durability of electrochemically realkalised concrete structures. In : PAGE C. L., BAMFORTH P. B., FIGG J. W. Figg. *Corrosion of Reinforcement in Concrete Construction*. Cambridge : Royal Society of Chemistry, Information Services, 1996, p. 481.

NGUYEN Ngoc Tan. Évaluation non destructive des structures en béton armé : étude de la variabilité spatiale et de la combinaison des techniques. Thèse de doctorat en mécanique. Université de Bordeaux, 2014.

PAGE Christopher Lyndon. *Protection cathodique du béton armé*. Brevet N° W09429496, 22 décembre 1994.

PIWAKOWSKI B., SAFINOWSKI P., LOSECKI À. Contrôle non destructif du béton par ultrasons à l'aide d'un dispositif automatisé. Projet SENSEO. Ministère de la recherche et Réseau de génie civil et urbain, 2008, 11 p.

REVERTEGAT E., RICHEL C., GEGOUT P. Effect of pH on the durability of cement pastes. In : *Cement and Concrete Research*, vol. 22, N° 2, p. 259–272. Elsevier, 1992.

RISSEL KHELIFA Mohammed. *Effet de l'attaque sulfatique externe sur la durabilité des bétons autoplaçants*. Thèse en génie civil. Université d'Orléans, 2009, pp. 37-38.

SALLES Hervé. *Utilisation du béton fibre à ultra-hautes performances dans le bâtiment. Matériaux composites et construction*. Mémoire en génie civil. CNAM - Centre régional associé de Bordeaux, 2013, 107 p.

SIMPSON David, SERGI George, RATHOD Tejal, WHITMORE David. *Protection cathodique contre la corrosion*. Brevet N° W02017075699, 5 novembre 2017.

SOUCHU Philippe. Contrôle non-destructif des ouvrages et des bâtiments. Entretien avec Jean-Luc Garciaz, expert au LREM. URL : <http://doc.lerm.fr/contrôle-non-destructif-des-ouvrages-et-des-bâtiments/> (Consulté le 10 août 2023).

STEGEN Guido. La renaissance du patch repair. Colloque Restaurer les bétons : la masse et l'épiderme. ICOMOS France. Grenoble, 23-24 novembre 2017. In : *Cahier ICOMOS France*, N° 29, 2018.

TACHÉ Guy (coord.) AFGC/ CEFRACOR (Centre français anti-corrosion). *Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion*. Novembre 2003, 107 p.

TOURNEUR Christian, FREYSSINET SOLETANCHE. *Procédé de protection cathodique d'une structure en béton armé*. Brevet N° EP2839057, 25 février 2015.

WHITMORE David, BECKER Tobias. *Système de protection contre la corrosion cathodique comportant un ensemble de montage de barre d'armature*. Brevet N° W020190066540, 1^{er} octobre 2019.

WHITMORE David, CHILD Geoffrey. *Protection contre la corrosion cathodique comportant un limiteur de courant*. Brevet N° W02019006539, 1^{er} octobre 2019.

8.1.11 Législation, réglementation, circulaires ministérielles

CODE civil. Article 606.

CODE de la construction et de l'habitation. Articles L126-2, L511-1, R164-3.

CODE de l'urbanisme. Articles R423-54, R425-1.

CODE du patrimoine. Livre VI.

CODE général de la propriété des personnes publiques. Article L2124-31.

CODE général des collectivités territoriales. Articles L1321-1, L5211-5, L5211-17.

CONSEIL D'ÉTAT. Arrêt N° 340648, commune de Saintes-Maries-de-la-Mer. 20 juin 2012.

CONSEIL D'ÉTAT. Avis 185107. 13 décembre 1923.

CONSEIL D'ÉTAT. Un siècle de laïcité, rapport public. 2004

DÉCRET N° 70-220 du 17 mars 1970 portant déconcentration en matière de désaffectation des édifices culturels.

DÉCRET de la Convention Nationale du 18 septembre 1794.

DÉCRET de la Convention Nationale du 21 février 1795.

DÉCRET du 12 avril 1907 portant organisation du service d'architecture des monuments historiques.

DÉCRET du 20 décembre 1935 relatif au recrutement des architectes des monuments historiques.

DÉCRET du 4 juillet 1912 relatif à l'affectation domaniale des cathédrales à l'administration des Beaux-Arts.

DÉCRET N° 2007-1405 du 28 septembre 2007 portant statut particulier du corps des architectes en chef des monuments historiques.

DÉCRET N° 77-115 du 3 février 1977 portant création de directions régionales des affaires culturelles.

DÉCRET N° 80-911 du 20 novembre 1980 portant statut particulier du corps des architectes en chef des monuments historiques.

DÉCRET N° 84-145 du 27 février 1984 relatif au statut particulier du corps des architectes des Bâtiments de France.

LOI du 13 avril 1908 modifiant la loi du 9 décembre 1905 sur la séparation des Églises et de l'État, dite aussi loi sur la conservation des édifices du culte

LOI du 15 mars 1850 sur l'enseignement confessionnel, dite « loi Falloux » après le ministre de l'instruction publique.

LOI du 16 juin 1881 établissant la gratuite absolue de l'enseignement primaire dans les écoles publiques. Loi dite « Jules Ferry » et « Bert Paul ».

LOI du 1^{er} juillet 1901 relative au contrat d'association.

LOI du 25 décembre 1942 portant modification de la loi du 9 décembre 1905 sur la séparation des Églises et de l'État.

LOI du 28 juin 1833 sur l'instruction primaire, dite « loi Guizot ».

LOI du 28 mars 1882 portant sur l'organisation de l'enseignement primaire.

LOI du 9 décembre 1905 concernant la séparation des Églises et de l'État.

LOI N° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'oeuvre privée.

LOI N° 98-546 du 2 juillet 1998 portant diverses dispositions d'ordre économique et financier.

LOI N° 2021-1109 du 24 août 2021 confortant le respect des principes de la République.

MINISTÈRE DE LA CULTURE. Circulaire N° 63150 du 5 août 1985 relative aux études préalables sur les monuments historiques.

MINISTÈRE DE LA CULTURE. Circulaire N° 2009/022 du 1^{er} décembre 2009 relative à la maîtrise d'œuvre des travaux sur les monuments historiques classés et inscrits NOR : MCCB0928988C.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. Circulaire A-1 du 7 février 1933 – Travaux dépendant de l'administration des ponts et chaussées ; calcul et épreuves des ponts métalliques. Emploi des aciers à haute résistance.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. Circulaire A-3 du 10 mai 1927 - Ponts métalliques et ponts en béton armé

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. Circulaire du 20 octobre 1906, concernant les instructions relatives à l'emploi du béton armé.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. Circulaire N° 8 du 19 juillet 1934 relative au calcul des ouvrages en béton armé.

ORDONNANCE N° 2015-904 du 23 juillet 2015 portant simplification du régime des associations et des fondations.

8.1.12 Revues dépouillées (1890-1940)

La Construction moderne.

L'Architecte.

L'Architecture.

L'Architecture vivante.

L'Architecture française.

L'Architecture usuelle.

L'Art sacré.

Le Béton armé.

Le Christ dans la banlieue.

Le Ciment.

Les Monuments historiques de la France.

Travaux.

8.1.13 Bases de données

AGORHA. Plateforme de l'Institut national d'histoire de l'art. URL : <https://agorha.inha.fr/>

COMPAGNIE des ACMH. URL : <http://www.compagnie-acmh.fr>

INSEE. Convertisseur historique franc-euro. URL : <https://www.insee.fr/fr/information/2417794>

INVENTAIRE Flandre (Belgique). URL : <https://inventaris.onroenderfgoed.be>

INVENTAIRE Grand Est. URL : <https://inventaire-nancy.grandest.fr/gertrude-diffusion/>

INVENTAIRE Hauts-de-France. URL : <https://inventaire.hautsdefrance.fr>

INVENTAIRE Île-de-France. URL : <https://inventaire.iledefrance.fr>

LRMH : Base SYNAPSE: <https://www.lrmh.fr/centre-de-ressources-synapse.aspx>

POP : La plateforme ouverte du patrimoine. URL : <http://www.pop.culture.gouv.fr/>

8.1.14 Archives

Archives de la paroisse Sainte-Pauline du Vésinet.

Archives de la paroisse Saint-Jean-de-Montmartre.

Archives de la Ville de Paris (AVP).

Archives de la Ville de Vichy. Fonds patrimoniaux.

Archives de la Ville et de l'Eurométropole de Strasbourg.

Archives départementales de la Somme (AD).

Archives des Chantiers du Cardinal.

Archives historiques du diocèse de Paris (AHDP).

Archives nationales. Pierrefitte-sur-Seine (AN).

Centre d'archives d'architecture contemporaine (CAAC).

CAAC. Fonds Besnard Charles-Henri. BESCH-G-20. 093 IFA.

CAAC. Fonds Boutterin Maurice. BOUTT. 272 AA.

CAAC. Fonds Droz Jacques. 104 IFA.

CAAC. Fonds Exposition d'architecture française : SADG 1939. 179 IFA.

CAAC. Fonds Guilbert Albert et Jacques. 83 IFA.

CAAC. Fonds Hennebique. BAH. 076 IFA.

CAAC. Fonds Lecœur François. LECFR. 085 IFA.

CAAC. Fonds Marrast Joseph. MARJO. 252 IFA

CAAC. Fonds Vitale François. VITFR-B-5.

Médiathèque du patrimoine et de la photographie (MPP).

MPP. Fonds Anatole de Baudot.

MPP. Vues aériennes entre 1945 et 1975.

9. Traductions. Résumés

9.1 Conclusions (en)

Catholic churches built in France using reinforced concrete between 1890 and 1940 are united by several common characteristics, while presenting great diversity in their design. During this period of half a century, religious architecture in transformed due to the relationship between the French State and the Catholic Church, but also because of society and construction techniques in development.

The Concordat of 1801, signed between the emperor Napoleon and Pope Pius VII, is still in force at the time of the construction of the first reinforced concrete church in Paris, Saint-Jean-de-Montmartre. On the other hand, the fact that this church is built on land acquired by the parish priest with his personal funds, as well as its administrative misadventures, illustrate a paradigm shift. Indeed, the Separation of Churches and the State of 1905 occurs in France just after the completion of this building and marks a turning point in a fundamental aspect of the construction : its financing. From now on, the building costs is paid by the Church alone, except for places of worship destroyed and rebuilt after the First World War using war damage compensated by Germany, or by patrons like the late Aimé Bonna, an enriched pioneer of reinforced concrete who begins building a church in his hometown Hirson in 1929. The cost of the construction of the Notre-Dame-de-la-Consolation church in Raincy at the beginning of the 1920s, by Auguste Perret, tells us about the difficulties of the Church in financing these projects. However, this constraint is transformed into the opportunity to allow a new architectural expression. Between 1905 and 1940, the question of the building cost led systematically to the use of techniques, materials and decorations different from those used previously. Due to land acquisition on the open market, new urban churches generally occupy ordinary land within established blocks, which diminishes their traditional landscape qualities. In the villages, and particularly in the case of reconstructed churches after 1918, the original locations are preserved and they allow the same urban landscape relationships.

From a social point of view, the public attachment to religion evolves until 1940, but in connection with the population growth it remains sufficiently important to justify the building of new churches. The case of the working-class neighbourhoods around Paris, and to a lesser extent Lyon, highlights this aspect. In these areas, the Catholic Church creates project management organizations whose

purpose is to evangelize the modest population by the constitution of new parishes and new places of worship. In addition, the education and the fight against unemployment are put forward. In the French capital and its region, the Chantiers du Cardinal organization is carrying out extensive work to build « relief » chapels and churches, most of which are remarkable for their innovative character from an architectural or constructive point of view. During the 1930s, these construction sites overviewed by cardinal Verdier represent a vast field of experimentation on the types of church plan, on the building techniques of reinforced concrete and on its appearance, alone or in association with other materials.

Viollet-le-Duc had envisioned a future for the metal frame architecture, but this technique did not create many examples in religious architecture, with the exception of churches like Saint-Augustin or Notre-Dame-du-Travail in Paris. Sainte-Barbe in Crusnes, built entirely of metal in the second half of the 1930s, represents an exception more linked to concerns about mass prefabrication and evangelization of the French colonies. Reinforced concrete and reinforced cement already exist in 1890, but their use is limited to invisible structures or pipe networks. Initially, the two materials are associated with their inventors, Hennebique and Cottancin respectively. Unlike reinforced concrete, reinforced cement is composed without gravel, but with higher quantities of cement and less water. The reinforcement methods are different, because reinforced cement allows fine networks of iron wires, while reinforced concrete requires bars of larger dimensions. Many pioneers filed patents in these fields, each creating their own “system”. Over time, the difference in terminology between the two materials fades, but official technical language continues to maintain confusion between reinforced concrete and reinforced cement for decades after the beginning of the 20th century. For reasons of rational simplification, we use today the term « reinforced concrete » as a general technique including the particular method of reinforced cement.

The architectural renewal in religious architecture, specifically through the use of reinforced concrete or reinforced cement, is supported by a certain number of respected voices in the circles of architects, artists, the Beaux-Arts school and the Catholic Church. Abroad, these ideas are also shared in theories and practices, with certain local nuances, such as in Germany or Austria-Hungary, where reinforced concrete develops from the patents of Joseph Monier and not of Hennebique, Cottancin and their derivatives, as in France.

Thanks to his encounter with Cottancin, Anatole de Baudot uses reinforced cement for the first time to build a new church in France, at Saint-Jean-de-Montmartre. We also owe this building to different circumstances which rule out Édouard Bérard's project, designed in Hennebique reinforced concrete. Another coincidence made that Auguste Perret begins his career in religious architecture on a project started by Cottancin and taken over by Hennebique, at the cathedral of Oran in Algeria. François Hennebique's commercial strategy proves its effectiveness, through the creation of an engineering office and a global network of dealers which ensure the survival of the company until 1967. His office intervenes on a large number of new churches or in the restoration of historic monuments, such as the cathedral of Strasbourg or that of Arras. Despite the technical interest of their designs, the other

pioneers do not meet with the same success, starting with Cottancin. In 1906, the first French regulation of reinforced concrete contributes significantly to stopping the profusion of « systems » and to establishing a common reinforced concrete. However, this material-technique continues to manifest itself in religious architecture in various forms, between the moulded masonry blocks of Édouard Bérard or Alfred Nasousky, the large moulded pieces of Charles-Henri Besnard, the small moulded structural elements of Henri Deneux and the routine method of concrete poured on site. The examples of churches we selected highlight the diversity of these construction techniques which demonstrate a desire for experimentation. Even in the case of concrete poured on site, the different versions of the projects show sometimes a demonstrative approach, as in the churches of Saint-Esprit by Paul Tournon, or Saint-Pierre-de-Chailot by Émile Bois, in Paris.

Concerning the style, the diversity of religious architecture built between 1890 and 1940 could lead us to the hasty conclusion that this is a long wandering period. Indeed, neo-medieval, neo-Palladian, expressionist, regionalist or pseudo-modernist compositions coexist, but they are not balanced in quantity. The rationalist current manifested in the work of certain followers of Viollet-le-Duc and Anatole de Baudot ensures a link with the neo-Gothic, but it ends up isolated in the restoration of historical monuments. The chronology also does not help us to recognize a stylistic evolution, because some churches from the 1890s are more modern than others built in the late 1930s. The confusion is even greater when an architect changes style between two projects, like Paul Tournon who designs an art-deco version and another neo-Byzantine one for the Saint-Esprit, while he builds in the meantime the neo-Gothic reinforced concrete church of Élisabethville. Although it is sometimes easy to identify interpreted historical elements, these are borrowed from periods or places too distant to establish anything other than scattered references. Also, it is difficult to identify precursors of churches built later, with the exception of abstract elements of design methodology (such as the regulating lines of Henri Vidal). Finally, the modernist avant-garde, which would eventually impose its ideas in the 1950s, did not seek to link itself with this architecture with which it coexisted and which silently surpassed it in quantity.

All this puts into difficulty a vision of the history of art structured in a classical way, since the evolutionary sequence of styles and direct filiations do not find their logic here. In reality, this corpus preserves the characteristics of traditional religious architecture. Even the most unusual examples, or those which could be qualified as iconoclastic by definition (like the Cubist church of Brie), are in reality inscribed in the continuity which subordinates the originality. Didn't Auguste Perret want from the start to establish a link between reinforced concrete and the Gothic construction tradition?

Thus, we can estimate that the churches built during the half-century preceding the Second World War can be integrated into the comet tail of the great eclectic movement born in the 19th century. They represent the last witnesses of the traditional religious architectural composition before the modernist revolution. They are also the last examples of the traditional art of building, transcribed in reinforced concrete before the industrialization of construction. The term “transcribed” is the appropriate one, because reinforced concrete is used as a substitute (for stone, brick and wood) which

conforms to old forms (masonry, sculptures, tracery, frames), frequently making them more efficient. It is implemented according to craftsmanship methods, often by analogy with traditional materials and it is used as means, not as purpose in itself.

The general composition of these churches preserves the traditional landmarks in their typical locations (bell tower, portal, nave, side aisles, choir, stained glass windows). The vocabulary of forms is interpreted, but it is not denied in order to be recreated. There is a search for objective architectural beauty, through the balance of proportions, the harmony of volumes and integration into the urban composition. The character of the place is respected by the choice of materials and colours, or sometimes by the subtle reminder of disappeared elements (Saint-Vaury, Moreuil).

From the point of view of church plan typology, the period between 1890 and 1940 is defined by a permanent debate between the elongated plan and the centred plan, which manifests itself relatively early, but mainly after the First World War. The interior continues to be designed according to liturgical standards preceding the Second Vatican Council. Thus, the altar is placed in the choir and not in an advanced position towards the nave, which favours the plan developed in length. Nevertheless, architects like Paul Noulin-Lespès, Jacques Droz or Georges-Henri Pingusson plead in favour of the centred plan for symbolic and architectural reasons or in research of a return to the sources of Christianity. In contrast, Auguste Perret starts by being a supporter of the elongated plan, because he considers it as the logical continuation of the Gothic architecture that defines French religious building tradition, but evolves his vision in favour of the centred plan.

The construction technique constitutes the basic element which allows these religious buildings to form a coherent architectural corpus. Examples of churches made exclusively of reinforced concrete are very rare, while those of churches with a reinforced concrete frame are numerous. Through its essential role in stability, a framework subordinates the architectural design, which makes it possible to say that a church is made of reinforced concrete if its supporting structure is made with this material. In most cases, the concrete is not necessarily visible, the façades being plastered or covered in stone or brick. Indeed, the appearance given to raw concrete is a subject of hesitation and experimentation. The bell tower or the hollowed-out spire in exposed reinforced concrete is one of the motifs of the 1920s and 1930s, while the extrados of the vaults is treated with simple cement mortar without any other protection since the end of the 19th century. Usually, financial constraints force expensive finishes to be replaced with cheap concrete. Furthermore, fresh concrete sculpture has enjoyed great success in the work of several artists, including Carlo Sarrabezolles.

The first architects who built reinforced concrete churches come from the school of thought of the restoration of historical monuments founded by Viollet-le-Duc, continued and institutionalized at the École de Chaillot by Anatole de Baudot. The French State contributes to creating a public body of architects-civil servants, the chief-architects of historical monuments (ACMH), who use their experience on restoration sites in order to build new churches, such as Édouard Bérard, Émile Brunet, Charles-Henri Besnard, Henri Deneux and Pierre Paquet. Architects from the Beaux-Arts school manifest themselves in reinforced concrete religious architecture particularly in the 1920s and

1930s, mainly under the influence of the Beaux-Arts teacher Julien Guadet and especially of Auguste Perret, but modernist and regionalist influences are also present. Thus, we can see that the ACMH adopt a rationalist approach which excludes copying in favour of an original reinterpretation of the forms of the past, which they know perfectly, while the other architects place themselves in a more ambiguous manner, by designing nevertheless quality projects, but less imbued with an obvious stylistic character.

In order to understand the extensive corpus constituted by the reinforced concrete churches of the 1890-1940 period, it seems useful to create sub-categories on the basis of a typological and constructive criterion inspired by the course of theory of architecture by Julien Guadet. This distinction shows both a relatively uniform geographical distribution of the different types of plans, but also a balance between them. The elongated plan crosses this period as a traditional solution accepted by default. However, it benefits from original contributions, in particular at the level of the transversal section of the main space. After the fairly limited use of slabs by Anatole de Baudot at Saint-Jean-de-Montmartre to cover the lower church and the side aisles, Édouard Bérard introduces them as the cover of the central nave in 1909 at Notre-Dame in Rungis. Meanwhile, the parabolic spans represent a characteristic element for the naves of 1920s and 1930s. Lowered barrel vaults are experimented under the influence of Auguste Perret at Notre-Dame-de-la-Trinité in Blois, at the Petit Séminaire chapel in Voreppe or at Saint-Pierre in Roye. Dom Bellot's influence is also important regarding the use of segmented vaults or truncated arches, at Sainte-Famille de Croix-Luizet in Villeurbanne or at Saint-André et Sainte-Jeanne-d'Arc de Fétilly in La Rochelle. Domes are also used in elongated plans, starting with the church of Saint-Maurice in Bécon-les-Bruyères at the beginning of the 20th century, followed by other examples comparable in size, such as the church of Notre-Dame-de-Bethléem in Clamecy. We can also observe that the elongated plane-domes association is considered the most suitable for large religious buildings, such as the basilica of Sainte-Thérèse in Lisieux or the churches of Sacré-Coeur in Cholet, Saint-Chrysole in Comines or Saint-Martin in Hénin-Beaumont. In the design of domes and their supports, numerous experiments are carried out. On the one hand, it concerns the very shape of the domes, which can be of spherical, Persian or composite type, using single walls, double walls or glass blocks. On the other hand, from the point of view of the structural articulation with the lower level, between the various shapes of trumpet arches, pendentives or rectangular elements, the chosen examples illustrate the inventiveness of the architects, who push the constructive limits of reinforced concrete. Concerning the centred plans, a recurring motif is that of the intersecting reinforced concrete arches which make it possible to cover the nave by removing all columns. After a masonry experiment at the Armenian cathedral in Paris, Albert Guilbert takes up this motif in reinforced concrete at Sainte-Jeanne-d'Arc in Versailles, while Jacques Droz and Joseph Marrast use it at Saint-Louis in Vincennes just before the start of the First World War. Other churches are built according to this model in Domfront en Poiraise (Saint-Julien), Limé (Saint-Rémi) or Montpellier (Sainte-Thérèse-de-Lisieux). The Greek cross plan is used less often, such as for the almost identical churches of Notre-Dame de la Paix in Ribérac and Saint-Joseph in Pau, while the compact plan type is also unusual. Finally, some composite types complete this table, through examples in Nice (Sainte-Jeanne-d'Arc) or Vichy (Notre-Dame-des-malades).

The study of the use of the early reinforced concrete in the restoration of religious monuments in the 1920s and 1930s has the advantage of illustrating experimental approaches similar to those implemented in new churches. Also, it allows us to circumscribe the religious architectural creation of the time and to question the parallels between restoration and new construction among ACMHs active in both sectors. Through the restoration work carried out at the cathedrals or basilicas in Reims, Saint-Quentin, Soissons, Noyon or Arras, we discover both contributions in the field of restoration doctrine and practice, but also technological advances in the field of reinforced concrete. These achievements are currently protected as historic monuments by the French State and will in turn require, sooner or later, restoration. By their example of innovation, economy and rationality, as well as by their historical testimony of a particular era, they offer lessons for the restoration of reinforced concrete churches of the same period. It is possible to place on a nearby level the extensions or large-scale partial reconstructions of existing churches, as carried out in the 1920s and 1930s at Saint-Julien in Saint-Vaury (by Auguste Perret), Saint-Vaast in Moreuil, Saint-Pierre in Roye (both by Charles Duval and Emmanuel Gonse), Saint-Nicaise in Rouen (by Pierre Chirol) or Sacré-Coeur in Agen (by Henri Vidal). In these cases, we cannot recognize restorations of disappeared parts, but new architectural design in the continuity of ancient remains. Now listed as historical monuments, these projects offer lessons in stylistic interpretation according to contemporary architectural design, but also regarding balanced integration in an existing context and the use of innovative construction techniques.

What can be learned from the architects who built the reinforced concrete churches in the fifty years before the Fall of France in 1940? Their task is not the easiest, because they must design buildings for which a large part of the architectural, symbolic and decorative content is fixed in advance, while construction techniques, artistic trends and society are in the process of being profoundly transformed. In this context of general restlessness, they show that the knowledge of traditional architectural grammar serves as a compass which allows to maintain a spiritual link with the past, while simultaneously creating an innovation capable of resisting the judgment of posterity from a built heritage point of view. The technical interest of a built object rarely generates attachment, as is the case for many works made with the early reinforced concrete, but which have no soul. We cannot be sensitive to the invisible, but very interesting Mátrai system of which some Paris metro stations are made. The impressive Bonna system reinforced concrete conduits represented enormous progress, but we will not hesitate to replace them in the name of the same progress. The accepted preservation of a building is intimately linked to its objective beauty, shaped through a composition methodology passed from generation to generation. It uses ancestral or intuitive spatial organization schemes, proportions based on the human scale, a vocabulary of familiar shapes and materials and ornaments integrated into the architecture. What better proof than that provided by Aimé Bonna who, after making fortune with his conduits, decided to bequeath to posterity an art-deco church in reinforced concrete in his hometown? All this reveals the importance of rooting architecture in its site and in the people's imagination. This conclusion is important for judging the process of standardization and loss of regional character that began in the 1950s and is now globalized. Also, aesthetic or artistic interest (the objective beauty) manifests itself as a use value of environmental dimensions, because it creates

the necessary attachment in order to expand the lifespan of the building (and therefore reduce its carbon emissions) even after the disappearance of its initial function. For churches, this is an important asset in a context of decreasing numbers of practicing believers.

Regarding the maintenance and restoration techniques applied on reinforced concrete churches, prior multidisciplinary knowledge is necessary. It relates on the one hand to the general and specific pathologies of the early reinforced concretes, to the techniques of non-destructive or invasive testing, as well as to the rehabilitation processes. The most frequent disorders are generated by the poor composition of the original concretes, the unsuitable site execution, the insufficient concrete cover of the reinforcements, the exposure to bad weather, in connection or not with a design defect. The carbonation of concrete can produce corrosion of the iron (steel is not common during this period in church building), which in turn causes the material to burst, self-sustaining the pathology. Auscultation means, using connected devices, make it possible to know the state of the reinforced concrete and its behaviour without altering the building, whereas traditional sampling techniques provide more direct answers, despite their destructive nature. Among the rehabilitation methods for damaged reinforced concrete, we quote the traditional techniques of purging, coating using corrosion inhibitors and reconstruction of the materials, but above all the electrochemical techniques of realkalization, for the concrete, and of impressed current cathodic protection or galvanic cathodic protection, for reinforcements. It should be noted that, although these electrochemical processes are relatively simple, their implementation is the subject of a virtual oligopoly on the current French market, under the protection of patents filed by a very small number of companies. Thus, due to the protected know-how, but in particular the system of public procurement, regulations and insurance in the building sector, few companies can respond to calls for tenders. Also, architects have a limited control over these quite invasive techniques.

It is also necessary to supplement this technical knowledge with elements of restoration doctrine. Reinforced concrete has the particularity of not submitting to the determinism of construction methods, as is the case for stone, brick or wood. French reinforced concrete churches have been protected as historical monuments for about three decades and the process is being extended. In addition, the historical hindsight on reinforced concrete restoration sites is too narrow to allow a definitive judgment on the different ideas put forward by specialists. Beyond the building site opportunism and the defence of one's own project, what defines the common points of these ideas is the analogy with the architecture of stone, under the influence of the traditional philosophy of French historical monuments restoration school. This makes it possible to consider that the replacement of the material is authorized provided to remain faithful to the look. Therefore, respecting the appearance of the monument is indispensable. However, new and evolved reinforced concrete, quite different from the old one, is regularly required, while the restitution stone is more authentically sought in the original quarry, when it is still exploitable. The practices nourish the doctrine, as is the case of the pioneering Raincy church, where the reinforced concrete frames of the stained glass windows are restored in the 1980s and 1990s using new concrete with stainless steel reinforcements. At the church of Notre-Dame in Rocquigny, an entire reinforced concrete bell tower made on site is

demolished and restored between 2012-2013 using assembled parts in high-performance concrete poured in the workshop. The same technique is used at Saint-Jean-de-Montmartre at the beginning of the 2020s, which allows us to consider that some recurrent restoration methods become now common. Similar restoration projects can contribute to drawing a draft doctrine for intervention on the reinforced concrete built heritage. If, in absolute terms, the restoration must take care of the whole building, for financial reasons it is generally very limited, if not carried out in several stages, often separated in time and space, or under the supervision of different people with contrasting views. It should not be forgotten that routine maintenance can limit the heavy costs of restoration work, if it is carried out according to a global vision and in compliance with a certain theoretical discipline, applied to concrete, but also to networks such as heating, electricity, plumbing or fire safety. The number of historical monuments is increasing while the means of the State are reducing. This fact is combined with the urgency of climate change which presents a real threat to these churches. Therefore, the maintenance can provide economical, rapid and ecological solutions. For the Raincy church, the total cost of the various restoration projects exceeds several times the initial amount of the work carried out by the Perret brothers, and this case is not unique.

Time is relentless and will contribute to the definition of a coherent intellectual approach in the field of the restoration and maintenance of this built heritage, because the natural aging of the first reinforced concretes, revealing disorders impossible to contain, will impose many work in the decades to come. In the meantime, an administrative and professional system is in place to respond in a colder, purely technical way, to the daily sanitary problems of the building. This includes, in particular, the services of the French Ministry of Culture, the civil servant architects and the architects specialized in built heritage.

9.2 Abstract (en)

The Early Reinforced Concrete in the Architecture of Catholic Churches in France (1890-1940) : A Fusion Between Innovation and Tradition Put to the Test of Contemporary Restoration

This research explores a period of half a century (1890-1940) during which the new technique of reinforced concrete underwent exponential growth, moving from a primitive phase of individual experimentation to a classic phase of conventional practices. Thanks to its reliance on centuries-old models, religious architecture serves as a revealer of this phenomenon of collective appropriation. Assimilation, innovation or interpretation are immediately exposed against this stable programmatic background. The selected buildings are representative both for the different currents of artistic ideas and for the profusion of variations of the early reinforced concrete in France. Only a typological analysis can systematically organize the vast corpus, because examination by styles is intricate in the face of the architectural and decorative complexity translated into rationalist, neo-medieval, regionalist or art-deco influences, often used in a puzzling way. Indeed, these churches, mostly listed today as historic monuments, represent the rear-guard of eclecticism and the last witnesses of the traditional art of building preceding the industrialization of construction. Their reinforced concretes are made in a craftsmanship manner and bear traces of imperfections which today raise specific preservation questions. The subject of restoration and maintenance of reinforced concrete churches is presented through technical, heritage and environmental topics. The first reinforced concretes are fragile and can be restored by special, invasive, expensive and sometimes labile means, while there are very few global restoration sites. The experience of architects is still recent in this field, which means that the definition of a shared methodology for restoring the first reinforced concrete remains an open subject.

Keywords : *architecture, carbonation, cathedral, cathodic, catholic, cement, church, concrete, construction, corrosion, France, heritage, prefabrication, preservation, reinforced, religion, reconstruction, restoration, sacred, technique.*

9.3 Zusammenfassung (de)

Der erste Stahlbeton in der Architektur katholischer Kirchen in Frankreich (1890-1940) : Eine Verschmelzung von Innovation und Tradition, die durch zeitgenössische Restaurierung auf die Probe gestellt wurde

Diese Forschung untersucht einen Zeitraum von fünfzig Jahren (1890-1940), in dem die neue Technik des Stahlbetons ein exponentielles Wachstum erlebte und von einem primitiven Stadium individueller Experimente zu einem klassischen Stadium konventioneller Praktiken überging. Dank ihres Rückgriffs auf jahrhundertealte Vorbilder dient die religiöse Architektur als Offenbarung dieses Phänomens der kollektiven Aneignung. Assimilation, Innovation oder Interpretation werden vor diesem stabilen programmatischen Hintergrund sofort sichtbar. Die ausgewählten Bauten stehen stellvertretend sowohl für die unterschiedlichen Strömungen künstlerischer Ideen als auch für die

Variationsvielfalt des ersten Stahlbetons in Frankreich. Nur eine typologische Analyse kann das umfangreiche Korpus systematisch organisieren, da die stilistische Untersuchung angesichts der architektonischen und dekorativen Komplexität, die in rationalistische, neomittelalterliche, regionalistische oder Art-déco-Einflüsse übersetzt wird und oft auf verwirrende Weise verwendet wird, schwierig ist. Tatsächlich stellen diese Kirchen, die heute größtenteils unter Denkmalschutz stehen, die Nachhut des Eklektizismus und die letzten Zeugen einer traditionellen Baukunst vor der Industrialisierung des Bauwesens dar. Ihre Stahlbetone werden handwerklich hergestellt und weisen Spuren von Unvollkommenheiten auf, die heute besondere Fragen zur Denkmalpflege aufwerfen. Das Thema der Restaurierung und Instandhaltung von Stahlbetonkirchen wird anhand technischer, denkmalgeschützter und ökologischer Aspekte behandelt. Die ersten Stahlbetone sind empfindlich und können mit speziellen, invasiven, teuren und manchmal labilen Mitteln wiederhergestellt werden, während es nur wenige Standorte gibt, die das gesamte Gebäude nach einer globalen Vision behandeln. Die Erfahrungen der Architekten auf diesem Bereich stecken noch in den Anfängen, was darauf hinausführt, dass die Definition einer gemeinsamen Methodik für die Sanierung des ersten Stahlbetons ein offenes Thema bleibt.

Schlüsselwörter : *Architektur, Kohlensäure, Kathedrale, Kathodisch, katholisch, Zement, Kirche, Beton, Konstruktion, Korrosion, Frankreich, Erbe, Präfabrikation, Vorbereitung, Verstärkung, Religion, Wiederherstellung, Wiederherstellung, Heiliger, Technik.*

9.4 Rezumat (ro)

Primele betoane armate în arhitectura bisericilor catolice construite în Franța (1890-1940) : o fuziune între inovație și tradiție în fața restaurării contemporane

Această lucrare studiază o perioadă de cincizeci de ani (1890-1940) în timpul căreia noua tehnică a betonului armat cunoaște o creștere exponențială, trecând de la o fază primitivă de experimentare individuală la o fază clasică a practicilor convenționale. Datorită proiectării pe modele seculare, arhitectura religioasă servește ca revelator al acestui fenomen de însușire colectivă a noului material. Asimilarea, inovația sau interpretarea sunt imediat expuse pe acest fundal programatic solid. Bisericile selectate sunt reprezentative atât pentru diferitele curente de idei, cât și pentru multitudinea de variante ale primelor betoane armate în Franța. Doar o analiză tipologică poate organiza în mod sistematic această familie de clădiri, deoarece o clasificare stilistică este dificilă în fața complexității arhitecturale și decorative care se manifestă în influențe raționaliste, neomedievale, regionaliste sau art-deco, adesea folosite într-o manieră deconcertantă. Într-adevăr, aceste biserici, astăzi în cea mai mare parte protejate ca monumente istorice, reprezintă ariergarda eclectismului și ultimii martori ai unui mod tradițional de construcție premergător industrializării în acest domeniu. Betoanele armate sunt realizate în mod artizanal și poartă urmele imperfecțiunilor originare, ceea ce ridică astăzi întrebări specifice de conservare. Tema restaurării și întreținerii bisericilor din beton armat este prezentată prin studiul unor aspecte tehnice, patrimoniale și de mediu. Primele betoane armate sunt fragile și pot fi restaurate prin metode speciale, invazive, costisitoare și uneori fragile în timp, în timp

ce puține sunt șantierele care restaurează o biserică în totalitate și în funcție de o viziune globală. Experiența arhitecților este încă recentă în acest domeniu, ceea ce înseamnă că definirea unei metodologii comune de restaurare a primelor betoane armate rămâne un subiect deschis.

Cuvinte cheie : *arhitectură, armături, beton, carbonatare, catedrală, catolic, catodic, ciment, conservare, construcție, coroziune, doctrină, biserică, Franța, monument, patrimoniu, prefabricare, conservare, reconstrucție, religie, restaurare, sacru, tehnică.*

9.5 Résumé (fr)

Les premiers bétons armés dans l'architecture des églises catholiques en France (1890-1940) : une fusion entre innovation et tradition à l'épreuve de la restauration contemporaine

Ce travail de recherche explore une période de cinquante ans (1890-1940) pendant lesquels la nouvelle technique du béton armé connaît un épanouissement exponentiel, en passant d'une phase primitive d'expérimentations individuelles à une phase classique de pratiques conventionnelles. Grâce à son appui sur de modèles multiséculaires, l'architecture religieuse sert de révélateur de ce phénomène d'appropriation collective. L'assimilation, l'innovation ou l'interprétation sont immédiatement exposées sur ce fond programmatique stable. Les édifices sélectionnés sont représentatifs à la fois pour les différents courants d'idées artistiques et pour l'abondance de déclinaisons des premiers bétons armés en France. Seule une analyse typologique peut organiser de manière systématique le vaste corpus, parce que l'examen stylistique est mis en difficulté face à la complexité architecturale et décorative traduite dans les influences rationalistes, néo-médiévales, régionalistes ou art-déco, souvent utilisées de manière déroutante. En effet, ces églises, aujourd'hui majoritairement protégées au titre des monuments historiques, représentent l'arrière-garde de l'éclectisme et les derniers témoins d'un art de bâtir traditionnel précédant l'industrialisation quasi-totale de la construction. Leurs bétons armés sont mis en œuvre de façon artisanale et portent les traces d'imperfections qui posent aujourd'hui des questions spécifiques de préservation. Le sujet de la restauration et de l'entretien des églises en béton armé est présenté au travers des problématiques techniques, patrimoniales et environnementales. Les premiers bétons armés sont fragiles et peuvent être restaurés par de moyens spéciaux, invasifs, coûteux et parfois précaires, alors que rares sont les chantiers qui traitent l'ensemble d'un édifice selon une vision globale. L'expérience des architectes est encore récente dans ce domaine, ce qui fait que la définition d'une méthodologie partagée de restauration des premiers bétons armés reste un sujet ouvert.

Mots-clés : *architecture, armatures, béton, carbonatation, cathédrale, catholique, cathodique, ciment, conservation, construction, corrosion, doctrine, église, France, monument, patrimoine, prefabrication, préservation, reconstruction, religion, restauration, sacré, technique.*

10. Index de noms propres

- Abadie, 47, 158, 273, 315
Abram, 42, 89, 145
Aillaud, 297
Aimond, 122
Alberti, 271
Albizzati, 330
Aldighieri, 281
Amiot, 382, 383
André, 39, 72, 79, 85, 123, 259,
260, 264, 267, 292, 295, 297,
298, 302, 310, 331, 376
Androuet du Cerceau, 29
Arénov, 333
Armstrong, 23
Arnaud, 33, 35, 44, 48, 114, 149,
152, 153, 239, 309
Arnault, 255
Aspdin, 317
Astruc, 48, 146
Aubert, 189
Auburtin, 61, 266, 284
Avenier, 40
Bachelet, 245
Bagge, 237
Ballu, 88, 97
Baltard, 30, 48, 58
Banham, 37
Barbier, 20, 31, 34, 39, 52, 53,
63, 97, 158, 206, 209, 260,
262, 267, 270, 271, 282, 299,
309, 356, 401, 443
Barge, 53, 55, 69
Barillet, 240, 241, 245, 246, 282
Barnabe, 211
Bartning, 39, 103, 104
Bauchet, 374
Bedhomme, 40
Bedzynski, 39
Behrens, 163
Bellot, 5, 62, 90, 91, 242, 257,
264, 397, 407, 426, 431, 456
Benaitreau, 255
Bérard, 5, 41, 51, 56, 59, 66, 121,
139, 140, 156, 165, 166, 167,
168, 169, 170, 171, 172, 177,
178, 186, 189, 270, 293, 387,
395, 397, 453, 455, 456
Berger, 35, 112, 114
Bern, 373, 375, 386
Berruyer, 163
Bertsch, 229
Besch, 248
Besnard, 5, 31, 33, 41, 51, 53,
59, 66, 67, 69, 101, 120, 121,
147, 160, 185, 186, 187, 188,
189, 190, 191, 192, 193, 194,
195, 196, 197, 198, 199, 200,
201, 202, 204, 205, 206, 207,
208, 210, 218, 239, 240, 242,
395, 397, 412, 450, 454, 455
Bessac, 283
Bessonneau, 186, 192, 199
Bevière, 209, 210
Bidaud, 43
Bigot, 75, 129, 135, 137, 149,
301
Blampain, 171
Blanchard, 151
Blomme, 40
Boeswillwald, 185, 210, 295
Bohan, 215
Böhm, 39
Boileau, 48, 80, 81, 82, 83, 84,
85, 88, 171, 222, 253, 255
Bois, 5, 52, 53, 55, 61, 63, 67,
84, 124, 201, 209, 210, 211,
212, 213, 214, 215, 216, 217,
218, 220, 221, 222, 285, 428,
441, 454
Bonaparte, 352
Bonna, 22, 23, 110, 112, 130,
393, 398, 452, 457
Bonnard, 97, 344, 372, 373
Bonnet, 40, 298, 341, 342
Botton, 345
Bouchard, 222
Boudes, 283
Boudon, 71
Bouillé, 247, 291
Bourdelle, 252
Boussiron, 110, 111, 114, 118
Boutrolle, 276
Boutterin, 52, 61, 269
Braive, 67
Bramante, 58
Bray, 298
Brillaud de Lajaurdière, 233
Brissard, 249
Brœmer, 204
Brunelle, 20, 344, 380
Brunet, 33, 62, 158, 159, 160,
211, 295, 299, 302, 306, 307,
308, 309, 310
Brunette, 305
Buffet, 209
Candela, 80
Candlot, 111, 114, 127
Cantrel, 171

Caquot, 45, 115, 117
 Carpentier-Nazin, 232
 Censier, 207
 Cézanne, 97
 Chaîne, 65, 74, 100, 137, 367
 Chalos, 115
 Champigneulle, 226
 Champly, 164
 Chanet, 291
 Chantrel, 176, 177, 181, 182, 184, 252
 Chapleau, 245, 246
 Charavel, 69, 70
 Chardron, 171
 Charlier, 257
 Chatillon, 52, 60, 345, 346, 347
 Chevalier, 389
 Chigot, 286
 Chirol, 19, 23, 60, 67, 287, 288, 311, 315, 457
 Christophe, 35, 107, 112, 188, 189, 190, 194, 195, 200, 203, 204, 205, 206, 207, 382, 383
 Cloquet, 101, 102
 Closson, 166, 183
 Coignet, 30, 35, 80, 107, 108, 109, 112, 113, 116, 118, 119, 130, 138, 165, 171, 410
 Collin, 299, 302, 309, 310
 Collins, 35, 36, 71, 115, 228, 343
 Combaz, 104, 350
 Combes, 352
 Considère, 116, 119, 130, 194
 Corbier, 40
 Cordonnier, 23, 52, 85, 210, 254, 267
 Corot, 150
 Corroyer, 47
 Cottancin, 5, 25, 30, 36, 41, 63, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 88, 89, 99, 107, 108, 112, 115, 118, 122, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 140, 146, 147, 149, 153, 154, 155, 156, 164, 165, 218, 299, 367, 394, 401, 415, 416, 453
 Courcoux, 64, 166
 Couturier, 54
 Couvègnes, 314
 Curtis, 71
 Cuvillier, 100, 134
 Daneri, 105
 Danis, 61, 67, 124, 266
 Darras-Delahaye, 244
 David, 233, 328
 de Baudot, 5, 28, 30, 31, 34, 36, 37, 39, 44, 47, 49, 51, 52, 62, 65, 67, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 85, 86, 88, 97, 100, 101, 102, 103, 107, 122, 126, 127, 129, 130, 137, 138, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 149, 153, 154, 156, 157, 160, 163, 165, 170, 185, 189, 190, 195, 201, 218, 257, 262, 286, 295, 298, 299, 301, 302, 342, 356, 357, 365, 366, 367, 370, 391, 394, 397, 406, 407, 426, 451, 453, 454, 455, 456
 de Fontenay, 216
 de l'Orme, 299, 303
 de Langlais, 247
 de Reviers, 380
 de Tedesco, 113, 116, 136
 Debat-Ponsan, 53, 63, 66, 231, 232, 233, 243, 291, 401, 406
 Debeauve-Duplan, 171
 Debert, 261
 Degaine, 124, 137, 156
 Deglane, 235
 Delepouve, 189, 190, 205
 Delhumeau, 36
 Deneux, 31, 78, 79, 168, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 395, 397, 454, 455
 Denis, 37, 65, 90, 97, 98, 113, 120, 134, 171, 235, 250, 276, 280, 284, 372
 Desvallières, 97, 235, 264, 280
 Devaux, 347
 Dhomme, 245, 276, 314
 Dom Bellot, 34, 52, 53, 54, 59, 60, 62, 64, 65, 66, 90, 91, 99, 104, 122, 211, 236, 241, 256, 257, 259, 264, 265, 356, 381, 425
 Donzet, 298, 371, 373
 Doucet, 292
 Dreyfus, 352
 Droz, 32, 33, 39, 52, 53, 55, 58, 60, 62, 63, 66, 69, 97, 123, 249, 250, 264, 275, 276, 277, 280, 282, 284, 289, 290, 291, 356, 362, 396, 398, 407, 428, 437, 450, 455, 456
 Duban, 49
 Dubois, 190, 205, 209, 210, 211, 214, 215, 217, 344, 384
 Dubuisson, 120
 Ducos de la Haille, 223
 Dufrasne, 70
 Duhamel, 171
 Dumont, 71
 Duplat, 330, 338
 Dupuis, 81
 Durand, 163, 237
 Duthoit, 297
 Duval, 53, 61, 66, 68, 88, 122, 124, 284, 311, 312, 314, 408, 428, 457
 Edison, 120
 Engelhardt, 187
 Esnault, 70
 Espitallier, 35, 113, 138
 Expert, 60, 62, 247, 248, 249, 291, 297
 Fabre, 31, 63, 163, 164, 395, 415
 Favier, 24, 290
 Febvre, 292
 Féret, 114, 132, 412
 Ferry, 352
 Flachat, 295
 Forest, 209
 Forty, 37
 Fosroc, 329
 Foucart, 47
 Fougère, 190, 205
 Fouilloux, 318
 Fourré et Rhodes, 190, 194, 205, 207, 208, 239
 Frampton, 71
 Francastel, 35
 Frémaux, 41, 42
 Freyssinet, 45, 117, 118, 122, 124, 195, 237, 238, 346
 Froidevaux, 240
 Gaillard, 23, 311, 315
 Gallozzi, 366
 Garnier, 117, 227, 231, 291
 Gatier, 7, 43, 318, 333, 343, 346, 379
 Gatz, 36
 Gaudibert, 33, 61, 262
 Gaudig, 368

Gaudin, 268
 Gauguin, 97, 424
 Gaumont, 52
 Genoni, 171
 Genuys, 30, 163, 262, 272, 275,
 300, 305, 306
 Gianfranceschi, 164
 Gibier, 171
 Giedion, 35
 Gillet, 348
 Glaize, 31
 Goddard, 186
 Godin, 215
 Gonse, 53, 61, 66, 68, 88, 122,
 124, 284, 311, 312, 314, 408,
 428, 457
 Gosset, 49
 Gout, 185, 295
 Graf, 36, 127, 416
 Gramp, 164
 Granvaud, 164
 Gravereaux, 20
 Gruber, 204, 235, 273, 281
 Gruson, 345
 Guadet, 5, 18, 50, 85, 86, 88,
 224, 254, 262, 357, 397, 456
 Gualino, 242
 Guénard, 189
 Guidon, 306
 Guilbert, 52, 58, 60, 61, 158,
 275, 278, 279, 281, 382, 398,
 450, 456
 Guillebaud, 53
 Guillaume, 35, 112, 114
 Gutton, 39
 Guyot, 250
 Hammoutène, 36
 Hamon, 21, 24, 47, 71
 Hanssen, 245
 Hardouin-Mansart, 57
 Harms, 120
 Hebert-Stevens, 280
 Hennebique, 5, 30, 35, 36, 38,
 41, 64, 78, 81, 82, 89, 99, 107,
 108, 109, 111, 112, 113, 116,
 118, 120, 121, 123, 126, 128,
 129, 130, 131, 132, 136, 137,
 138, 139, 140, 149, 152, 153,
 154, 155, 156, 157, 158, 159,
 160, 163, 165, 185, 225, 226,
 232, 239, 241, 244, 254, 255,
 256, 270, 272, 273, 276, 277,
 278, 279, 281, 282, 284, 290,
 292, 297, 298, 313, 329, 330,
 394, 395, 410, 411, 413, 415,
 416, 419, 450, 453
 Hézard de Montbéliard, 256
 Hubert Blanche de Feydeau, 259
 Hugo, 50, 73, 77, 133, 137
 Huignard, 306
 Hulot, 209, 210
 Huré, 211, 230, 252, 258
 Hyatt, 108, 118
 Imbs, 226, 230
 Ingrand, 235
 Isnard, 166, 183
 Issenmann Pilarski, 123
 Jackson, 37, 154, 155
 Jacquemin, 209, 225, 226
 Jamot, 35, 252
 Jeanneau, 387
 Joffre, 286
 Judin, 20
 Kahn, 91
 Kant, 9
 Kazis, 39
 Kemp, 182
 Klett, 108, 118
 Knauth, 295, 298
 l'Ermitte, 150
 Lablaude, 376, 377
 Labrouste, 30, 72, 85
 Lacoste, 374
 Lafaille, 122, 348
 Lafarge, 108, 114, 118, 127, 318,
 372
 Laffillée, 52, 286, 287, 298
 Lagneau, 344, 382
 Laliq, 284
 Laloux, 225, 231, 260, 288, 291,
 292, 383
 Lambert, 275
 Lambot, 30, 37
 Langen, 318
 Lapeyre, 226
 Laprade, 258
 Laroche, 47
 Lassus, 47, 48
 Laurentin, 52, 274
 Lavedan, 344, 373
 Lavirotte, 129, 137, 149
 Le Bas, 40
 Le Bourgeois, 253
 Le Camme, 171
 Le Chatelier, 317
 Le Chevallier, 245
 Le Corbusier, 34, 39, 43, 66, 75,
 123, 219, 330, 335, 345, 347,
 420
 Le Vau, 57
 Leborgne, 239
 Lecluse, 207
 Lecœur, 31, 78, 79, 124, 137,
 367
 Lecomte du Nouÿ, 47
 Lefèvre, 381, 383, 388
 Lefort, 254
 Legrand, 20
 Leniaud, 42, 71
 Léon, 43, 44, 70, 115, 159, 160,
 177, 223, 243, 299, 300, 304,
 305, 306, 357, 417
 Leprince-Ringuet, 52
 Leroux, 160
 Leroy, 20
 Letot, 171
 Lettelier, 207
 Lévy, 26, 116, 133
 Lhande, 184
 Liedenthal, 164
 Liogier, 291
 Lissalde, 211
 Loos, 50, 188
 Lorieux, 116, 317, 409
 Lossier, 194
 Louis XIII, 298
 Louis XIV, 57
 Loutil, 150
 Macé de Lépinay, 342
 Mackay, 164
 Magne, 30, 31, 37, 186, 203, 204,
 275
 Mallet-Stevens, 54
 Mansart, 57
 Marrast, 32, 39, 52, 55, 58, 60,
 97, 275, 276, 277, 279, 282,
 284, 398, 451, 456
 Marret, 276, 314
 Marrey, 36
 Martin-Ferrières, 203
 Mátrai, 43, 107, 109, 112, 116,
 118
 Mauméjean, 211, 222, 223, 236,
 274, 287, 392
 Mazarin, 57
 Meaume, 306

Melendès, 70
 Mellet, 90
 Mesnager, 115, 117, 119, 138
 Michel, 9, 26, 35, 36, 43, 44, 47, 120, 177, 185, 272, 291, 298, 322, 327, 334, 347
 Mique, 58
 Mohr-Habay, 164
 Moller, 118
 Monchau, 232
 Monestès, 63, 125
 Monier, 35, 36, 81, 99, 108, 109, 112, 118, 126, 127, 128, 130, 132, 138, 154, 394, 413, 418, 453
 Monnoyer, 164
 Moser, 32, 88, 103
 Moulin, 23, 334, 345
 Moureaux, 234
 Mouton, 252, 341, 344, 373
 Moyse, 171
 Muller, 229, 246, 401, 406
 Müller, 53, 66, 69, 244, 246, 290
 Mumford, 35
 Munier, 32, 33
 Nafilyan, 41
 Nasousky, 5, 19, 21, 41, 51, 58, 59, 66, 67, 93, 121, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 189, 250, 252, 270, 339, 356, 387, 395, 410, 416, 454
 Navier, 116
 Nègre, 250
 Nervi, 43, 65, 80
 Neufert, 39
 Nibodeau, 209
 Nola, 389
 Noulin-Lespès, 58, 62, 87, 88, 157, 282
 Novarina, 39, 64
 Novbéton, 329, 341, 347, 379, 380, 381, 388
 Otto, 39, 103, 119, 164
 Oudin, 341, 348
 Paccard, 240
 Padiou, 40
 Palmer, 164
 Paniconi, 105
 Paquet, 78, 79, 100, 124, 272, 273, 298, 367, 397, 407, 455
 Paquier, 208, 209, 211, 214, 216
 Pardal Monteiro, 88, 104
 Parker et Wyatt, 317
 Pediconi, 105
 Perrault-Dalbot, 73
 Perret, 5, 15, 23, 31, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 45, 52, 53, 57, 59, 62, 65, 66, 67, 68, 71, 72, 85, 88, 89, 90, 91, 99, 103, 104, 105, 107, 120, 124, 160, 163, 166, 183, 203, 208, 211, 227, 228, 229, 230, 233, 234, 237, 241, 247, 248, 250, 251, 252, 256, 258, 293, 295, 311, 312, 313, 314, 327, 334, 345, 356, 362, 373, 374, 375, 376, 381, 384, 390, 391, 395, 396, 397, 400, 404, 406, 407, 416, 419, 421, 426, 440, 444, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 459
 Péronnet, 163
 Pevsner, 135
 Pfammatter, 30, 38, 258
 Philippot, 66
 Picard de la Vacquerie, 272
 Pie VII, 352
 Pie X, 352
 Pie XI, 92
 Piketty, 272
 Pillet, 306
 Pingusson, 57, 58
 Plauzeau, 150, 151
 Poubel, 23
 Pouillet, 154
 Pouradier-Duteil, 39, 53, 67, 88, 257, 258, 362
 Pradeau, 190, 205, 206, 207, 225, 226
 Prussig, 318
 Puthomme, 233, 234
 Puvis de Chavannes, 97
 Rabitz, 43
 Rabut, 35, 110, 112, 114, 116, 130, 133, 138
 Ragon, 36
 Ransome, 108, 118, 154, 155
 Rateau, 265
 Raynaud, 204
 Redon, 97
 Rehm, 37
 Renaud, 67, 263
 Renaudin, 285
 Renofors, 328, 329, 341, 381
 Revere, 164
 Rey, 112, 162, 386
 Reyre, 257, 264, 280, 376
 Richard, 39, 94, 140, 328, 339, 384
 Rigal, 183
 Rimbaud, 97
 Rinuy, 280
 Riondel, 162
 Rispal, 235
 Roblot, 20
 Roche, 23, 72, 149
 Roquerbe, 163
 Rothschild, 74, 295, 333
 Rotter, 53, 65, 68, 88, 225, 233, 235
 Roubille, 204
 Roulin, 33, 34, 39, 104, 267
 Rousseau, 130, 149
 Rouvière, 124, 185, 239, 240, 241
 Roux-Colas, 242
 Roux-Spitz, 120, 124, 186, 267
 Rudloff, 229
 Ruffini, 39
 Ruprich-Robert, 295
 Russel Hitchcock, 36, 71
 Sarabazzolles, 69, 125, 231, 276, 290, 293, 333
 Sarda, 164
 Sarrabazzolles, 66, 261, 288, 397, 455
 Saupique, 273
 Schenk, 37
 Schinkel, 50
 Schlosser, 164
 Schmuckle Mollard, 377
 Schuster, 128
 Schwartz, 34, 39, 92, 99
 Seguin, 223
 Sérine, 283
 Sérusier, 97
 Seurat, 97
 Sieffert, 149
 Simon, 14, 20, 40, 111, 114, 157, 284
 Simonnet, 36
 Simphal, 211
 Sjöberg, 39, 365
 Smith, 39
 Sobaux, 139, 156
 Soufflot, 49, 58

Sourdeau, 57, 288, 383, 384
 Stellet, 136
 Storez, 90, 264, 265
 Sutherland, 37
 Teisseire, 52, 53, 280
 Texier, 40, 42
 Thiery, 151
 Thieulin, 374
 Thiret, 40
 Thorrand, 290
 Tollet, 49
 Tournaire, 210, 211, 214, 215,
 217
 Tournel, 150
 Tournon, 18, 20, 33, 34, 39, 41,
 52, 53, 55, 65, 66, 67, 69, 121,
 123, 124, 125, 209, 215, 217,
 230, 336, 343, 395, 407, 422,
 431, 454
 Touzé, 20, 92, 93, 95
 Trannoy, 68
 Trélat, 72
 Tricon, 239
 Tromot, 207
 Trouvelot, 226
 Umbdenstock, 235
 Untersteller, 222, 249
 Vago, 38
 Vallot, 237
 Van Gogh, 97
 Vasselon, 230
 Vaudremer, 30, 272, 357
 Ventre, 295, 296, 297, 299
 Verdier, 92, 184, 190, 233, 236,
 272, 394, 453
 Verlaine, 97
 Vicat, 111, 345, 386
 Vidal, 5, 62, 295, 311, 315, 395,
 401, 420, 421, 429, 454, 457
 Villeneuve, 349
 Villette, 35, 162, 366, 420
 Vinci, 138
 Viollet-le-Duc, 30, 47, 48, 50,
 72, 73, 74, 85, 97, 102, 162,
 165, 172, 187, 210, 343, 346,
 394, 397, 407, 437, 444, 453,
 454, 455
 Virilio, 37
 von Klenze, 50
 Vuillard, 97
 Waldeck-Rousseau, 352
 Wayss, 35, 108, 128
 Wayss-Freytag, 35
 Wermiel, 37
 Weyres, 39
 Wielemans, 100
 Wieschemann, 36
 Wilson, 118
 Winget, 164
 Winkler, 48, 229, 426
 Wright, 65
 Zarraga, 273
 Zevi, 35

11. Annexes

11.1 Tableau synoptique du corpus

DÉBUT/FIN TRAVAUX		NOM DE L'ÉGLISE	VILLE (ARR.) COORDONNÉES	DÉPARTEMENT	ARCHITECTES	OBSERVATION
1897	1904	Saint-Jean-de-Montmartre	XVIIIe 48°53'03"N 2°20'17"E	Paris	Anatole de Baudot	IMH 1966 CMH 2014
1907	1910	Saint-Maurice de Bécon-les-Bruyères	Courbevoie 48°54'18"N 2°16'34"E	Hauts-de-Seine	Julien Barbier	ACR 2011
1908	1909	Notre-Dame-du-Sacré-Cœur-de-Charentonneau	Maisons-Alfort 48°48'27"N 2°26'32"E	Val-de-Marne	Édouard Jacquemin	-
1908	1910	Saint-Jean-Baptiste-de-La-Salle	XVe 48°50'28"N 2°18'44"E	Paris	Édouard Jacquemin	-
1909	1909	Saint-Louis	Longwy 49°30'56"N 5°46'27"E	Meurthe-et-Moselle	Édouard Bérard (?), Alfred Nasousky	Démolie 1990
1909	1909	Notre-Dame de l'Assomption	Rungis 48°44'50"N 2°21'00"E	Val-de-Marne	Édouard Bérard	IMH 1999
1910	1911	Saint-François-Régis	Saint-Etienne 45°26'22"N 4°24'08"E	Loire	Paul Noulin-Lespès	IMH 2008
1910	1911	Saint-Joseph-des-Quatre-Routes	Asnières-sur-Seine 48°55'27"N 2°16'44"E	Hauts-de-Seine	Alfred Nasousky	-
1911	1912	Sainte-Jeanne d'Arc	Lunéville 48°35'18"N 6°30'17"E	Meurthe-et-Moselle	Jules Criqui	IMH 2001
1911	1913	Sainte-Jeanne-d'Arc	XIVe 48°49'31"N 2°20'21"E	Paris	Édouard Bérard, Paul Courcoux	-

1911	1913	Sainte-Pauline	Le Vésinet 48°53'51"N 2°07'03"E	Yvelines	Alphonse Debeauve-Duplan	-
1912	1924	Saint-Louis	Vincennes 48°50'53"N 2°25'08"E	Val-de-Marne	Jacques Droz, Joseph Marrast	IMH 1994 CMH 1996
1913	1913	Saint-Léon-du-Havre	Le Havre 49°29'59"N 0°08'42"E	Seine-Maritime	Alfred Nasousky	Démolie 1987
1913	1921	Saint-Dominique	XIVE 48°49'55"N 2°20'06"E	Paris	Georges Gaudibert	-
1913	1922	Saint-Antoine-de-Padoue	Petit-Quevilly 49°25'48"N 1°03'53"E	Seine-Maritime	Pierre Chirol	IMH 2001
1916	1926	Notre-Dame-de-Lourdes	Sotteville-lès-Rouen 49°24'48"N 1°04'40"E	Seine-Maritime	Alfred Nasousky	-
1918	1922	Sainte-Cécile	Le Havre 49°30'23"N 0°08'32"E	Seine-Maritime	Alfred Nasousky	-
1919	1919	Sainte-Jeanne-d'Arc	Versailles 48°48'39"N 2°08'14"E	Yvelines	Albert Guilbert	-
1920	1933	Saint-Médard	Aizy-Jouy 49°26'08"N 3°30'58"E	Aisne	Jean Lapeyre, Jean Trouvelot	Intégration vestiges MH 1927
1921	1924	Sainte-Jeanne-d'Arc	Saint-Éloy-les-Mines 46°09'47"N 2°49'48"E	Puy-de-Dôme	Jacques Droz, Brissard	-
1922	1922	Saint-Remi	Roupy 49°48'41"N 3°11'03"E	Aisne	Jean Charavel, Marcel Mélandès, Robert Esnault	-
1922	1923	Notre-Dame-de-la-Consolation	Le Raincy 48°53'43"N 2°30'50"E	Seine-Saint-Denis	Auguste Perret	CMH 1966
1922	1922	Notre-Dame-de-la-Nativité	Hussigny-Godbrange 49°29'37"N 5°52'14"E	Meurthe-et-Moselle	Louis-Hyppolite Boileau, Pierre Le Bourgeois	-
1922	1930	Saint-Christophe-de-Javel	XVe 48°50'40"N 2°16'46"E	Paris	Charles-Henri Besnard	IMH 1975
1923	1924	Saint-Nicaise	Reims 49°14'53"N 4°03'17"E	Marne	Jean-Michel Auburtin	IMH 2002
1923	1925	Saint-Martin-de-Vouël	Tergnier 49°39'27"N 3°16'44"E	Aisne	Jean Joseph Gilbert Vorbe	-
1923	1927	Notre-Dame-des-mineurs	Waziers 50°22'32"N 3°05'59"E	Nord	Louis-Marie Cordonnier	IMH 2001

1923	1930	Saint-Joseph-de-la-Vacquerie	Villers-Plouich 50°04'45"N 3°08'03"E	Nord	Pierre Leprince-Ringuet	-
1923	1933	Saint-Martin	Abancourt 50°14'05"N 3°12'42"E	Nord	Pierre Leprince-Ringuet	-
1924	1924	Notre-Dame-de-Bethléem	Clamecy 47°27'33"N 3°31'25"E	Nièvre	Georges Théodore Renaud	IMH 2000
1924	1928	Notre-Dame-de-Senelle	Herserange 49°31'08"N 5°47'07"E	Meurthe-et-Moselle	Alfred Nasousky	-
1924	1928	Chapelle Saint-Yves	Saint-Brieuc 48°31'03"N 2°44'18"W	Côtes d'Armor	Georges Robert Lefort	IMH 1995
1924	1933	Sainte-Jeanne-d'Arc	Nice 43°42'47"N 7°15'45"E	Alpes-Maritimes	Jacques Droz	IMH 1989 CMH 1992
1924	1925	Sainte-Jeanne-d'Arc	Eslettes 49°32'53"N 1°03'24"E	Seine-Maritime	Pierre Chirol	IMH 2001
1924	1925	Notre-Dame-de-Fauville-en-Caux	Terre-de-Caux 49°39'09"N 0°35'20"E	Seine-Maritime	Pierre Chirol	IMH 2001
1924	1926	Sainte-Marguerite	Sains-en-Gohelle 50°26'21"N 2°41'00"E	Pas-de-Calais	Louis-Marie Cordonnier	UNESCO
1924	1926	Saint-Martin	Ciry-Salsogne 49°21'43"N 3°27'45"E	Aisne	Édouard Monestès	IMH 2007
1924	1927	Saint-Michel	Roubaix 50°40'48"N 3°11'32"E	Nord	Alfred Nasousky	-
1924	1928	Saint-Pierre-et-Saint-Paul	Méteren 50°44'24"N 2°41'27"E	Nord	Ragois, Quételart, Pavloski	-
1924	1928	Saint-Géry	Flesquières 50°07'27"N 3°06'55"E	Nord	Pierre Leprince-Ringuet	-
1924	1930	Saint-Quentin	Villers-Plouich 50°04'45"N 3°08'03"E	Nord	Pierre Leprince-Ringuet	-
1924	1933	Saint-Julien	Domfront en Poirais 48°35'36"N 0°38'51"W	Orne	Albert Guilbert	CMH 1993
1924	1933	Saint-Léon	XVe 48°51'03"N 2°17'47"E	Paris	Émile Brunet	ACR 2011
1925	1927	Chapelle de l'institution Sainte-Marie	Cholet 47°03'32"N 0°52'42"W	Maine-et-Loire	Vincent Benaitreau, Charles Arnault	-

1925	1929	Saint-Médard	Omiécourt 49°48'31"N 2°50'46"E	Somme	Louis Verdier	Système Fabre
1925	1929	Saint-Chrysole	Comines 50°45'56"N 3°00'26"E	Nord	Maurice Storez, Dom Bellot	CMH 2002
1925	1931	Notre-Dame-des-malades	Vichy 46°07'15"N 3°25'19"E	Allier	Antoine Chanet, Jean Liogier	IMH 2001
1925	1930	Sainte-Radegonde	Driencourt 49°57'27"N 3°00'33"E	Somme	Jacques Debat-Ponsan	-
1926	1926	Sainte-Jeanne-d'Arc	Meudon Val-Fleury 48°48'40"N 2°14'52"E	Hauts-de-Seine	Jacques Droz	-
1926	1927	Sainte-Thérèse	Montmagny 48°57'43"N 2°19'56"E	Val d'Oise	Auguste Perret	IMH 1993 CMH 1997
1926	1927	Sainte-Famille-de-Croix-Luizet	Villeurbanne 45°46'48"N 4°53'13"E	Rhône	Gabriel Mortamet, Louis Mortamet	-
1926	1927	Notre-Dame-de-l'Assomption	Wintzenheim-Logelbach 48°05'05"N 7°19'11"E	Haut-Rhin	Ulysse Bertsch, Joseph Muller, Camille Rudloff	IMH 2022
1926	1929	Très-Sainte-Vierge-de-Fargniers	Tergnier 49°39'29"N 3°18'37"E	Aisne	Pierre Guidetti	-
1926	1930	Saint-Jean-Eudes des Sapins	Rouen 49°27'07"N 1°07'36"E	Seine-Maritime	Robert Danis	IMH 1998
1926	1931	Nativité-de-Saint-Jean-Baptiste	Villers-Bretonneux 49°52'08"N 2°30'56"E	Somme	Albert Guilbert	-
1926	1933	Notre-Dame-Auxiliatrice	Nice 43°42'33"N 7°16'51"E	Alpes-Maritimes	Jules Febvre	IMH 2001 CMH 2017
1927	1927	Saint-Martin-des-Chaprais	Besançon 47°15'00"N 6°02'09"E	Doubs	Alfred Nasousky	-
1927	1928	Sacré-Cœur-de-Tergnier	Tergnier 49°39'19"N 3°17'31"E	Aisne	Édouard Monestès	Nef reconstruite après 1945
1927	1928	Notre-Dame-du-Sacré-Cœur	Armentières 50°41'05"N 2°52'27"E	Nord	Trannoy	-
1927	1928	Saint-Martin	Vendhuile 50°00'39"N 3°12'27"E	Aisne	Jacques Droz	IMH 1994
1927	1928	Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus	Élisabethville 48°58'34"N 1°50'44"E	Yvelines	Paul Tournon	IMH 1977

1927	1930	Saint-Martin	Masnières 50°07'00"N 3°12'38"E	Nord	Pierre Leprince- Ringuet	-
1927	1938	Saint-Pierre-de-Chaillot	XVIe 48°52'03"N 2°17'55"E	Paris	Émile Bois	IMH 2016
1928	1928	Saint-Martin dite Notre-Dame-des- Glaces	Bussois 50°17'19"N 4°02'27"E	Nord	Henri Lafitte, Jacques Lafitte	-
1928	1930	Saint-Louis	Rouvroy-Mines 50°24'18"N 2°54'45"E	Pas-de-Calais	Charles Duval, Emmanuel Gonse	IMH 2009
1928	1930	Saint-Martin	Roisel 49°56'47"N 3°05'49"E	Somme	Jacques Debat-Ponsan	-
1928	1932	Saint-Martin	Martigny- Courpierre 49°29'21"N 3°40'47"E	Aisne	Albert-Paul Müller	IMH 1997
1928	1932	Saint-Pierre	Moislains 49°59'10"N 2°57'55"E	Somme	Louis Michel Faille	système Fabre
1928	1932	Saint-Remi et Saint- Hippolyte	Chavignon 49°28'45"N 3°31'18"E	Aisne	Flacon	-
1928	1934	Saint-Esprit	XIIe 48°50'16"N 2°23'49"E	Paris	Paul Tournon	IMH 1979 CMH 2016
1929	1929	Saint-Rémi	Limé 49°19'20"N 3°32'54"E	Aisne	Julien Barbier	IMH 2007
1929	1929	Saint-Laurent	Rosny-sous-Bois 48°52'03"N 2°29'35"E	Seine-Saint-Denis	Albert Chauvel	-
1929	1930	Saint-Géry	Brie 49°52'32"N 2°55'48"E	Somme	Jacques Debat-Ponsan	-
1929	1930	Notre-Dame	Rocquigny 50°03'35"N 2°55'40"E	Pas-de-Calais	Jean-Louis Sourdeau	
1929	1931	Chapelle dominicaine	Strasbourg 48°34'55"N 7°46'01"E	Bas-Rhin	Robert Rigal, Alfred Nasousky	-
1929	1931	Sainte-Jeanne-d'Arc	Charleville- Mézières 49°46'53"N 4°42'42"E	Ardennes	Pierre Chirol	-
1929	1931	Sainte-Thérèse-de- l'Enfant-Jésus	Hirson 49°55'05"N 4°05'09"E	Aisne	Aimé Bonna	Désacralisée
1929	1931	Saint-Pierre	Lamotte-Warfusée 49°52'17"N 2°35'54"E	Somme	Godefroy Teisseire	IMH 1994 CMH 2005

1929	1932	L'Immaculée- Conception	Audincourt 47°29'12"N 6°49'57"E	Doubs	Dom Bellot, Marcel Hézard	IMH 2009 CMH 2013
1929	1932	Saint-Martin	Hénin-Beaumont 50°25'15"N 2°56'55"E	Nord	Maurice Bouterin	IMH 2003
1929	1933	Saint-Hilaire-de-La- Varenne	Saint-Maur-des- Fossés 48°47'22"N 2°30'44"E	Val-de-Marne	E. Danton, R. Desmoulin	-
1929	1939	Basilique Sainte- Thérèse	Lisieux 49°08'23"N 0°14'14"E	Calvados	Louis-Marie Cordonnier	IMH 2010 CMH 2011
1930	1931	Saint-Louis-du-Progrès	Drancy 48°56'03"N 2°27'01"E	Seine-Saint-Denis	Alfred Nasousky	-
1930	1932	Saint-Médard	Vaux-Andigny 50°01'29"N 3°30'51"E	Aisne	Charles Joray	-
1930	1933	Saint-Yves-des-Quatre- Routes	La Courneuve 48°55'11"N 2°24'45"E	Seine-Saint-Denis	Michel Bridet, Pierre Robert	IMH 2021
1930	1964	Sainte-Jeanne-d'Arc de la Chapelle	XVIIIe 48°53'29"N 2°21'37"E	Paris	Georges Closson, Pierre Isnard	-
1931	1932	Saint-Joseph	Villeneuve-la- Garenne 48°56'10"N 2°19'54"E	Hauts-de-Seine	Charles Venner	-
1931	1932	Notre-Dame-des- Missions	Épinay-sur-Seine 48°57'39"N 2°17'51"E	Seine-Saint-Denis	Paul Tournon	IMH 1992 CMH 1994
1931	1931	Saint-Pierre	Alfortville 48°47'23"N 2°25'40"E	Val-de-Marne	Paul Tournon	Démolie 2007
1931	1931	Saint-Luc-des-Grands- Champs	Romainville 48°52'35"N 2°26'41"E	Seine-Saint-Denis	Édouard Monestès	-
1931	1932	Saint-Ferdinand	Argenteuil 48°57'17"N 2°17'11"E	Hauts-de-Seine	Alfred Nasousky	-
1931	1933	Sainte-Jeanne-d'Arc de la Mutualité	Saint-Denis 48°56'33"N 2°22'26"E	Seine-Saint-Denis	Alfred Nasousky	-
1931	1933	Sainte-Jeanne-d'Arc	Gennevilliers 48°55'24"N 2°19'18"E	Hauts-de-Seine	Marcel Favier	Désacralisée
1931	1933	Chapelle du Petit séminaire Sacré-Cœur	Voreppe 45°17'36"N 5°38'02"E	Isère	Pierre Pouradier- Duteil	ACR 2003
1931	1933	Saint-Martin	Cléry-sur-Somme 49°57'21"N 2°53'02"E	Somme	Jacques Debat- Ponsan, Pierre Leprince Ringuet, Paul Tissier	-

1932	1932	Sainte-Vierge de Quessy	Tergnier 49°40'08"N 3°18'01"E	Aisne	Édouard Monestès	-
1932	1932	Saint-Augustin-des-Coquetiers	Pavillons-sous-Bois 48°53'47"N 2°29'53"E	Seine-Saint-Denis	Renaudin	-
1932	1933	Saint-Martin	Monthenault 49°29'13"N 3°40'00"E	Aisne	Albert-Paul Müller	IMH 2001
1932	1933	Sainte-Agnès	Maisons-Alfort 48°48'56"N 2°25'16"E	Val-de-Marne	Marc Brillaud de Laujardière, Raymond Puthomme	CMH 1984
1932	1934	Sainte-Thérèse-de-Lisieux	Montpellier 43°36'56"N 3°51'52"E	Hérault	Julien Boudes, Pierre Boudes, Antoine Boudes	IMH 2002
1932	1934	Notre-Dame-de-la-Paix	Suresnes 48°51'51"N 2°12'18"E	Hauts-de-Seine	Dom Bellot	-
1933	1933	Sainte-Marie-des-Vallées	Colombes 48°54'54"N 2°15'37"E	Hauts-de-Seine	Pierre Chailleux	-
1933	1933	Notre-Dame-de-la-Paix	Ribérac 45°14'55"N 0°20'29"E	Dordogne	Jacques-Laffillée-Suard	IMH 2000
1933	1934	Notre-Dame-du-Calvaire	Chatillon 48°48'27"N 2°17'04"E	Hauts-de-Seine	Paul Flandrin	IMH 2004 ACR
1933	1934	Sainte-Hélène de Clignancourt	XVIIIe 48°53'47"N 2°20'32"E	Paris	Georges Trévoux	-
1933	1935	Saint-Antoine-de-Padoue	XVe 48°49'47"N 2°17'39"E	Paris	Léon Azéma	-
1933	1935	Saint-Jean-l'Évangéliste	Drancy 48°55'48"N 2°25'50"E	Seine-Saint-Denis	Jean Philippot	ACR 2011
1933	1936	Sacré-Cœur	Gentilly 48°48'58"N 2°20'11"E	Val-de-Marne	Pierre Paquet	IMH 2000
1933	1937	Saint-Jean-Bosco	XXe 48°51'17"N 2°23'53"E	Paris	Dimitri (Dumitru ?) Rotter	IMH 2001
1933	1962	Sainte-Jeanne-de-Chantal	XVIe 48°50'18"N 2°15'22"E	Paris	Julien Barbier	-
1934	1936	Saint-Stanislas-des-Blagis	Fontenay-aux-Roses 48°47'07"N 2°18'10"E	Hauts-de-Seine	Georges Braive, Jean Braive	ACR 2011
1934	1936	Notre-Dame-du-Perpétuel-Secours	Asnières-sur-Seine 48°54'51"N 2°16'55"E	Hauts-de-Seine	Alfred Nasousky	-

1934	1940	Saint-Jacques-le-Majeur	Montrouge 48°49'05"N 2°19'11"E	Hauts-de-Seine	Eric Bagge	IMH 2006
1934	1957	Saint-Ferdinand-des-Ternes	XVIIe 48°52'44"N 2°17'27"E	Paris	Paul Théodon, Pierre Durand, Frédéric Bertrand	-
1935	1935	Saint-Louis	Marseille 43°20'54"N 5°21'27"E	Bouches-du-Rhône	Jean-Louis Sourdeau	IMH 1989
1935	1935	Saint-Joseph	Pau 43°18'22"N 0°22'26"W	Pyrénées-Atlantiques	Jacques-Laffillée-Suard	IMH 2000
1935	1938	Chapelle Saint-Joseph	Lannion 48°43'46"N 3°27'16"W	Côtes d'Armor	James Bouillé	IMH 1995
1935	1937	Saint-André et Sainte-Jeanne-d'Arc-de-Fétilly	La Rochelle 46°10'18"N 1°09'21"W	Charente-Maritime	Hubert Blanche de Feydeau	IMH 2002
1935	1946	Sainte-Odile	XVIIe 48°53'13"N 2°17'36"E	Paris	Jacques Barge	IMH 2001
1935	1949	Notre-Dame-de-la-Trinité	Blois 47°35'37"N 1°20'37"E	Loir-et-Cher	(Charles-Henri Besnard), Paul Rouvière, Yves-Marie Froidevaux	IMH 1994 CMH 1996
1935	1954	Sainte-Thérèse-de-l'Enfant-Jésus	Metz 49°06'23"N 6°10'02"E	Moselle	Roger-Henri Expert	IMH 1991 CMH 1998
1936	1936	Sainte-Thérèse	Beaulieu-Mandeure 47°26'43"N 6°49'57"E	Doubs	Alfred Nasousky (?)	Démolie 2015
1937	1937	Sacré-Cœur	Aulnoye-Aymeries 50°11'57"N 3°49'56"E	Nord	Fernand Dumont	Démolie 1985
1937	1942	Sacré-Cœur	Cholet 47°04'01"N 0°53'14"W	Maine-et-Loire	Maurice Laurentin	IMH 1989 CMH 1991
1937	1946	Saint-Michel-Archange	Angevillers 49°23'11"N 6°02'32"E	Moselle	Alfred Nasousky	-
1937	1937	Saint-Sébastien-de-Terville	Terville 49°20'46"N 6°08'07"E	Moselle	Alfred Nasousky	-
1938	1947	Sacré-Cœur (façade)	Agen 44°12'11"N 0°37'39"E	Lot-et-Garonne	Henri Vidal	IMH 2000

NOTA : Ce corpus n'a pas un caractère exhaustif.

11.2 Planches et cartographie



I. Origines. Saint-Jean-de-Montmartre, Paris. Vue place des Abbesses. Escalier intérieur. Voûtes de la nef.
Photo : l'auteur.



II. Intérieurs. Saint-Jean-de-Montmartre, Paris. Saint-Martin, Martigny-Courpierre. Photo : l'auteur.



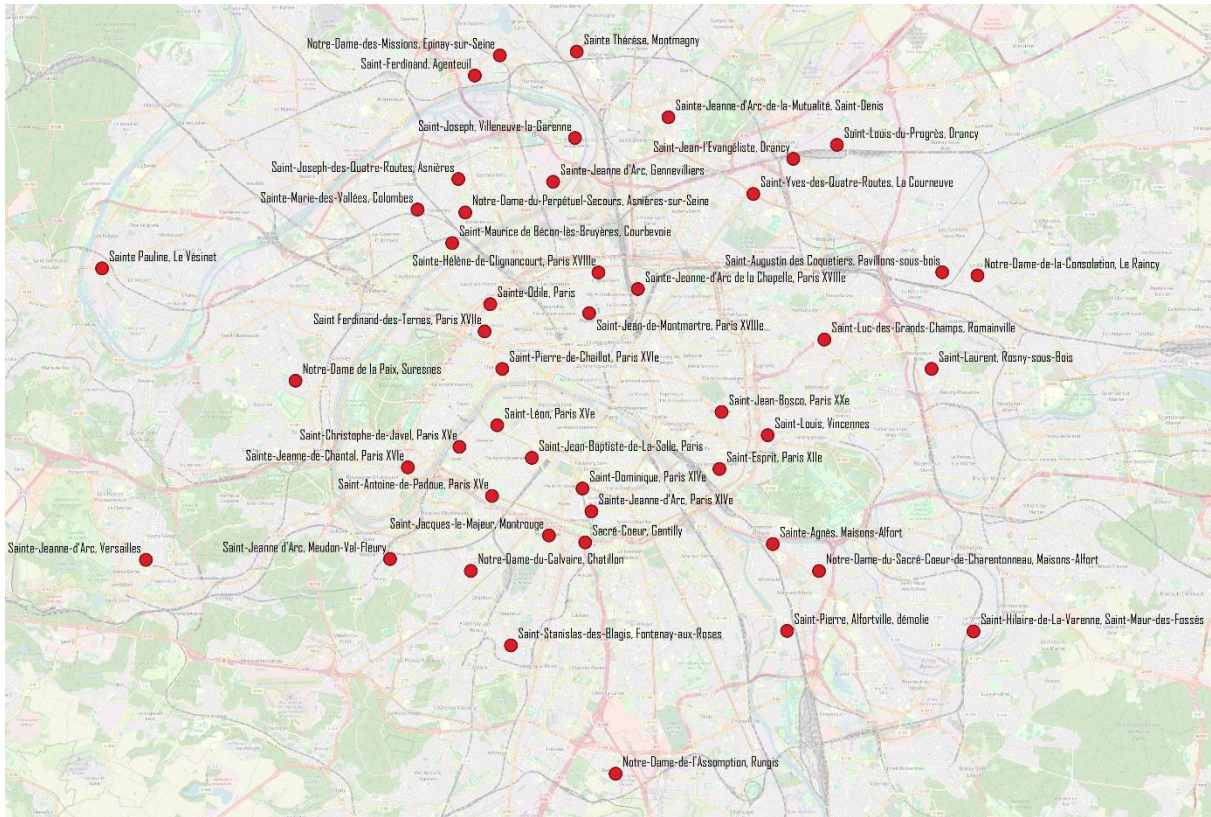
III. Clochers. Saint-Martin de Roupy, Sainte-Thérèse de Montmagny, Saint-Géry de Brie, Saint-Vaast de Moreuil, Saint-Jean-Bosco de Paris, Notre-Dame-de-la-Trinité de Blois, Sainte-Odile de Paris. Photo : l'auteur.



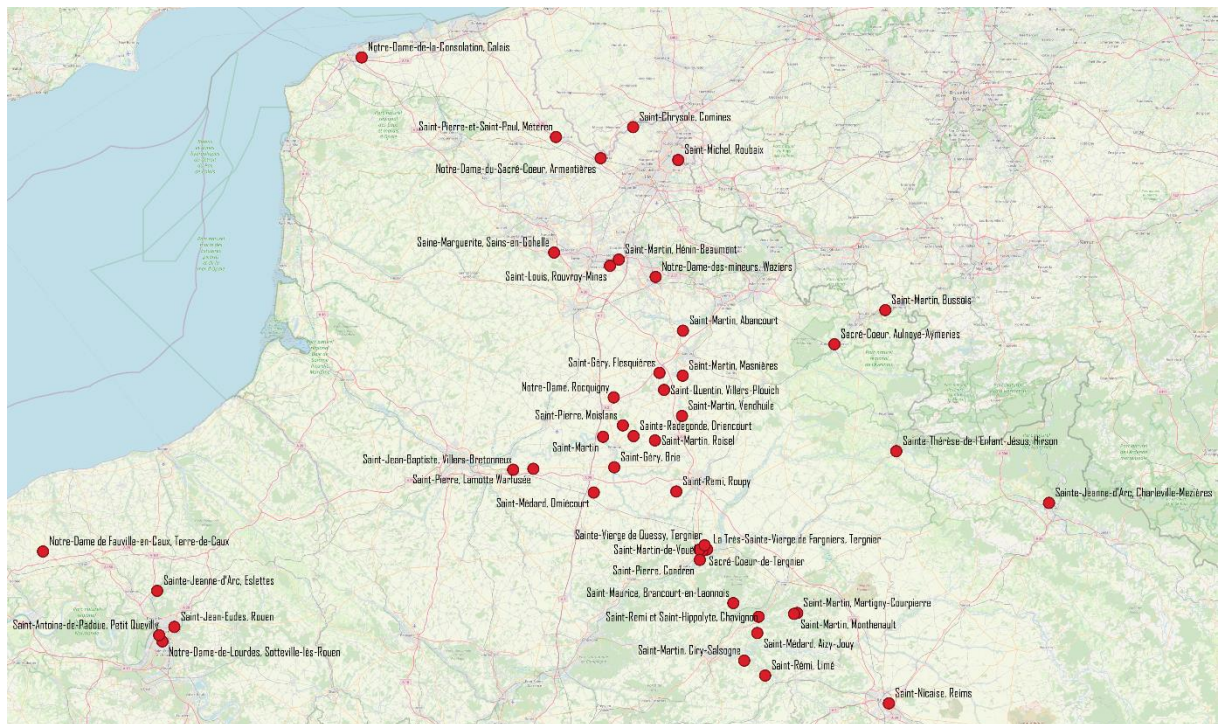
IV. Modernisme tempéré. Saint-Géry, Brie. Porte clocher sud. Fenêtre en façade Nord. Baie de la nef en façade Sud. Photo : l'auteur.



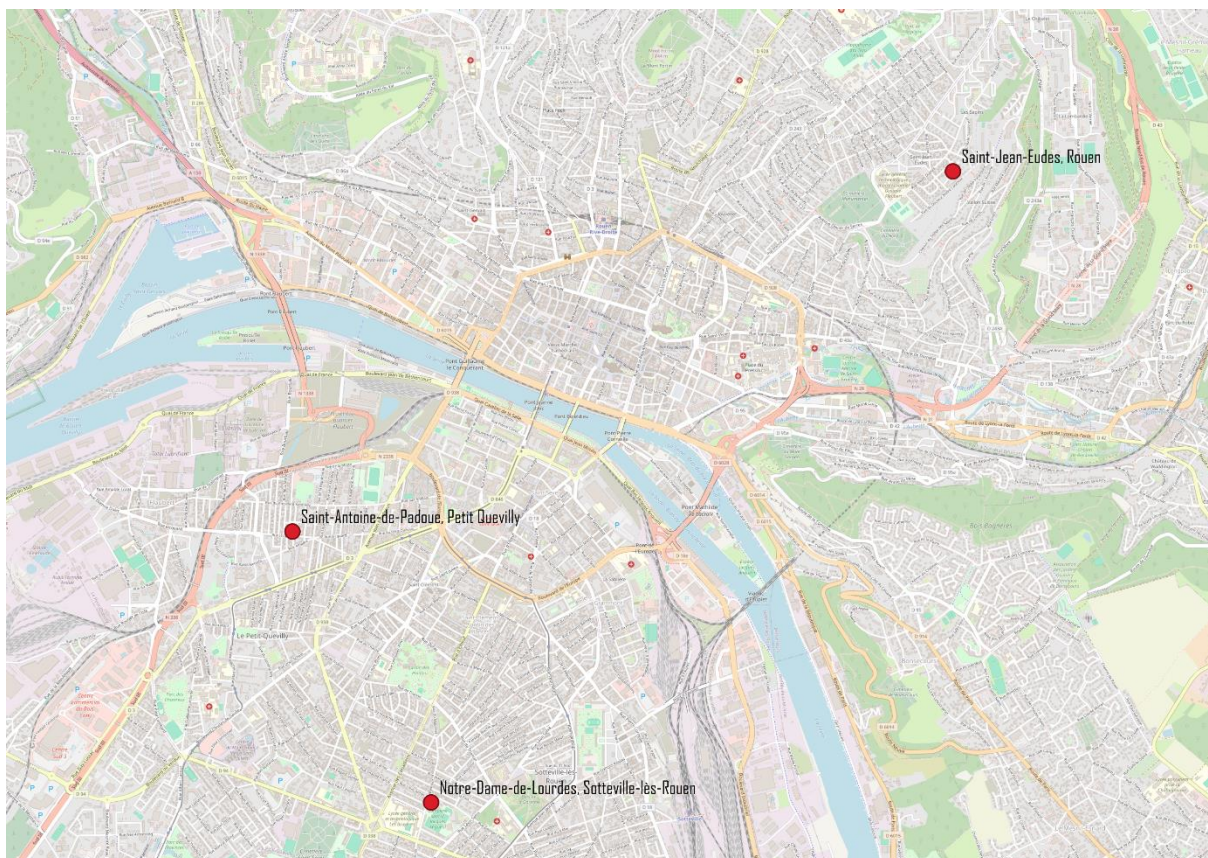
V. Saint-Martin, Martigny-Courpierre. Photo : l'auteur.



VII. Île-de-France
Carte : l'auteur (Qgis - OpenStreetMap).



VIII. Le nord de la France.
Carte : l'auteur (Qgis - OpenStreetMap).



IX. Rouen.
Carte : l'auteur (Qgis - OpenStreetMap).



X. Le Havre.
Carte : l'auteur (Qgis - OpenStreetMap).



À Jean-Paul Midant, Géraldine Hetzel, Jean-Marie Bodlenner, Perrine Leclerc, Thomas Gaudig, Angèle Denoyelle, La Fondation Mérimée pour les Monuments Historiques, mes remerciements sincères pour leur aide et soutien.

Sandu Hangan

FIN

