

# **ISOLATION THERMIQUE DANS LES BÂTIMENTS PROTÉGÉS OU SITUÉS EN ZONE PROTÉGÉE: MÉTHODOLOGIE D'INTERVENTION**

**FICHE DE BONNES PRATIQUES**

**Commission des monuments de la nature et des sites  
OFFICE DU PATRIMOINE ET DES SITES**

# INTRODUCTION

La conciliation d'objectifs de protection patrimoniale et d'efficacité énergétique requiert des stratégies d'intervention adaptées qui tiennent compte des particularités et des risques spécifiques au bâti ancien. La présente fiche fixe quelques lignes directrices.

## LE CADRE LÉGAL ET RÉGLEMENTAIRE

Les buts généraux de la LPMNS (Art. 1) sont « de préserver l'aspect caractéristique [...] des immeubles et des sites dignes d'intérêt » et simultanément « d'encourager les économies d'énergie et la production d'énergies renouvelables lors de la rénovation d'immeubles au bénéfice d'une mesure de protection patrimoniale ». Ces objectifs convergents, réunissant deux politiques publiques souvent présentées à tort comme contradictoires, présentent des défis particuliers et requièrent la mise en place de stratégies spécifiques d'intervention [1].

La loi cantonale sur l'énergie (Art. 1) a pour objectifs généraux de « favoriser un approvisionnement énergétique suffisant, sûr, économique, diversifié et respectueux de l'environnement ». Concernant l'isolation thermique des bâtiments, les exigences de la norme SIA 380/1 sont reprises intégralement (REn, Art. 12E), conduisant typiquement à appliquer au moins 14 cm d'isolation thermique sur les éléments de construction touchés par des travaux. Au surplus, en fonction de la nature des travaux envisagés, la présentation d'un concept énergétique est exigée pour les bâtiments des collectivités publiques et les bâtiments d'importance (pour les logements: surface supérieure à 3'000 m<sup>2</sup>; pour les autres affectations: surface supérieure à 2'000 m<sup>2</sup>). Dans ce dernier cas, la performance énergétique des éléments opaques rénovés doit être plus élevée d'au moins 20 % que la performance minimale prescrite par la norme SIA 380/1. (REn, Art. 13B)

Les dérogations admises ne sont pas explicitement prévues dans la loi. Toutefois, la norme SIA 380/1 [2] contient une clause dérogatoire aux exigences d'isolation thermique: « dans le cas où le respect des exigences se heurte à des problèmes de faisabilité technique, d'investissements économiquement non supportables ou d'exigences de la protection du patrimoine bâti, les écarts doivent être justifiés » (Art. 2.1.3). Un objectif de cette fiche est de clarifier les motifs et l'applicabilité de cette disposition, ainsi que de systématiser le processus de dérogation prévu.

Ces exigences de protection du patrimoine bâti recouvrent les mesures prévues par la LPMNS; les bâtiments classés ou inscrits à l'inventaire ne sont pas les seuls visés. L'ensemble des mesures de protection est concerné par l'objectif simultané de protection patrimoniale et d'efficacité énergétique. En particulier, la LPMNS (Art. 42C) octroie un statut de protection particulier aux bâtiments de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle ou du début du XX<sup>e</sup> siècle (construits avant 1933), exigeant que leur aspect soit conservé, de même que la plupart des plans de site établis à ce jour.

## POSITION DE LA CMNS

La CMNS considère que les bâtiments bénéficiant de mesures de protection patrimoniale ont une contribution significative à apporter dans l'atteinte des objectifs de politique énergétique. Elle préconise toutefois des stratégies particulières d'intervention qui permettent d'élargir la réflexion par rapport aux effets de seuil fixés par les exigences normatives. Il est utile de rappeler à ce sujet la position générale de la Commission fédérale des monuments historiques [3] sur les normes de construction: « Les normes en vigueur ne doivent pas être appliquées aux objets du patrimoine sans un examen approfondi. Dans chaque cas particulier, il convient d'examiner la possibilité de déroger aux normes, complètement ou partiellement, ou la possibilité d'atteindre le but visé par d'autres mesures appropriées. [...] Dans chaque cas particulier, il convient de procéder à une pesée de deux intérêts publics en jeu: l'intérêt de la conservation de l'intégrité et de l'authenticité de l'objet et l'intérêt d'une adaptation de l'objet aux normes actuelles. Si le respect d'une norme implique des mesures portant une atteinte grave à la valeur patrimoniale de l'objet, il convient de renoncer à l'application stricte de la norme et d'adapter la destination et le mode d'utilisation de l'objet en conséquence. » (Principes pour la conservation du patrimoine culturel bâti en Suisse, Art. 4.12)

Concernant l'isolation thermique des bâtiments protégés, la CMNS considère que les seuils normatifs sont à relativiser dans le contexte du bâti ancien, car:

- La performance énergétique effective mesurée est fréquemment meilleure que celle prédite par calcul.
- Les bâtiments anciens présentent le plus souvent un facteur de forme favorable.
- Les optimalités entre énergie d'exploitation et énergie grise sont généralement différentes que pour une nouvelle construction.
- Certains impacts collatéraux sont particulièrement critiques dans le bâti ancien. Par exemple, la pose de vitrages isolants conduit à une baisse de l'apport en lumière naturelle et à l'augmentation des besoins en électricité pour l'éclairage.

En conséquence, la CMNS préconise de résoudre les incompatibilités entre exigences d'isolation thermique et protection patrimoniale par des stratégies et des concepts énergétiques sur mesure, dont l'objectif principal est de concilier les exigences plutôt que les alléger, dans une recherche simultanée d'efficacité énergétique et de qualité de l'intervention.

A ce titre, les projets de transformation fixeront au cas par cas des priorités d'intervention en fonction des impératifs de conservation de la substance ancienne, sur la base d'une méthodologie éprouvée [1,4], incluant un diagnostic de la situation avant travaux [5]. Les interventions ponctuelles sans stratégie globale de rénovation peuvent s'avérer dommageables dans certains cas; il conviendra de tenir compte des risques particuliers de dégâts lors d'interventions partielles (par exemple: examen du risque de formation de condensation

et de moisissures lors du seul remplacement de fenêtres). Les impératifs de réversibilité dans le choix des systèmes constructifs et d'isolation thermique devront faire l'objet d'une attention particulière. La compatibilité des matériaux adjoints, ainsi que la prise en compte correcte des cycles de vieillissement inégaux, seront considérées. En particulier, le cas spécifique du patrimoine bâti du XX<sup>e</sup> siècle fera l'objet de réflexions originales [6,7].

## PRIORITÉS D'INTERVENTIONS PAR ÉLÉMENTS

### a) Généralités

Une approche énergétique globale est implicitement requise pour les améliorations énergétiques de bâtiments protégés ou situés en zone protégée. En effet, la norme SIA 380/1, dans son édition de 2016, indique qu'« *une justification par performances ponctuelles n'est pas admise [...] pour les bâtiments avec une isolation intérieure* » (Art. 2.2.1.4), cette dernière mesure étant incontournable pour le maintien de l'aspect extérieur des façades.

Dans le cadre des calculs énergétiques globaux, ce chapitre précise les éléments prioritaires d'intervention, sur la base d'une pondération entre préservation de la substance ancienne, efficacité énergétique et faisabilité des actions envisagées.

L'ordre des priorités mentionnées est à adapter en fonction de chaque cas particulier, en tenant compte en premier lieu des améliorations réalisables au niveau de la demande, et dans un second temps au niveau de l'approvisionnement.

### b) Priorité 1 : Production, régulation et distribution de chaleur

En première priorité, avant de considérer des mesures d'isolation thermique, il convient d'investiguer l'efficacité au niveau de la production de l'énergie. Les éléments assurant la production centralisée et la distribution de chaleur ne présentent, sauf exception, pas d'intérêt patrimonial. Au surplus, les accroissements d'efficacité dans la production de chaleur, l'isolation de la distribution et l'optimisation de la régulation (équilibrage des distributions, température de consigne), sont des mesures permettant de réduire fortement les besoins en énergie, ceci avec un impact faible sur la substance ancienne.

En particulier, le recours aux énergies renouvelables est à valoriser. Le respect d'exigences sur l'isolation thermique pourra être réduit en cas d'intégration de production renouvelable ultérieure, notamment en présence d'un projet de fourniture de chaleur à distance. L'adaptation vers un système de chauffage à basse température conduit généralement à un accroissement de la surface requise pour les corps de chauffe, ce qui ne sera dans certains cas pas compatible avec la taille des pièces et le maintien d'éléments intérieurs d'intérêt. La question spécifique des panneaux solaires et de leur intégration architecturale fait l'objet d'un traitement détaillé

dans la [directive relative à l'installation de panneaux solaires de l'OCEN](#) [8].

L'installation de systèmes de ventilation contrôlée fera l'objet d'un examen critique détaillé relatif à l'emprise importante de tels systèmes sur le bâti ancien, qui sera à mettre en rapport avec les gains énergétiques effectifs escomptés. La contribution de tels systèmes dans la prévention des dégâts hygrothermiques plaidera dans certains cas clairement en leur faveur.

Enfin, il convient d'envisager la réduction du périmètre activement chauffé, permettant de s'affranchir des exigences d'isolation thermique (par exemple : cages d'escaliers, surfaces de dégagement) tout en réduisant les besoins en chauffage.

Des mesures faisant sens, mais non considérées par la norme SIA 380/1 (par exemple : isolation thermique devant des corps de chauffe) seront également prises en compte au cas par cas.

### c) Priorité 2 : Isolation de toiture

L'isolation des toitures permet le plus souvent d'assurer l'exigence de réversibilité et ne présente généralement pas d'impact visuel notable [9]. On cherchera en général à dépasser les exigences thermiques minimales, à concurrence des valeurs cibles de la norme SIA 380/1, afin de compenser la performance réduite d'autres éléments moins isolés.

**i) Toitures inclinées.** Si possible, la conservation de la couverture d'origine doit être assurée (tuiles, ardoise). Un remplacement par des éléments identiques ou réemployés sera prévu si nécessaire. Les poutres sont à conserver et un soin particulier sera apporté à la garantie de l'étanchéité à l'air de leurs raccords, et ainsi à la prévention des risques de condensation. La pose d'isolation entre et sous chevrons est à privilégier afin de maintenir une surépaisseur en toiture minimale. Un examen détaillé des éléments existants est nécessaire pour définir une stratégie adaptée ; par exemple, la présence d'une sous-couverture bitumineuse commande des précautions particulières pour assurer la maîtrise des phénomènes de diffusion de vapeur.

L'isolation du plancher de combles non chauffés est en général aisément réversible. Il convient de tenir compte qu'on rencontre parfois des planchers de combles d'intérêt patrimonial, lesquels doivent être conservés.

**ii) Toitures plates.** Ce type d'élément est plus fortement soumis aux intempéries, et comporte une couche d'étanchéité d'usure accélérée. Son remplacement par une construction répondant aux exigences actuelles ne porte pas d'impact sur le patrimoine et doit être systématiquement prévu. Les revêtements d'intérêt patrimonial seront conservés si leur état le permet. La question des seuils, de la hauteur disponible et des largeurs et remontées d'acrotères est à traiter en amont. La prolifération d'installations techniques en toiture de bâtiments protégés ou situés en zone protégée, sans mesures adéquates visant à les masquer, ne constitue pas un procédé acceptable.

#### **d) Priorité 3 : Isolation des dalles contre les sous-sols et le terrain**

Ces éléments conduisent à des pertes thermiques plus limitées de par la prise en compte correcte des pertes de chaleur réduites vers le terrain et les locaux non chauffés. Une isolation moins importante peut faire sens, sauf en présence de surfaces chauffantes.

L'isolation thermique des caves voûtées ne constitue généralement pas un procédé admissible. Les interventions d'isolation des radiers anciens sont délicates et peuvent favoriser des phénomènes d'ascension capillaire.

Le niveau d'origine du sol sera maintenu. Les revêtements de sol présentent souvent des éléments patrimoniaux à conserver (notamment : carrelages historiques, dallages et parquets), dont le démontage et la repose ne peuvent être entrepris.

Une ventilation suffisante des locaux non chauffés est à assurer, en particulier après la pose d'isolation thermique contre les interfaces chauffées, qui conduit à une baisse de la température et à une augmentation de l'humidité de l'air. Il sera tenu compte des risques associés aux phénomènes de condensation au printemps et en été, qui concernent en premier lieu ce type de locaux.

#### **e) Priorité 4 : Fenêtres et portes**

Les fenêtres font partie intégrante de l'image et de la substance d'un bâtiment, mais représentent le plus souvent le point le plus faible du point de vue thermique. Par ailleurs, leur remplacement, respectivement leur adaptation, sont le plus souvent aisés.

De manière générale, l'adaptation de fenêtres anciennes doit être privilégiée si leur état de conservation le permet. Des fiches de [bonnes pratiques spécialement dédiées \[10-12\]](#) ont été publiées et présentent les variantes à privilégier, dans le cadre de l'obligation d'assainissement selon l'[Art. 56A RCI](#).

Les verrières couronnant les cages d'escalier constituent un élément typiquement genevois depuis la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. Elles sont à conserver et se prêtent mal à une adaptation du vitrage ; la réduction du périmètre chauffé est à envisager le cas échéant, en tenant compte de leurs fonctions de désenfumage et de ventilation naturelle en été.

Les remplacements et adaptations de fenêtres seront accompagnées d'une évaluation des risques hygrothermiques afin de prévenir l'apparition de moisissures et de condensation [13], incluant une évaluation des possibilités de renouvellement d'air (SIA 180, Art. 3.2). Cette démarche requiert la maîtrise des interfaces entre la perméabilité à l'air de l'enveloppe et une éventuelle ventilation mécanique. Dans le cas où l'adjonction d'entrées d'air hygro-réglables serait à prévoir, un soin particulier devra être apporté à l'esthétique de leur intégration sur les cadres de fenêtres, un procédé à réserver pour des nouvelles menuiseries.

Il sera par ailleurs tenu compte de l'impact d'une réduction de l'apport en lumière naturelle, particulièrement tangible pour des cadres d'épaisseur importante ou des triples vitrages.

Les portes historiques représentent un élément patrimonial de premier plan, mais constituent souvent une faiblesse importante au niveau de l'isolation et de l'étanchéité à l'air, et présentent par ailleurs fréquemment des non-conformités relativement à leur fonction de sortie de secours. Leur maintien doit toutefois être assuré et il est le plus souvent recommandé de traiter cette question par une réduction du volume chauffé aux interfaces avec ces portes.

#### **f) Priorité 5 : Façades**

Les façades d'un bâtiment constituent, avec les fenêtres, les éléments présentant généralement la valeur patrimoniale la plus visible et la moins affectée par les transformations passées [14]. La pose d'une isolation périphérique crépie ou d'une façade ventilée n'est pas admissible pour les bâtiments protégés. Ce type d'intervention ne peut être envisagé que pour des éléments mineurs, tels que des annexes ou certaines façades sur cour. L'aspect des chaînages, corniches, encadrements de fenêtres, socles, bandeaux et accrochages des balcons sera impérativement conservé, de même que les crépis anciens.

Dans certains cas, une compensation de la performance thermique entre façades peut être prévue. Les façades sur cour présentent généralement un intérêt patrimonial moindre, et il peut être approprié d'y considérer une isolation plus performante pour compenser une isolation réduite de la façade principale. La seule pose de crépis isolants est admissible si toutes les autres mesures d'isolation thermique ont été optimisées (priorités 1 à 4).

La mise sous cloche du bâtiment, par exemple au moyen d'une façade double peau, ne constitue généralement pas un procédé admissible.

La pose d'une isolation intérieure est admise en l'absence d'éléments anciens en face intérieure, dont notamment les boiseries, décors, reliefs intérieurs, plafonds, stucs, plinthes et frises. L'optimisation énergétique tiendra compte de la proportionnalité en fonction de l'impact des ponts thermiques importants. Les isolants et enduits doivent généralement être perméables à la vapeur. La preuve doit être apportée que la condensation dans la construction [13] est exclue (en tenant compte de l'exécution), et que le traitement des têtes de poutres dans les règles de l'art est possible (exigence d'étanchéité à l'air). Si ces points ne peuvent être garantis, il sera renoncé à toute isolation d'épaisseur excessive. L'encadré « L'isolation thermique par l'intérieur » décrit les modalités de justification de la stabilisation de la teneur en eau à long terme dans la construction.

L'étude thermique tiendra compte du type de crépi, qui détermine l'absorption de la pluie battante, ainsi que du type de pierre, car leurs propriétés de transport de la vapeur diffèrent

fortement. On citera notamment le cas particulier de la mola, qui absorbe une quantité importante d'eau, laquelle peut conduire à des dégâts dus au gel en cas d'isolation intérieure.

La validation de ces points requiert généralement une étude de physique du bâtiment afin de confirmer la stratégie d'intervention.

## **EXIGENCES RELATIVES À LA STRATÉGIE D'INTERVENTION**

Concernant l'efficacité énergétique, l'approche admise par l'Office cantonal de l'énergie consiste à définir une stratégie de départ pour laquelle le projet atteint la conformité aux exigences énergétiques, et de lever dans un second temps les exigences élément par élément, de manière justifiée. La démarche de dérogation inclut donc une recherche exhaustive de procédés pour tenter d'atteindre les exigences énergétiques. La possibilité d'abaisser les exigences tiendra compte d'une desserte actuelle ou future par le chauffage à distance, afin d'intégrer le changement de paradigme et d'échelle dans la notion d'efficacité énergétique, qui constitue une priorité de recherche académique.

Partant du principe que la protection du patrimoine ne doit en aucun cas conduire au gaspillage énergétique, la CMNS soutient les recherches d'optimalité entre performance énergétique et conservation, tenant compte du constat que les constructions historiques ont été édifiées dans une approche de frugalité de moyens et de parcimonie, également au niveau de l'impact environnemental. En conséquence, dans la réflexion plus large sur l'énergie grise, la mise en place de matériaux à mauvais impact environnemental pour concilier exigences thermiques et espace restreint n'est pas recommandable.

Il est admis par l'Office cantonal de l'énergie et la CMNS que l'atteinte de seuils d'efficacité énergétique ne peut en aucun cas ignorer les risques éventuels, notamment au niveau des dégâts dus à la condensation et aux risques pour la santé. De tels risques constituent un motif de dérogation à documenter selon les modalités exposées dans l'encadré «L'isolation thermique par l'intérieur».

## **CONCLUSION : CRITÈRES D'APPRÉCIATION**

Pour ces raisons, la CMNS et l'Office cantonal de l'énergie préavisent les projets d'assainissement énergétique sous les angles suivants :

- 1. La proportionnalité et les qualités patrimoniales, architecturales et énergétiques de la proposition d'intervention ;**
- 2. Le maintien des éléments dignes de protection ;**
- 3. La pondération entre objectifs énergétiques et patrimoniaux ;**
- 4. La recherche d'optimalité au niveau de l'efficacité énergétique ;**
- 5. L'absence documentée de risques pour les éléments existants.**

## L'ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTÉRIEUR

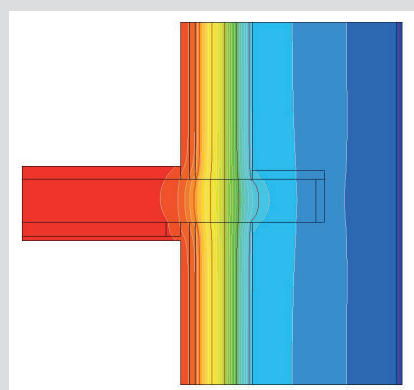
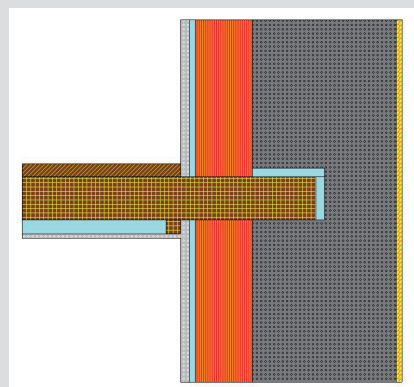
L'adjonction d'isolation thermique du côté intérieur des structures anciennes conduit à une modification des propriétés hygrothermiques de la construction qui peut conduire à des risques importants. Elle contribue toutefois à réduire les besoins énergétiques, prévenir la formation de condensation et de moisissures en surface, ainsi qu'à améliorer le confort thermique.

Une fois isolée par l'intérieur, la structure reçoit moins de chaleur de l'intérieur, ce qui a pour conséquence une exposition plus importante aux fluctuations thermiques, ceci d'autant plus que l'épaisseur d'isolation est importante.

Les effets en sont un accroissement de l'humidité dans la construction, un potentiel de séchage réduit et la formation de condensation dans la structure, qui peut conduire à une dégradation des têtes de poutres.

La planification et l'étude de faisabilité d'une isolation intérieure requièrent un soin particulier qui doit intégrer au plus tôt les spécificités de l'exécution. La prise en compte correcte des facteurs d'influence, qui sont le type de maçonnerie, les propriétés du crépi extérieur, l'exposition à la pluie battante, le climat intérieur, la diffusion de vapeur, le transport capillaire et les ponts thermiques, est indispensable [15].

L'évaluation par calcul inclut une simulation hygrothermique dynamique effectuée selon les règles reconnues de la technique [15,16], qui permet la détermination de l'épaisseur admissible d'isolation thermique ajoutée.



En cas d'adjonction d'une isolation thermique intérieure, la température hivernale en surface intérieure de la maçonnerie s'abaisse proportionnellement à l'épaisseur de calorifuge, de même qu'aux têtes de poutres, permettant l'apparition de condensation en cas de migration d'air intérieur dans ces zones.

## EXEMPLE D'APPLICATION : FERME DU POMMIER (GRAND-SACONNEX)

**Cette rénovation concilie le respect des caractéristiques patrimoniales de ce bâtiment de style rural, tout en atteignant des performances énergétiques conformes aux exigences actuelles.**

La Ferme du Pommier, inscrite à l'inventaire, constitue un témoignage des origines rurales de cette commune suburbaine, et a conservé l'essentiel de son aspect d'origine ainsi que de nombreux éléments intérieurs tels que ses poutres.

La stratégie énergétique recourt à l'isolation intérieure de la façade, conjuguée à l'adjonction d'un crépi isolant, selon un principe constructif basé sur l'ouverture à la diffusion de vapeur.

Le traitement adéquat de l'étanchéité à l'air des têtes de poutres peut être assuré par une réfection complète du parement intérieur, à l'exception du secteur sud-ouest, où le maintien de boiseries d'intérêt patrimonial n'autorise pas une telle intervention. L'adjonction d'un crépi isolant autorise une épaisseur plus importante d'isolation intérieure car le refroidissement de la maçonnerie est ainsi plus limité.

Le renouvellement d'air des locaux est assuré par la ventilation naturelle, limitant ainsi l'emprise de nouvelles installations techniques.

Architectes : Nazario Branca  
et Andrea Calanchini  
Planification : 2015-2017  
Réalisation : 2017-2019

Vue de la façade sud avant les travaux.  
Détail d'une tête de poutre avant isolation



## EXEMPLE D'APPLICATION : ÉGLISE RUSSE DE GENÈVE

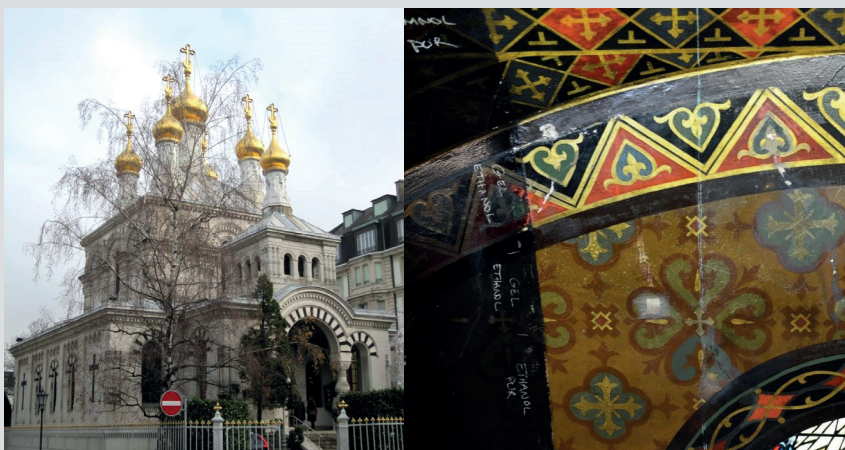
**Les éléments patrimoniaux de la façade interdisent toute intervention au niveau de l'isolation thermique. En pareil cas, le potentiel d'optimisation énergétique se limite à la technique du bâtiment, qui permet également d'œuvrer à la conservation de l'édifice.**

Construite en 1866, l'Église russe est au bénéfice d'une mesure de classement. Son décor peint intérieur exceptionnel ne permet pas d'envisager d'isolation intérieure de la façade. Les phénomènes de condensation, associés au dépôt de résidus issus de la combustion de bougies et d'encens, ont conduit à un noircissement du décor peint d'origine, qu'il convient de prévenir suite à sa restauration.

Bien que les exigences normatives d'isolation thermique restent hors de portée en pareil cas, des économies d'énergie considérables peuvent être envisagées par le recours à un agent énergétique renouvelable ainsi qu'à la récupération de chaleur issue de la ventilation. Un tel système permet également de prévenir de nouvelles dégradations du décor peint en évacuant l'humidité excessive de l'air intérieur.

Architecte :  
William Meleshko Arch. EPFZ/SIA  
Planification : 2013-2015.  
Réalisation : 2015-2017

Vue générale du bâtiment.  
Secteurs touchés par les dégradations  
(en noir) et après nettoyage.





## EXEMPLE D'APPLICATION : OBJETS DU PATRIMOINE DE LA SECONDE MOITIÉ DU XX<sup>e</sup> SIÈCLE

Le patrimoine architectural de cette période se distingue par une consommation énergétique généralement considérable et des contrastes importants en termes de priorités de sauvegarde. Les bâtiments de cette génération ont conservé le plus souvent l'essentiel de leur substance d'origine, mais atteignent désormais le terme d'une première phase de vieillissement. Les potentiels d'économies d'énergie sont le plus souvent considérables, mais requièrent la mise au point de stratégies adaptées aux spécificités de cette génération de bâtiments. [6, 7]

La cité-satellite du Lignon, construite par les architectes Georges Addor, Jacques Bolliger, Dominique Julliard, Louis Payot et l'ingénieur Heinz Weisz de 1963 à 1971, constitue un ensemble spectaculaire et particulièrement intéressant de par la finesse de la matérialisation de son enveloppe, qu'il n'aurait pas été possible de maintenir en cas d'adjonction d'une isolation périphérique sur ses 125'000 m<sup>2</sup> de façades de « mur rideau ». La stratégie de sauvegarde [7] a consisté à définir pour l'ensemble des bâtiments un cahier des charges précisant des mesures communes concrètes comme l'adjonction de cadres et de vitrages isolants et la pose d'une isolation au niveau des contrecœurs.

Architectes pour la recherche (2008-2011) :  
Franz Graf et Giulia Marino – TSAM – Faculté ENAC – EPFL

Photographie : C. Merlini



## Références

- 1 Rénovation énergétique des bâtiments (eREN), HEIA-FR, 2017.
- 2 Norme SIA 380/1, édition 2016, Besoins de chaleur pour le chauffage.
- 3 Commission fédérale des monuments historiques, Principes pour la conservation du patrimoine culturel bâti en Suisse, vdf Hochschulverlag, 2007.
- 4 Cahier technique SIA 2047, édition 2015, Rénovation énergétique des bâtiments.
- 5 Cahier technique SIA 2031, édition 2016, Certificat énergétique des bâtiments.
- 6 G. Marino, [60x60] : une démarche innovante pour la sauvegarde de la Cité Carl-Vogt, Tracés 19, 2016.
- 7 F. Graf, G. Marino, La cité du Lignon 1963-1971 – Etude architecturale et stratégies d'intervention, Patrimoine et architecture.
- 8 Office cantonal de l'énergie, Directive relative à l'installation de panneaux solaires, 2015.
- 9 Etat de Vaud, Service immeubles, patrimoine et logistique. Isolation des toitures anciennes, Collection Eléments du patrimoine, n° 002.
- 10 Office cantonal de l'énergie, Mise en œuvre de l'article 56A RCI relatif à l'assainissement des embrasures en façade (Directive d'application de l'article 56A RCI), Novembre 2015.
- 11 Office du patrimoine et des sites – Office cantonal de l'énergie, Assainissement des embrasures munies de simple vitrage des locaux chauffés des immeubles à valeurs patrimoniales – Article 56A RCI. Fenêtres – Guide de bonnes pratiques, 2015.
- 12 Etat de Vaud, Service immeubles, patrimoine et logistique. La fenêtre, un patrimoine en danger, Collection Eléments du patrimoine, n°001.
- 13 Norme SIA 180, édition 2014, Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments.
- 14 Etat de Vaud, Service immeubles, *patrimoine et logistique. Isolation des façades anciennes*, Collection Eléments du patrimoine, n° 003.
- 15 Cahier technique WTA 6-4, édition 2016, Isolation thermique par l'intérieur selon WTA I : guide de planification.
- 16 Cahier technique WTA 6-5, édition 2014, Isolation thermique par l'intérieur selon WTA II : Évaluation des systèmes d'isolation interne par des méthodes de calcul numériques

## Rédaction

Commission des monuments, de la nature et des sites

**Genève, le 26 novembre 2018**

---

Département du territoire  
Office du patrimoine et des sites  
Rue David-Dufour 1 — CP 22 — 1211 Genève 8  
T +41 (0)22 546 61 00 — sms@etat.ge.ch — www.ge.ch