

Douzième édition des Journées scientifiques
du Regroupement francophone pour la recherche et la formation sur le béton
(RF)²B

Luxembourg
7-8 juillet 2011

HISTOIRE DES OUVRAGES RELIGIEUX EN BETON EN PROVINCE DE LIEGE : ETAT DES LIEUX ET PATHOLOGIES

L. Courard^A, A. Gillard^A, P. Paquet^B

A GeMMe Matériaux de construction, Département ArgEnCo, Université de Liège, Belgique

B Arkhé, Département ArgEnCo, Université de Liège, Belgique

RÉSUMÉ : Élément clé de l'évolution architecturale, le béton armé a participé à l'évolution de l'architecture religieuse catholique en particulier. Depuis sa découverte au XIX^e siècle, ce matériau inventé, économique et résistant au feu, a cependant montré ses limites: fissures, épaufrures, désintégration. Il paraît donc nécessaire de s'inquiéter de l'état actuel des églises, témoins de l'évolution architecturale, mais aussi points de repère d'un quartier ou d'un village. Dans l'arrondissement de Liège, neuf églises paroissiales en béton ont été identifiées. Pour chacune d'entre elles, une inspection visuelle a été menée. Cet examen visuel, qui ne constitue qu'une première étape dans une démarche de restauration ou de rénovation, a été précédé de recherches documentaires destinées à connaître l'histoire des églises et à ainsi mieux comprendre leur état.

Cet article s'intéresse à une église de Liège, en particulier : l'église Saint-Vincent, située à l'entrée de la ville. Construite en vingt mois à peine, de 1928 à 1930, cet édifice monumental montre actuellement des épaufrures, des fissures et des traces d'humidité. L'inspection visuelle, ainsi que les essais en laboratoire et l'examen au radar qui ont suivi, ont permis d'émettre des hypothèses quant aux dégradations qui affectent cet édifice à la qualité architecturale reconnue.

1. INTRODUCTION

Le béton, matériau inventé, voit le jour dans la Rome Antique. Dès le III^e siècle avant J.-C., les Romains mélangent des granulats concassés à un mortier de chaux et versent ce mélange (nommé *opus caementitium*) entre deux parois de moellons, afin de construire des murs épais, rapidement et à moindre coût. Avec ce matériau, ils réalisent également des parois recouvertes de moellons ou de briques ou, plus rarement, laissées brutes de décoffrage (comme c'est le cas dans les thermes ou les réservoirs), ainsi que la coupole de l'un des édifices les plus spectaculaires de Rome: le Panthéon, dont la masse volumique décroît de bas en haut, grâce à l'utilisation de granulats de densités différentes (Fergusson, 1893).

Le Moyen-Age oublie la pierre reconstituée et les recherches sur l'hydraulicité de la chaux ne reprennent qu'au XVIII^e siècle. Elles sont rapidement suivies d'expérimentations visant à améliorer la résistance en traction du béton, bien faible par rapport à sa résistance en compression.

Vers le milieu du XIX^e siècle apparaît alors le béton armé, matériau hétérogène associant la résistance en compression du béton et la résistance en traction de l'acier. On attribue sa découverte à Joseph Louis Lambot, ingénieur français qui, en 1848, fabrique en réalité du ciment armé en recouvrant de ciment un treillis métallique pour construire une barque.

Une compétition (à laquelle mettront fin les premières normes) débute ensuite entre les propriétaires de brevets (Wilkinson, Coignet, Hennebique,...), qui proposent des systèmes constructifs variés : planchers et poutres armées, pieux de fondation, ... (Simonnet, 2005). Certains mettent en avant la bonne résistance au feu du béton armé : en cas d'incendie, ce dernier présente de fait un meilleur comportement que le métal, autre matériau structurel utilisé à l'époque (Van de Voorde, 2009). En 1897, le premier cours de béton armé est dispensé à l'École des Ponts et Chaussées de Paris (Espion, 2010).

2. OUVRAGES RELIGIEUX EN BETON

Les premiers bâtiments entièrement en béton sont élevés en France et en Angleterre au XIX^e siècle. Mais c'est outre-Atlantique que serait apparu le premier édifice religieux en béton : l'église unitarienne conçue par l'architecte Frank Lloyd Wright et construite à Oak Park (Illinois) de 1906 à 1908 (Fig. 1). L'architecte joue déjà avec la texture et la couleur du matériau en préconisant l'emploi de granulats spéciaux (Kind-Barkauskas et al., 2006).

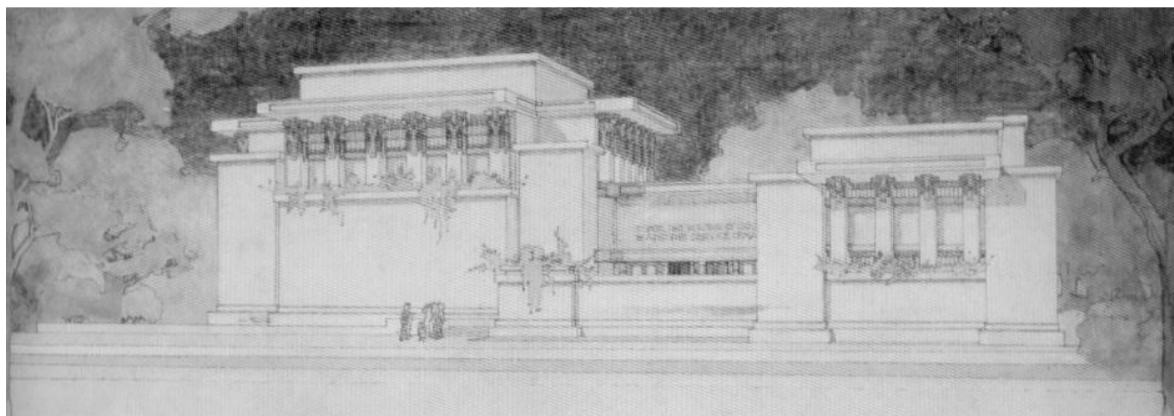


Figure 1. Unity temple, Oak Park (Brooks Pfeiffer B., 2008)

C'est l'avantage économique présenté par le béton qui aurait retenu l'attention de Wright. Il est vrai que les granulats, le ciment et l'eau qui le constituent sont peu chers et peuvent toujours se trouver à proximité de n'importe quel chantier. Aussi la rapidité de mise en œuvre du béton tend-elle à diminuer les coûts de

construction. Outre son avantage économique, ses capacités résistantes et son relativement bon comportement au feu, le béton, puisqu'il est coulé, offre une grande capacité de mise en forme. Cette liberté de formes aurait poussé Jozef Plečnik, architecte slovène (Krečič, 1992) ayant, avec Olbrich, Hoffmann ou encore Loos, contribué au renom de l'architecture moderne, à choisir le béton pour son projet d'église à Vienne. L'église du Saint-Esprit, construite de 1910 à 1913, est la première église en béton d'Europe (Kind-Barkauskas et al., 2006). Sa façade, aux allures classiques, cache un intérieur moderne et une crypte où les piliers octogonaux terminés par des chapiteaux en champignons rappellent la forme des structures en bois (Krečič, 1992) (Fig. 2 et 3).



Figure 2. Eglise du Saint Esprit, Vienne, vue générale (www.plecnik.net)

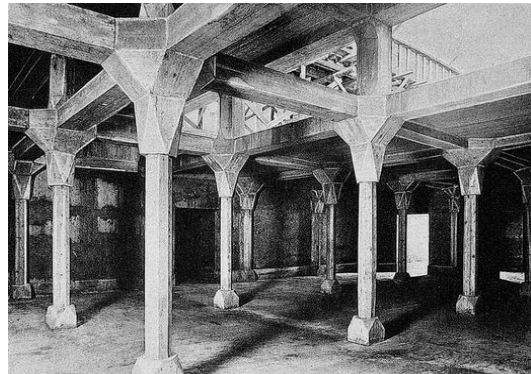


Figure 3. Eglise du Saint Esprit, Vienne, crypte (www.plecnik.net)

Les exemples de formes libres réalisées plus tard, grâce au béton, ne manquent pas. Au début des années 1950, Le Corbusier conçoit une toiture courbe, reposant sur des parois légèrement inclinées vers l'intérieur, pour la chapelle Notre-Dame du Haut de Ronchamp (France) (Fig. 4). À San Francisco (USA), ce sont des paraboloïdes hyperboliques qui ont permis à l'ingénieur-architecte Pier Luigi Nervi, aidé par l'architecte Pietro Belluschi, de former la croix grecque tridimensionnelle qui couvre la cathédrale *St-Mary of the Assumption*, construite de 1965 à 1970 (Togerson, 2007).



Figure 4. Chapelle Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp (www.photos.igougo.com)

Si, au cours du XX^e siècle, le béton armé a participé à l'évolution de l'architecture en général, il a également joué un rôle dans l'évolution de l'architecture religieuse catholique, en particulier. Autorisant une diminution du nombre de points d'appuis structurels (piliers et murs intérieurs) grâce à ses capacités résistantes, le béton a permis le percement de plus grandes baies et a libéré le plan des églises (De

Buyst, 1988). L'espace, plus ouvert et mieux éclairé, devient ainsi plus accueillant. Cette évolution architecturale concorde d'ailleurs avec les thèmes développés lors du Concile Vatican II réuni à Rome entre 1962 et 1965 : l'unité et la participation.

Une église illustre, assez tôt, les apports du béton : l'église Notre-Dame-de-la-Consolation du Raincy (France), premier édifice religieux conçu par les frères Perret (Abram et al., 2000) et classée monument historique en 1966 (Fig. 5). Le plan rectangulaire, simple, est partitionné par quatre rangées de piliers, qui y délimitent une nef et deux collatéraux. Les rangées extrêmes sont détachées de la façade. Celle-ci, qui n'a aucun rôle porteur, est constituée de claustras, illuminant l'église. Les voûtes couvrant la nef ont été dessinées de manière à pouvoir réutiliser des cintres fabriqués pour un autre bâtiment, tandis que les piliers encadrant le clocher ont été réalisés à l'aide du moule ayant servi pour les piliers intérieurs. Le mode de construction et l'emploi du béton ont permis de construire assez rapidement l'édifice (les travaux ont commencé en juin 1922 et l'église a été consacrée un an plus tard). Les crédits alloués n'ont pas permis de décorer le béton, laissé nu : *"Plus qu'un manifeste du béton brut, l'église du Raincy doit par conséquent être vue comme une occasion, née de la contrainte, de donner au béton son expression propre"* (Abram et al., 2000).

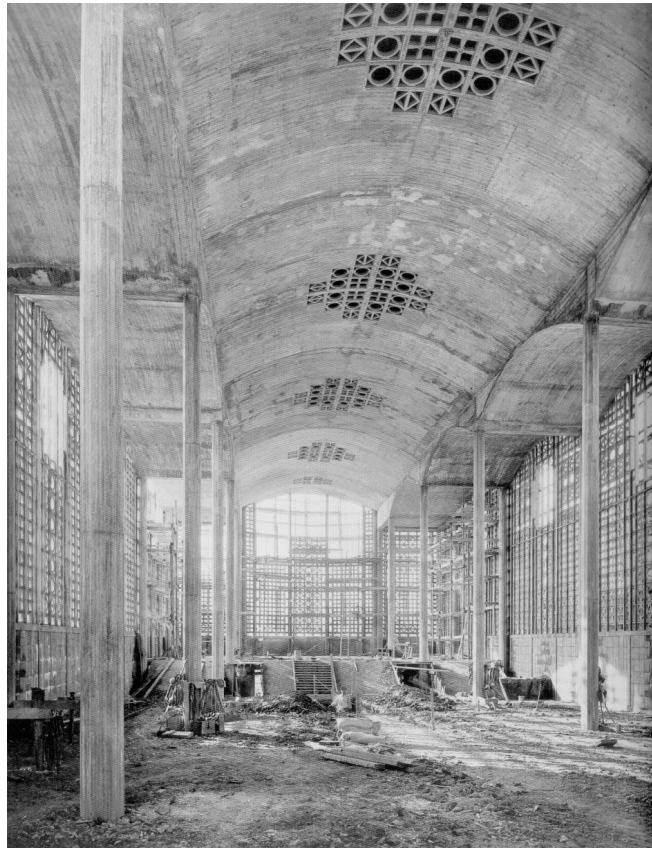


Figure 5. Église Notre-Dame-de-la-Consolation, Le Raincy, vue intérieure pendant le chantier (Abram J. et al., 2000).

La première église en béton construite en Belgique, Sainte-Suzanne à Schaerbeek, s'inspire de l'église Notre-Dame-de-la-Consolation. Le béton qui y prend place est cependant beaucoup plus décoré que celui du Raincy (Bâtir, 1936). Œuvre de l'architecte Jean Combaz, elle a été consacrée en août 1928.

3. EGLISES PAROISSIALES EN PROVINCE DE LIEGE

Dans l'arrondissement de Liège, neuf églises paroissiales intègrent le béton comme élément de construction principal (par "béton", on entend béton coulé sur place ou béton préfabriqué, mais pas blocs en béton) : l'église Saint-Vincent, l'église du Sacré-Cœur et de Notre-Dame de Lourdes, Saint-Hubert, Sainte-Julienne (Fig. 6), Saint-Georges, Saints-Pierre-et-Paul (Fig. 7) et Saint-François-de-Sales prennent place dans la commune de Liège, tandis que l'église Sainte-Vierge-Marie se situe à Vaux-sous-Chèvremont (commune de Chaudfontaine) et que l'église Saint-Martin a été construite à Ougrée (commune de Seraing). La première d'entre elles, Saint-Vincent, date de 1930, tandis que la plus récente, Saint-François-de-Sales, a été terminée en 1991 (Gillard 2010).



Figure 6. Église Sainte-Julienne, Liège, vue de la nef vers le chœur.



Figure 7. Église Saints-Pierre-et-Paul, Liège, vue générale (www.homme-et-ville.net)

Depuis sa découverte, le béton armé a montré ses faiblesses : il peut se désagréger, éclater, se fissurer, ... etc. Or, ces neuf édifices sont porteurs d'identité : témoins de l'évolution architecturale, ils sont aussi, souvent, le centre d'un quartier ou le point de repère d'une ville ou d'un village. Il est donc primordial de s'informer de leur état, via une inspection visuelle, des essais en laboratoire ou encore des recherches documentaires, afin de préparer une éventuelle restauration ou rénovation.

4. EXIGENCES GÉNÉRALES

L'église Saint-Vincent (Fig. 8) est le premier bâtiment religieux imaginé par Robert Toussaint, alors jeune architecte (Gillard, 2010). Elle constitue un témoin important, d'un point de vue historique comme d'un point de vue technique. La construction de cette église, effectuée en moins de vingt mois, marque en effet l'évolution d'un quartier de Liège : elle remplace un plus petit édifice, qui ne pouvait contenir les fidèles provenant d'un quartier en pleine expansion depuis l'exposition universelle organisée à Liège en 1905 et pour laquelle le pont de Fragnée et le pont Mativa ont été construits.

Ses parois contiennent par ailleurs un matériau particulier : la Pierre armée Pauchot. Ce matériau doit son nom à l'entreprise qui a réalisé les travaux de gros-œuvre de l'église (Gillard et al., 2010). L'entreprise familiale des frères Pauchot, initialement basée à Paris, dès 1919, s'est également installée à Bruxelles, puis a dû cesser ses activités au début des années 1930, suite à la crise économique. On trouve actuellement très peu de traces de ses réalisations.



Figure 8. Église Saint-Vincent, Liège (vue générale depuis le monument Gramme).

4.1 Volumétrie et disposition en plan

L'église massive est à plan centré, orientée selon un axe sud-nord parallèle à l'Ourthe qui la borde (Fig. 9). Sa longueur, atteignant 57 m, n'est guère plus grande que sa largeur, mesurant 49 m.

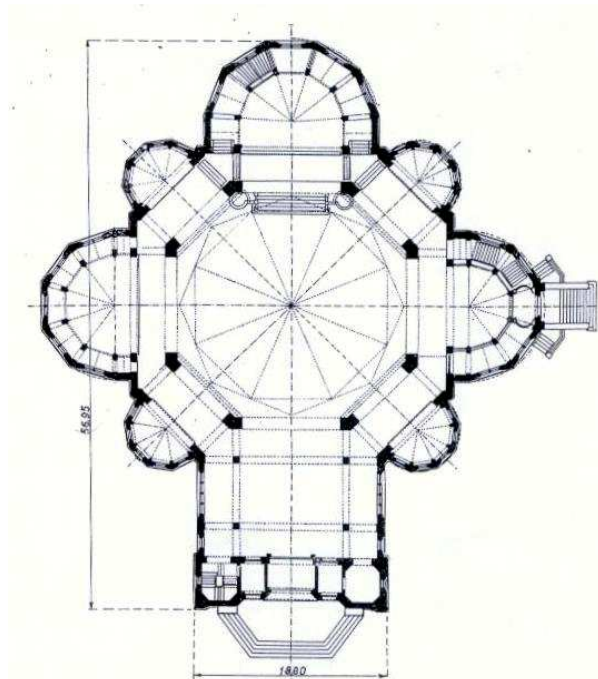


Fig. 9. Église Saint-Vincent, plan du rez-de-chaussée (*La Technique des Travaux*)

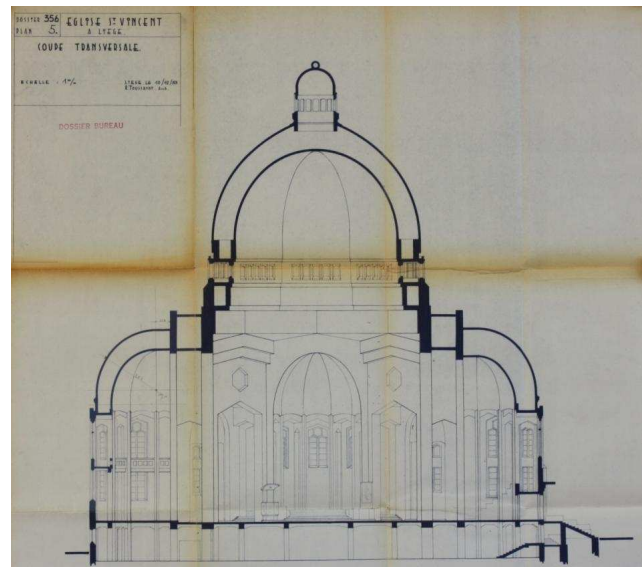


Fig. 11. Église Saint-Vincent : coupe transversale au niveau des absides (Toussaint R., 10 déc. 1953).

Une coupole domine l'édifice. Elle est couverte de cuivre rouge (maintenant oxydé), comme les demi-coupoles périphériques. L'entrée principale se trouve au sud de l'édifice. Elle est soulignée par un arc et précédée d'un parvis. La nef, couverte par un demi-cylindre et surmontée d'un clocher, prolonge la rotonde centrale, en forme d'octogone irrégulier. La rotonde est entourée d'un déambulatoire, qui la sépare de trois absides et de quatre absidioles.



Figure 10. Église Saint-Vincent, chœur et absidioles voisines, avec une partie de la rotonde, vus depuis la galerie supérieure.

La plus grande des absides, au nord, abrite le chœur (Fig. 10). L'architecte a fait en sorte que toute l'église soit accessible : une cage d'escalier dessert le bâtiment, du sous-sol jusqu'au-dessus de la nef; un escalier permet d'atteindre la galerie extérieure, située sous la coupole centrale; de là une rampe, longeant la coupole centrale intérieure, se termine par un escalier en colimaçon conduisant au lanternon supérieur.

4.2 Matériaux et structure

L'église Saint-Vincent présente une structure double (Fig. 11). La coupole centrale, comme les demi-coupoles qui l'entourent et la voûte couvrant la nef, sont doubles. L'évacuation des eaux ruisselant sur la coupole centrale s'effectue d'ailleurs via des chéneaux aménagés entre la coupole extérieure, recouverte de cuivre, et la coupole intérieure, visible depuis la rotonde; ainsi que par des canalisations insérées dans les parois de l'édifice.

Les toitures sont composées d'une coque en béton armé, d'une épaisseur de 70 mm, sur laquelle des chevrons et voliges sont fixés et maintiennent un carton feutre recouvert de cuivre (Cornet, 1967). La charge des coupoles centrales est reprise par huit piliers creux, qui délimitent la rotonde. La voûte intérieure de la nef repose sur huit piliers intérieurs, tandis que la voûte extérieure s'appuie sur des piliers insérés dans les façades. Ailleurs, des systèmes poutres-poteaux reprennent les charges. Sous le plancher du rez-de-chaussée, un quadrillage de poutres transmet l'ensemble des charges à des piliers, reposant sur des pieux de fondation Franqui. Au total, environ 230 pieux ont été foncés sous l'église, à une profondeur variant entre 10 et 12 m (l'église se situe en effet au-dessus de bras d'eau remblayés). De manière générale, les parois sont doubles également. Des prélèvements effectués en mai 2010, au niveau du rez-de-chaussée, ont indiqué la composition suivante (de l'intérieur vers l'extérieur) :

- une paroi (apparemment faite de blocs) en béton, épaisse de 11 cm (Fig. 12);
- un vide de 13,5 cm d'épaisseur environ;

- une paroi en Pierre armée Pauchot, montrant une épaisseur de 16 cm (Fig. 13 et 14).



Figure 12. Échantillon en béton constituant la paroi intérieure des murs de façade, prélevé en mai 2010 à Saint-Vincent.

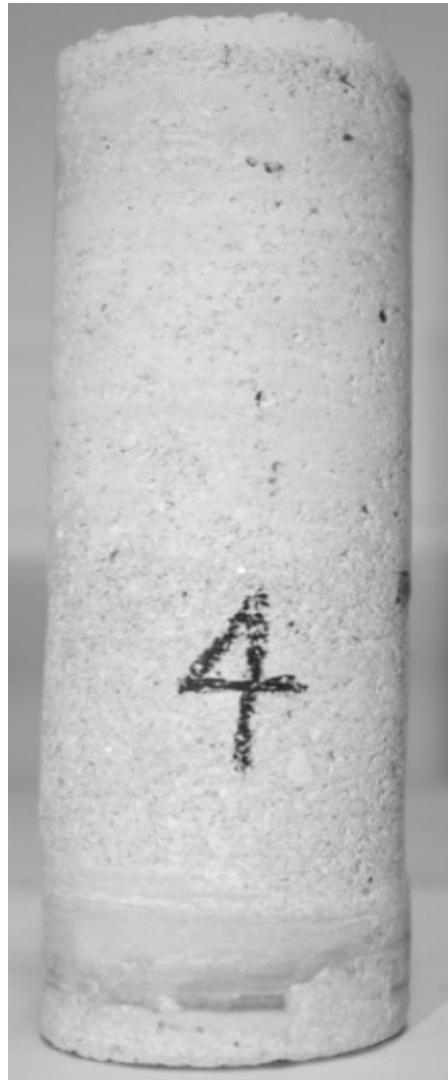


Figure 13. Échantillon en Pierre armée Pauchot constituant la paroi extérieure des murs de façade, prélevé en mai 2010 à Saint-Vincent.

D'autres prélèvements ont montré des compositions différentes, peut-être dues à une exécution trop rapide des travaux.

La Pierre Pauchot, armée par des treillis métalliques posés à 45°, est censée imiter la pierre de France. De faux joints ont d'ailleurs été peints sur les façades. Sa couleur claire attire le regard des passants. Les essais chimiques et physiques, ainsi que les observations au microscope, menés sur les échantillons de Pierre armée Pauchot ont révélé un matériau à la composition hétérogène, plus proche d'un mortier ou d'un béton léger que d'un béton armé classique. Il est poreux et présente une résistance en compression variant de 11,1 à 20,9 N/mm².



Figure 14. Face intérieure (contre le vide la séparant du béton) de l'échantillon en Pierre armée Pauchot présenté à la figure 13.

4.3 Etat de l'édifice

De manière générale, le béton peut présenter trois types de dégradation : fissures, épaufrures ou désintégration (Courard et al. 2010, Duvivier et al., 2008). À l'église Saint-Vincent, une inspection visuelle simple a été menée, afin de repérer les dégradations de l'édifice. Elle a été suivie de prélèvements, analysés en laboratoire, ainsi que d'une brève inspection au radar. Des dégâts structurels ont été observés :

- des fissures apparaissent, sans orientation particulière, en façade (Fig. 15). Elles proviennent probablement de variations hygrothermiques.
- des fissures obliques sont présentes sur des poutres reliant des piliers de la rotonde à des piliers des absidioles.
- des fissures verticales sont nées sur certains piliers des absidioles, en face avant et en face latérale de ces piliers (Fig. 16).

Si certaines fissures verticales en face avant des piliers peuvent être liées à la présence (confirmée par le radar) dans ces piliers, de canalisations métalliques évacuant les eaux de pluie ruisselant sur la coupole centrale, l'origine des autres fissures verticales, comme celle des fissures obliques, n'a pu être identifiée sur base des renseignements disponibles.

Dans tous les cas, la pose de témoins de plâtre permettrait de repérer un mouvement des fissures. Elle sera suivie, si nécessaire, de la pose de capteurs qui, enregistrant le mouvement des lèvres des fissures, fournira l'évolution de ce mouvement au cours du temps.

Par ailleurs, des épaufrures ont été repérées en façade, au niveau des baies particulièrement (Fig. 17). À ce niveau, l'enrobage des armatures est parfois très mince. Deux autres épaufrures sont visibles, dans la cage d'escalier et sous la coupole centrale. Entre les voûtes couvrant la nef et dans le lanternon, des armatures corrodées affleurent le béton.

Les essais chimiques réalisés sur les échantillons de Pierre armée Pauchot ont révélé une très faible concentration en chlorures, éliminant le risque de corrosion par attaque des chlorures pour ces échantillons et privilégiant l'hypothèse d'une corrosion par carbonatation (d'autant plus probable que la porosité de la Pierre armée Pauchot est importante et que l'environnement urbain dans lequel se situe l'église est pollué).

Les carottes prélevées ont cependant montré des réactions différentes suite à l'aspersion de phénolphtaléine. À l'intérieur de l'église, au niveau de la galerie, des traces d'humidité ont été remarquées, au sol et au plafond. Par endroit, des coulées de couleur rouille salissent les murs ou les piliers (Fig. 18). Les traces d'humidité, comme les coulées, proviennent probablement d'une étanchéité défectueuse en toiture.



Fig. 15. Fissure en partie haute de la grande baie éclairant la galerie, en façade est de l'église Saint-Vincent.



Fig. 16. Fissure verticale en face latérale d'un pilier de l'absidiole sud-est, église Saint-Vincent



Fig. 17. Épaufrures autour de la baie nord-ouest du chœur de l'église Saint-Vincent.



Fig. 18. Traces de rouille et d'humidité sur une poutre reliant un pilier de l'absidiole sud-ouest à un pilier entourant la rotonde, église Saint-Vincent.

Une campagne d'essais plus précise serait dès lors nécessaire pour déterminer l'origine de la corrosion provoquant les épaufrures. Elle devrait rendre compte des conditions différentes auxquelles la Pierre armée Pauchot est soumise, en fonction de son emplacement.

5. CONCLUSIONS

Les dégradations observées à l'église Saint-Vincent de Liège sont nombreuses, mais ne semblent pas mettre en péril la sécurité des fidèles ou des passants. Elles requièrent cependant, assez rapidement, des examens plus précis, nécessaires à l'identification de l'origine exacte des dégâts. Une attention particulière devrait être portée à la présence d'eau et d'humidité, source d'inconfort, mais aussi de dégradations par corrosion.

Le cas de l'église Saint-Vincent illustre la problématique qui se pose actuellement aux gestionnaires du patrimoine religieux en béton, encore souvent méconnu. Dans l'arrondissement de Liège, un travail

d'inventaire, suivi d'une inspection visuelle, a été réalisé. Mais beaucoup de travail reste à faire dans cette voie, dans un délai relativement court, afin que la gestion de ces témoins architecturaux reste possible.

6. REMERCIEMENTS

Nous voulons remercier ici Frédéric Michel, responsable du Laboratoire des Matériaux de Construction de l'Université de Liège, pour ses avis éclairés, Audrey Van der Wielen et Thomas Hermans, doctorants au sein du secteur GeMMe de l'Université de Liège, qui ont réalisé les investigations à l'aide du radar et en ont analysé les signaux, ainsi que Jérôme Colson, étudiant à l'École Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques de Toulouse, qui s'est intéressé à la Pierre armée Pauchot et a réalisé des essais physiques et chimiques sur ce matériau dans le cadre d'un stage à l'Université de Liège.

7. REFERENCES

- Abram J., Lambert G., Legault R., Ragot G., Texier S., *Les Frères Perret. L'oeuvre complète*, Paris, Éditions Norma, 2000.
- Bâtir* (Revue mensuelle illustrée d'Architecture, d'Art et de Décoration), n°40, mars 1936.
- Brooks Pfeiffer B., *Frank Lloyd Wright*, Köln, Taschen, 2008.
- Cornet R., "La couverture en cuivre de l'église Saint-Vincent à Liège", *Notes techniques éditées par le centre belge d'information du cuivre*, 1967 : 3-6.
- Courard L., Van der Wielen A. and Darimont A. From defects to causes: pathology of concrete and investigation methods. 17th Slovenski kolokvij o betonih, Ljubljana, Slovénie (19 mai 2010) : 29-48.
- Debuyst F., *L'Art chrétien contemporain, de 1962 à nos jours*, Paris, 1988 : 5-34.
- Duvivier P. and Monfort B. (2008) Methodology for the preparation of restoration works in concrete monuments. Master Thesis. Faculté des Sciences Appliquées, Université de Liège, Belgium: 203p (*in French*).
- Espion B., *Du "ciment" des romains aux débuts du béton armé*, Demi-journée d'étude FABI "Connaissez-vous les bétons armés? Des origines à 1914", 26 octobre 2010, Namur (Belgium).
- Ferguson J., *Pantheon of Rome. A History of Architecture in All Countries* 3rd edition. Ed. R. Phené Spiers, F.S.A. London, 1893. Vol. I: 32p.
- Gillard A. Analysis and inventory of parish churches in concrete in the Liège district, Belgium. Master Thesis. Faculté des Sciences Appliquées, Université de Liège, Belgium: 105p (*in French*), 2010.
- Gillard A., Courard L. and Darimont A. Saint-Vincent church: visual inspection and test program, Internal report, University of Liège, 2010, 65p.
- Kind-Barkauskas F., Kauhsen B., Polonyi St., Brandt J., *Construire en béton. Conception des bâtiments en béton armé*, Lausanne, 2006 : 9-44.
- Krečič P., *Plečnik. Une lecture des formes*, Liège, Mardaga, 1992.
- Simonnet C., *Le béton : histoire d'un matériau*, Marseille, Ed. Parenthèses, 2005, 219p.
- Torgerson M. A., *An architecture of immanence. Architecture for worship and ministry today*, Grand Rapids, Eerdmans, 2007.
- Van de Voorde St. Hennebique's Journal *Le béton armé*. A close reading of the Genesis of Concrete Construction in Belgium. Proceedings of the Third International Congress on Construction History (eds. K.-E. Kurrer, W. Lorenz, V. Wetzck.), Cottbus, 2009 : 1453-1462.
-