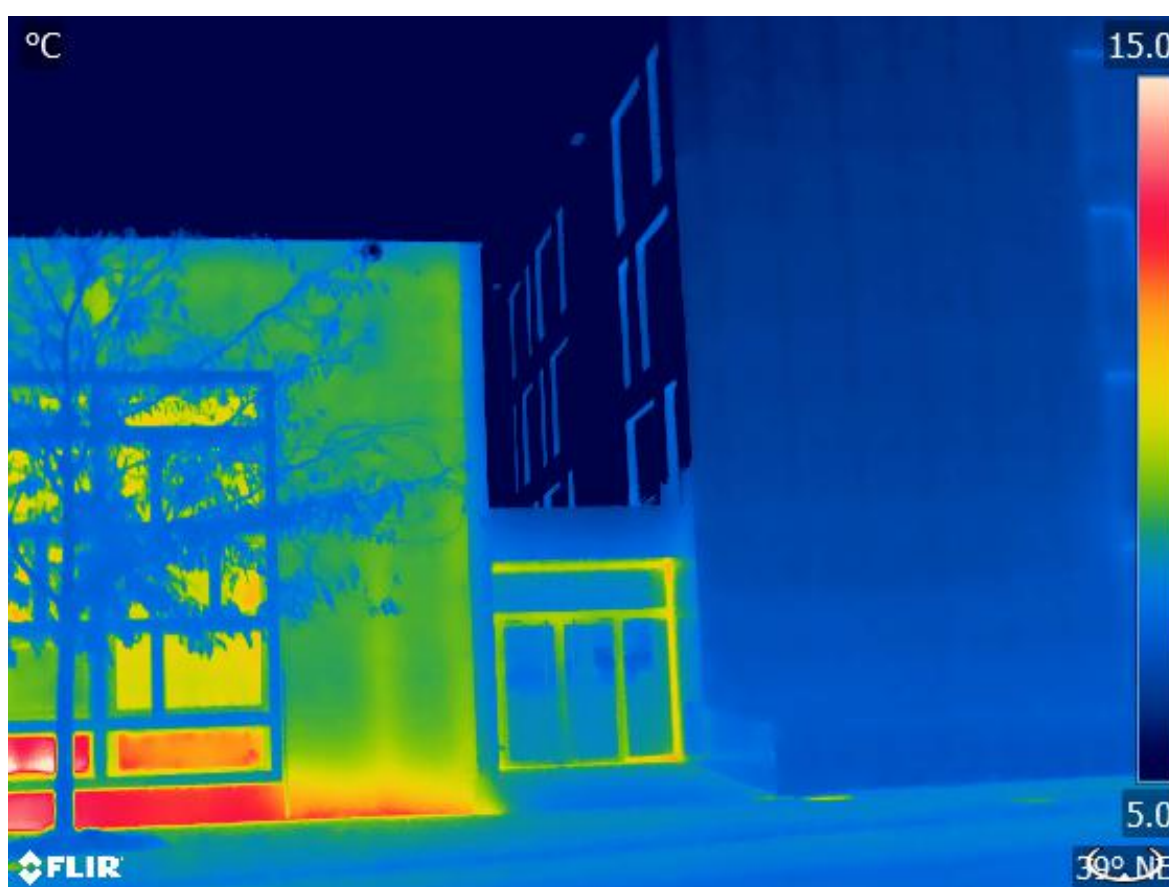


20-286 Ecole Marens à Nyon

RAPPORT D'AUDIT ASSAINISSEMENT ENERGETIQUE

ANCIENS BÂTIMENTS



Projet :	20-286 RapportAuditAssEnSiteMarens
Mission :	Expertise
Auteurs du rapport :	Romain LUSCHER & Laurent FELIX
Date :	16.12.2020

RECAPITULATION

1.	Données du mandat.....	3
2.	Définition de la mission	4
3.	Situation des bâtiments	4
4.	Constats préliminaires sur site	6
5.	Performance énergétique des façades.....	8
5.1.	Salle de gymnastiques 1	8
5.2.	Salle de gymnastiques 2 et 3 + réfectoire	10
5.3.	Théâtre	11
6.	Constat technique des façades vitrées.....	13
6.1.	Les façades vitrées de la salle de gym 1.....	13
6.2.	Les façades vitrées de la salle de gym 2 et 3 + réfectoire	15
6.3.	Les façades vitrées du théâtre	15
7.	Autres désordres des façades.....	17
7.1.	Les joints extérieurs	17
7.2.	Fissures / infiltrations d'eau / étanchéité.....	17
7.3.	Carbonatation	18
8.	Etat des toitures	19
9.	Proposition d'améliorations de l'enveloppe (façades et toitures)	20
9.1.	Les façades	20
9.1.1.	Variante 1 : Façades vitrées, remplacement total.....	20
9.1.2.	Variante 1' : Façades vitrées, remplacement des volumes de verres	21
9.1.3.	Variante 2 : Façades vitrées + Isolation intérieure + Carbonatation.....	21
9.1.4.	Variante 3 : Façades vitrées + Isolation extérieure + Carbonatation.....	21
9.1.5.	Variante 4 : Relookage.....	21
9.2.	Les toitures	22
10.	Budget	23
11.	Préconisations	26

PLANS - DETAILS - PHOTOS

Situation générale des bâtiments	4
Décomposition des bâtiments pour l'étude	5
Relevé des épaisseurs de verre.....	6
Raster poteau/traverses en béton porteur extérieur.....	7
Images 01-02 : images IR extérieures salle de gymnastique 1	8
Analyse des déperditions vers l'extérieur façade S-O salle de gym 1	8
Images 03-04 : images IR intérieures salle de gymnastique 1	9
Images 05-07 : images IR extérieures salle de gymnastique 2 et 3 + réfectoire	10
Images 08-10 : images IR intérieures salle de gymnastique 2 et 3 + réfectoire	10
Images 11-15 : images IR à l'extérieur du théâtre	11
Images 16-21 : images IR à l'intérieur du théâtre	12
Photos 01-02 : raster béton extérieur formant brise-soleil.....	13
Photos 03-06 : raster béton extérieur formant brise-soleil.....	13
Gym 1 : système d'ouvertures.....	14
Gym 1 : élévation de l'intérieur.....	14
Photo 07 : façade extérieure gym 3 N-E.....	15
Photo 08-09 : renforcements / système d'ouverture des éléments de fenêtres gym 3 N-E	15
Photos 10-11 : façade S-E et N-O du théâtre / raster béton dito la salle de gym 1	16
Photos 12-13 : façade S-E et N-O du théâtre / raster béton dito la salle de gym 1	16
Photo 14 : accessibilité difficile derrière les escaliers	16
Photos 15-17 : joints exposés aux UV à remplacer	17
Photos 18-24 : fissures / infiltrations d'eau	17
Photos 25-33 : carbonatation du béton.....	18
Gym 1 : nouveau système d'ouvertures de la variante 1	20
Annexes : planches photos	26

1. Données du mandat

Coordonnées du projet

Ecole Secondaire de Nyon-Marens
Route du Stand 5
1260 Nyon

Mandant

Monsieur Vincent Pasquier
Technicien en bâtiment
T 022 316 41 68
E vincent.pasquier@nyon.ch

VILLE DE NYON
ARCHITECTURE ET BÂTIMENTS
10, place du Château
CP 1112
CH 1260 Nyon
T 022 316 41 60
www.nyon.ch

Mandataire

BIFF SA
Bureau d'Ingénieurs Fenêtres & Façades SA
Av de la Gare 50
1003 LAUSANNE
T +41 21 601 83 23 - F +41 21 601 83 24 - M +41 79 609 27 19
E lf@biffsa.ch
www.biffsa.com

BIFF SA
Bureau d'Ingénieurs Fenêtres & Façades SA
Rue de Monthoux 64
CH 1201 Genève
T +41 22 786 89 20 - F +41 22 786 56 81- M +41 79 609 27 19
www.biffsa.ch

Le mandat a été confirmé par courrier du 29 septembre 2020

2. Définition de la mission

Un audit détaillé pour le remplacement des menuiseries extérieures, du théâtre de Marens et de la salle de gym 1 de Marens. Les deux bâtiments sont classés note 3. Le rapport sera utilisé dans le cadre de la présentation pour la réalisation de ces travaux. Il devra expliquer en détail les réels besoins du remplacement des menuiseries extérieures vitrées et les options possibles (variantes) ainsi que les coûts pour chaque variante.

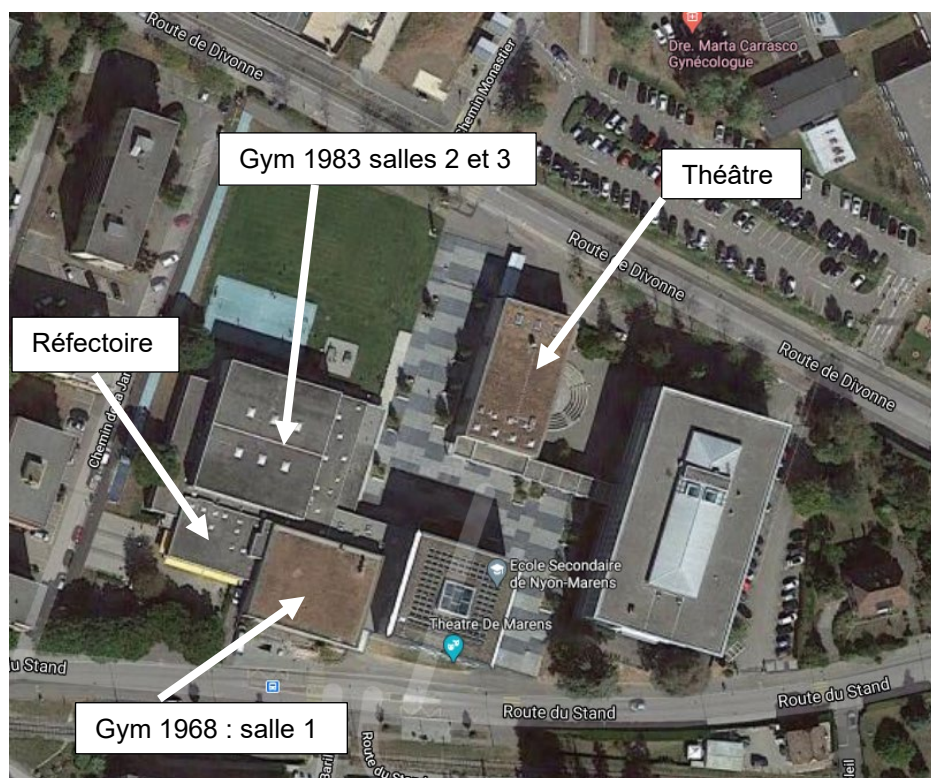
Après discussion le mandat a été complété pour prendre en compte l'entier du site y compris gym 2, gym 3, couloir, réfectoire, bureaux.

Les prestations du mandat comprennent :

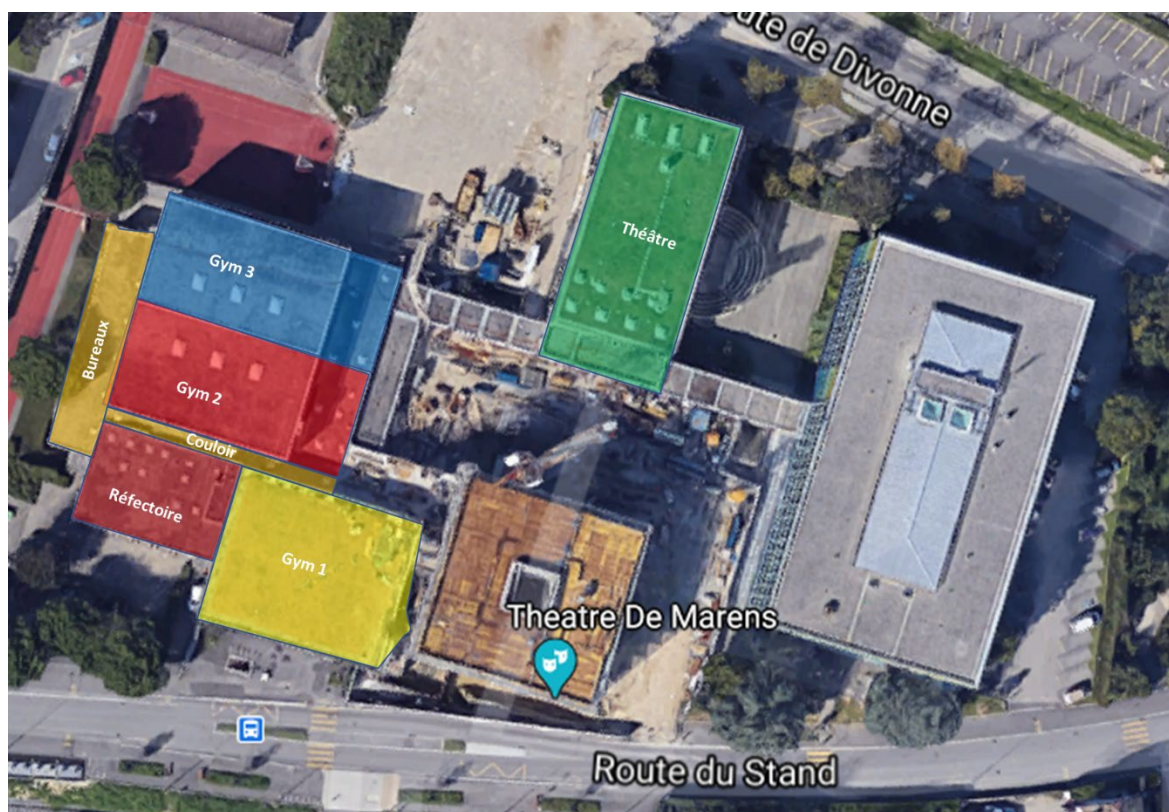
- Constat et diagnostic détaillé sur place.
- Thermographie des parties intérieures et extérieures des éléments de menuiseries uniquement.
- Recherche et prise en considération des rapports déjà réalisés (Estia EPIQR+ Théâtre Octobre 2016 / Salle de Gym Décembre 2013).
- Définition des variantes de réalisation en considération de la note 3 à l'inventaire.
- Esquisse / vulgarisation des propositions.
- Métrés et budgets pour chaque variante (max 3).
- Rapport d'audit / expertise

3. Situation des bâtiments

Les bâtiments inspectés sont les anciens bâtiments réalisés en 1968 et 1983, comprenant le théâtre, les salles de gymnastique et le réfectoire.



Situation générale des bâtiments



Décomposition des bâtiments pour l'étude

Pour la compréhension de l'étude et des budgets les différents bâtiments ont été divisés en 7 parties d'ouvrages, comme suit :

- Théâtre
- Gym 1
- Gym 2
- Gym 3
- Couloir
- Réfectoire
- Bureaux

Les toitures ont aussi été rajoutées à l'étude afin d'avoir une vision globale pour les assainissements énergétiques de chaque bloc.

4. Constats préliminaires sur site

Après visite sur place du 16 octobre et 27 novembre 2020 les constats suivants sont faits :

- A. Les immeubles ne sont pas récents : salle de Gym et Théâtre (1968) extension salles de gym (1983) (selon repérage sur place). Ils sont classés en note 3 au recensement architectural du canton de Vaud.



Direction générale des immeubles et du patrimoine (DGIP)

Recensement architectural du canton de Vaud

Nyon (246)

Fiche 459

■ ECA.2409a Parcelle 1144 11 Route du Stand Nyon --- 9 Route du Stand Nyon

❖ COLLEGE SECONDAIRE DU STAND - SALLE GYMNASTIQUE

Note 3

Protection en vigueur: PGN du 09.12.2010 sur L'ENSEMBLE



■ RENSEIGNEMENTS HISTORIQUES

ENSEMBLE DES OBJETS DE LA FICHE

Description: Cf. Architecture du canton de Vaud 1920-1975, ouvrage collectif sous la direction de B. Marchand, PPUR, 2012, p.225.

Description: Collège du Stand, construit en 1968 par l'architecte Jean Hyppolite Guignard, composé de trois volumes.

Voir aussi fiches 457 et 458.

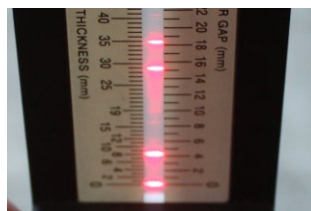
- B. La majorité des verres isolants sont d'origine non sécurisés :

- Gym 1 : verre simple de 8 mm
- Gym 2 et 3 : 8/12/6
- Théâtre : 5/10/5



Relevé des épaisseurs de verre

$$U_g = 5.6 \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$U_g = 2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$U_g = 2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- C. Les façades de tous les bâtiments visités sont conçues dans le même concept architectural, avec une structure porteuse en béton apparent et isolation minimaliste par l'intérieur. Au niveau des façades vitrées, la structure en béton porteuse forme un raster qui se combine avec le jeu des éléments vitrés qui ont été rapportés depuis l'intérieur, dont les cadres sont dissimulés derrière la structure poteau/traverse en béton.



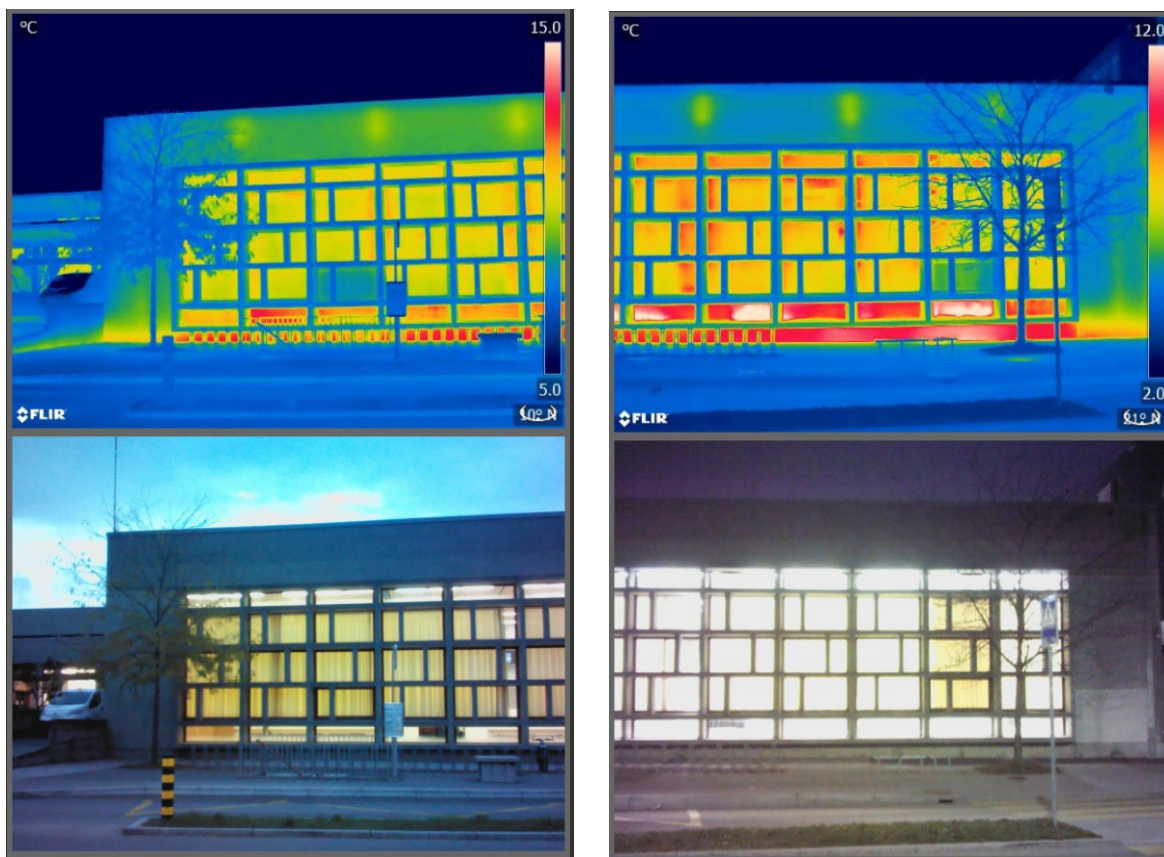
Raster poteau/traverses en béton porteur extérieur

5. Performance énergétique des façades

Le constat thermographique permet de donner un avis sur la qualité thermique de l'enveloppe, et de vulgariser les ponts thermiques liés à une construction ancienne très mal isolée.

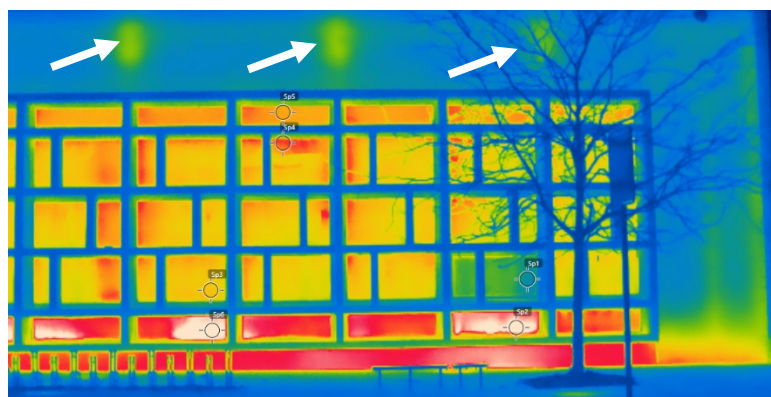
5.1. Salle de gymnastiques 1

L'analyse des déperditions extérieures met en évidence la mauvaise qualité des vitrages.



Images 01-02 : images IR extérieures salle de gymnastique 1

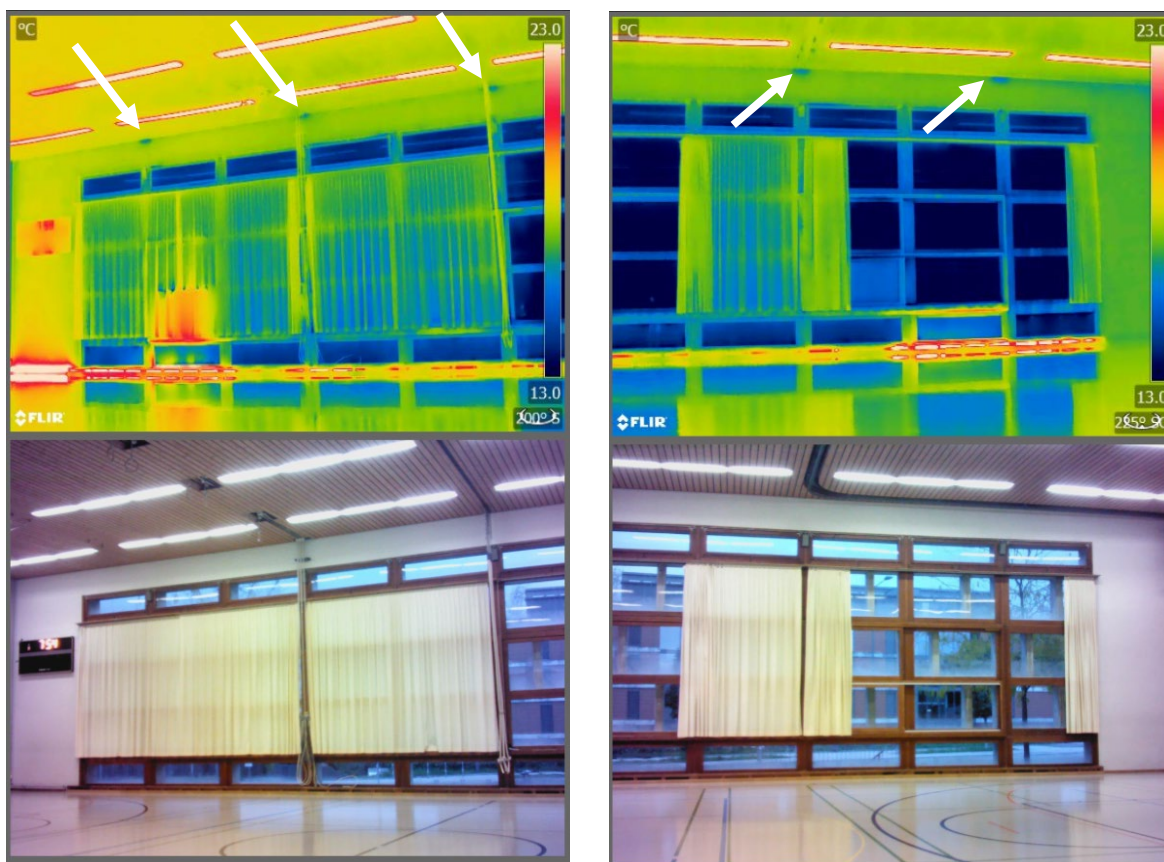
Dans le détail, les images infrarouges montrent d'importantes déperditions à l'endroit des parties vitrées. A l'analyse on remarque une très importante déperdition au niveau des radiateurs situés au pieds des éléments de fenêtres Sp2 et Sp6 (rayonnement direct). Il est aussi remarquable de constater que la chaleur du rideau s'accumule au point haut Sp4.



Analyse des déperditions vers l'extérieur façade S-O salle de gym 1

Mesures	
Sp1	5.3 °C
Sp2	13.2 °C
Sp3	8.1 °C
Sp4	9.4 °C
Sp5	8.6 °C
Sp6	13.0 °C
Paramètres	
Emissivité	0.96
Temp. refl.	20.0 °C
Annotations de texte	
Ajouter une rangée	
Géolocalisation	
Boussole	21° N
Détails image	
Modèle appareil photo	FLIR T640bx
Série appareil photo	5991961
Objectif	FOL 13 mm
Résolution IR	640 x 480
Taille du fichier	1.3 Mo
Date de création	27.11.2020 07:06:43
Dernière modification	27.11.2020 16:04:30

Depuis l'intérieur, les verres et les cadres représentent les surfaces les plus froides. Des ponts thermiques sont relevés au niveau des poutres principales (flèches blanches).



Images 03-04 : images IR intérieures salle de gymnastique 1

Les images infrarouges montrent que les rideaux coupent un peu le rayonnement du froid vers l'intérieur dans la zone intermédiaire.

On comprend bien que la disposition des rideaux est esthétique et fonctionnelle, en laissant la liberté d'ouverture des impostes sur la dernière rangée du haut. Malheureusement le chauffage peut s'engouffrer entre le rideau et la façade vitrée. Les calories emprisonnées dans cette espace sont très vite dispensées vers l'extérieur et ne réchauffent pas l'intérieur de la salle. L'idéal aurait été que le rideau descende jusque devant le corps de chauffe afin d'émettre le rayonnement de chaleur vers l'intérieur.

5.2. Salle de gymnastiques 2 et 3 + réfectoire

L'analyse des déperditions extérieures met en évidence la mauvaise qualité des vitrages isolants. Plusieurs verres sont condensés (C). Le système de la façade vitrée est composé de profils en aluminium isolant avec un raster principal en poteau/traverse avec des cadres de fenêtres en profils à coupures thermiques de première génération des années 80, pas performants. Les cadres ouvrants ne sont pas étanches et représentent des ponts thermiques importants.



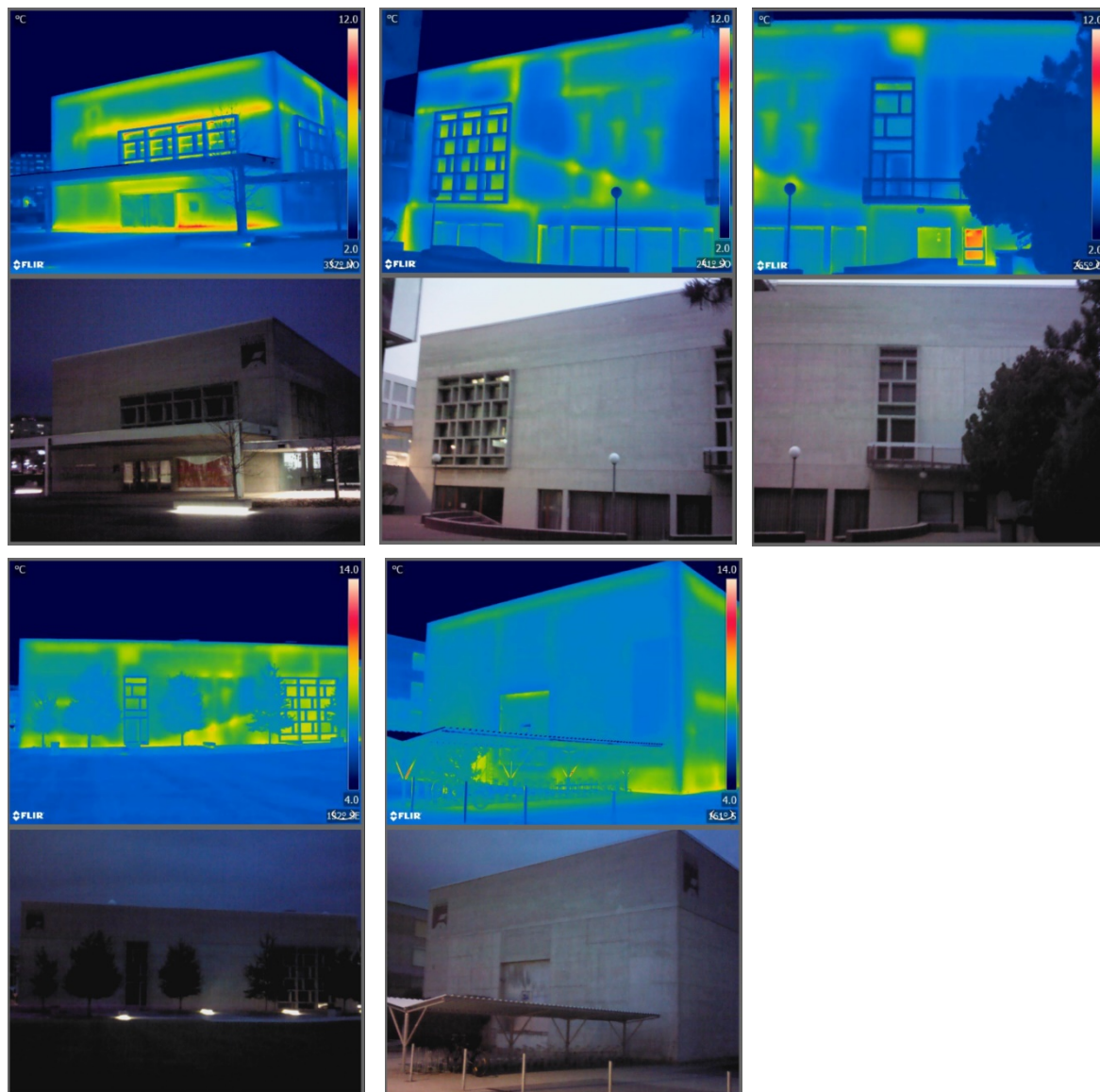
Images 05-07 : images IR extérieures salle de gymnastique 2 et 3 + réfectoire



Images 08-10 : images IR intérieures salle de gymnastique 2 et 3 + réfectoire

La liaison supérieure avec la toiture laisse apparaître un pont thermique continu. En cas de remplacement des éléments de façades par des façades très isolantes et très étanches à l'air, il y aura lieu de contrôler ces liaisons, et d'entreprendre des travaux pour éviter de la condensation et les problèmes qui y sont liés.

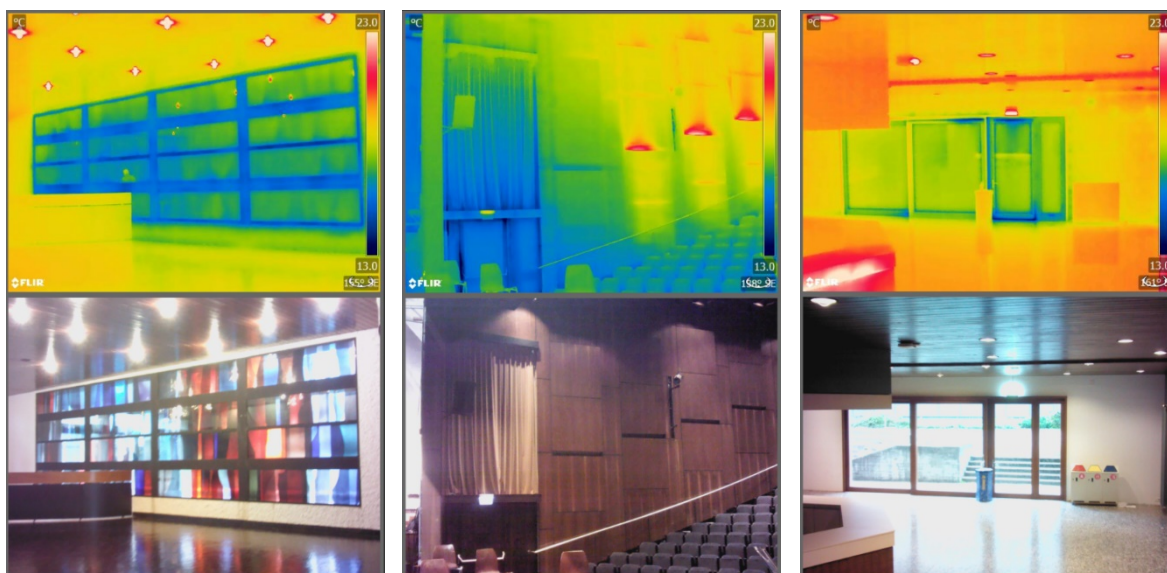
5.3. Théâtre



Images 11-15 : images IR à l'extérieur du théâtre

L'image 15 montre moins de déperdition car la scène est coupée par un rideau de l'ensemble de la salle. Cependant toutes les autres liaisons de dalles à la structure laissent apparaître des ponts thermiques depuis l'extérieur.





Images 16-21 : images IR à l'intérieur du théâtre

Les images infrarouges prises depuis l'intérieur confirment que les éléments de fenêtres sont les principaux vecteurs du froid vers l'intérieur.

L'image 21 très performante montre la différence avec les images 16 à 18. Seules des infiltrations d'air froid sont perceptibles sur les raccords de la porte fenêtre entre le cadre ouvrant et le cadre fixe.

6. Constat technique des façades vitrées

6.1. Les façades vitrées de la salle de gym 1

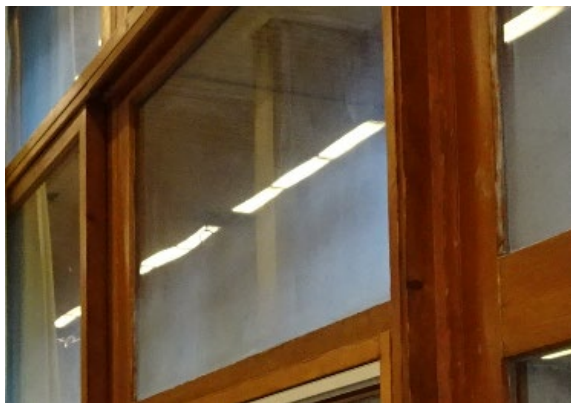
Le raster extérieur en béton fait office de brise-soleil horizontal et vertical. Avec un soleil au zénith ou rasant, ce système est très efficace (voir photo de droite ci-dessous). Dans le détail on remarque que le raster est composé de poteaux et traverses (piliers et poutres) de différentes dimensions.



Photos 01-02 : raster béton extérieur formant brise-soleil

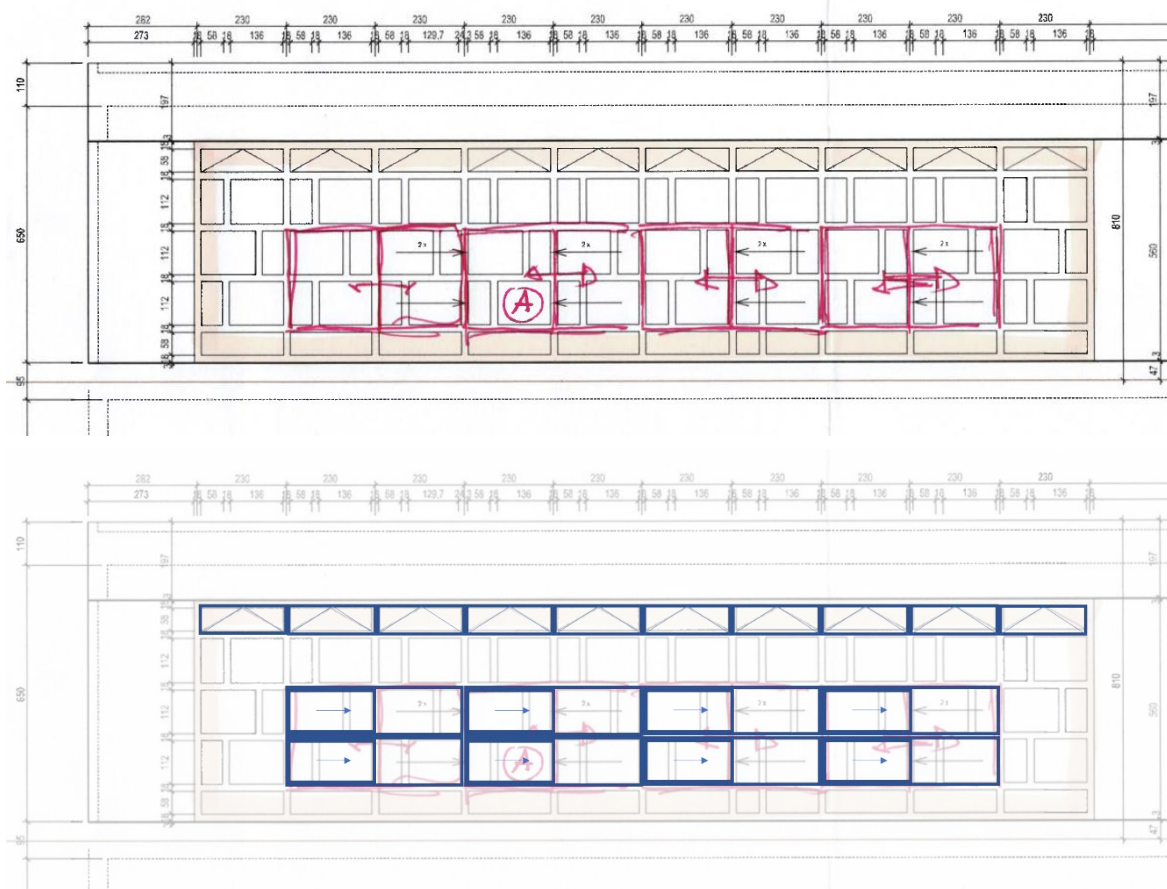


En raison des éclaboussures de chaux sur le bord des tablettes en béton contre le verre, la surface du verre a été attaquée et on constate une diminution de la transparence sur 100 à 200 mm des vides de lumière. Les cadres à l'extérieur sont aussi atteints.

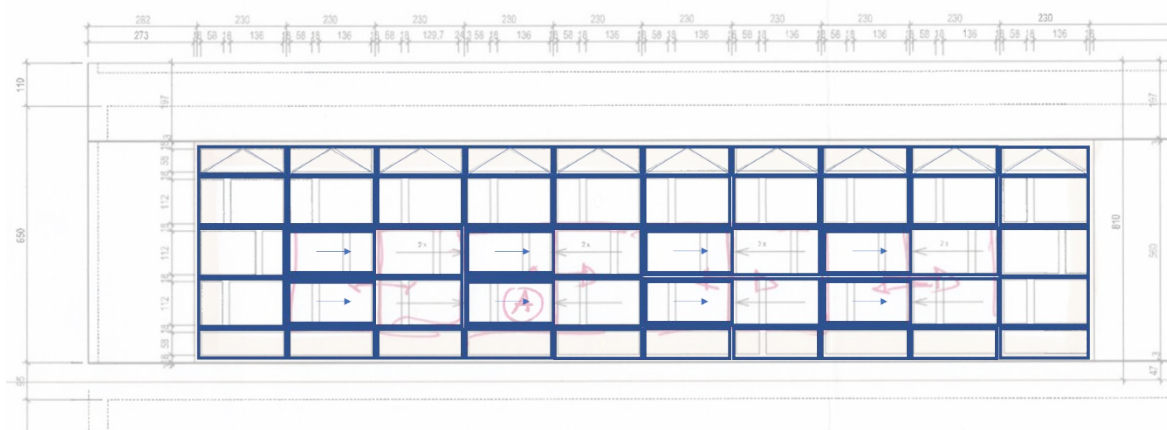


Photos 03-06 : raster béton extérieur formant brise-soleil

Du point de vue du fonctionnement et des systèmes d'ouverture, il est relevé que la ventilation est réalisée par des impostes supérieures motorisées et des coulissantes manuelles.



Gym 1 : système d'ouvertures



Gym 1 : élévation de l'intérieur

Le verre simple n'est pas du tout aux normes énergétiques et de sécurité. A ce sujet l'expert signale que la nouvelle norme SIA 2057 'Construction en verre' sera en vigueur depuis 2021. Cette dernière préconise des verres de sécurité en fonction de l'utilisation des lieux. Typiquement dans le cas d'une salle de gymnastique, il est conseillé de planifier des verres de sécurité tout hauteur côté intérieur, résistant aux chocs de ballons, étant entendu que l'extérieur est inaccessible pour des jeux.

6.2. Les façades vitrées de la salle de gym 2 et 3 + réfectoire

Il est relevé que les menuiseries plus récentes (1983) vers l'extérieur sont de type bois-métal. Comme le montre les images thermographiques intérieures et extérieures, les verres ne sont pas performants (sans couche basse émissivité), et plusieurs verres sont même condensés.

Du point de vue fonctionnelle et esthétique les façades s'apparentent à la salle de gym 1, mais avec une raster béton moins dense. Les éléments de fenêtre ont été renforcés à l'intérieur et les ouvrants à la française ne paraissent pas opportun avec l'ouverture sur l'intérieur.



Photo 07 : façade extérieure gym 3 N-E

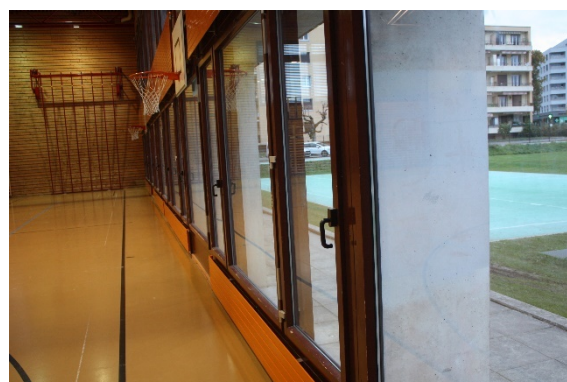
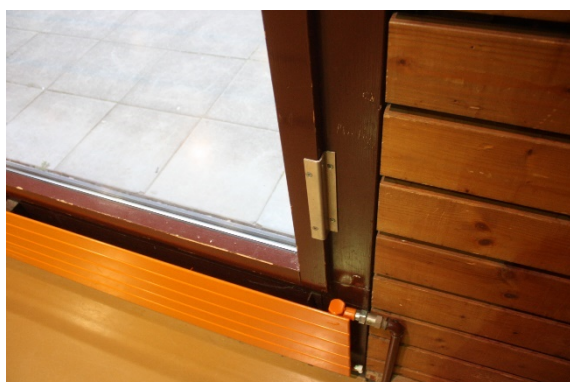


Photo 08-09 : renforcements / système d'ouverture des éléments de fenêtres gym 3 N-E

Les ouvrants en imposte supérieurs automatisés représentent une excellente solution pour la ventilation. Le remplacement des ouvrants à la française par des coulissants permettrait la création de courant d'air de bas en haut.

6.3. Les façades vitrées du théâtre

Les façades en bois vitrées du théâtre sont composées de cadre en bois dito la salle de gym 1 et de verres isolants de la première génération, sans couche basse émissivité. Les constats réalisés pour la salle de gym 1 au chapitre 6.1 sont valables aussi pour les éléments vitrés du théâtre.



Photos 10-11 : façade S-E et N-O du théâtre / raster béton dito la salle de gym 1



Photos 12-13 : façade S-E et N-O du théâtre / raster béton dito la salle de gym 1

Les éléments de fenêtres sont dans la même état que ceux de la salle de gym 1, plus ou moins attaqués par la chaux en fonction de l'orientation des façades aux intempéries.

Il est remarqué que certains éléments de fenêtres sont difficilement accessibles derrière les escaliers de liaison entre les étages



Photo 14 : accessibilité difficile derrière les escaliers

7. Autres désordres des façades

7.1. Les joints extérieurs

Avec le concept architectural particulier le raster en béton protège la façade vitrée du soleil et des intempéries. Ainsi les joints des éléments vitrés, complètement obsolètes, se trouvent aussi protégés et remplissent encore leur fonction. Cependant les joints exposés aux UV (Ultra-Violets) sont complètement dégradés par le rayonnement solaire. Il est conseillé de planifier leur remplacement dans le meilleur délai.



Photos 15-17 : joints exposés aux UV à remplacer

7.2. Fissures / infiltrations d'eau / étanchéité

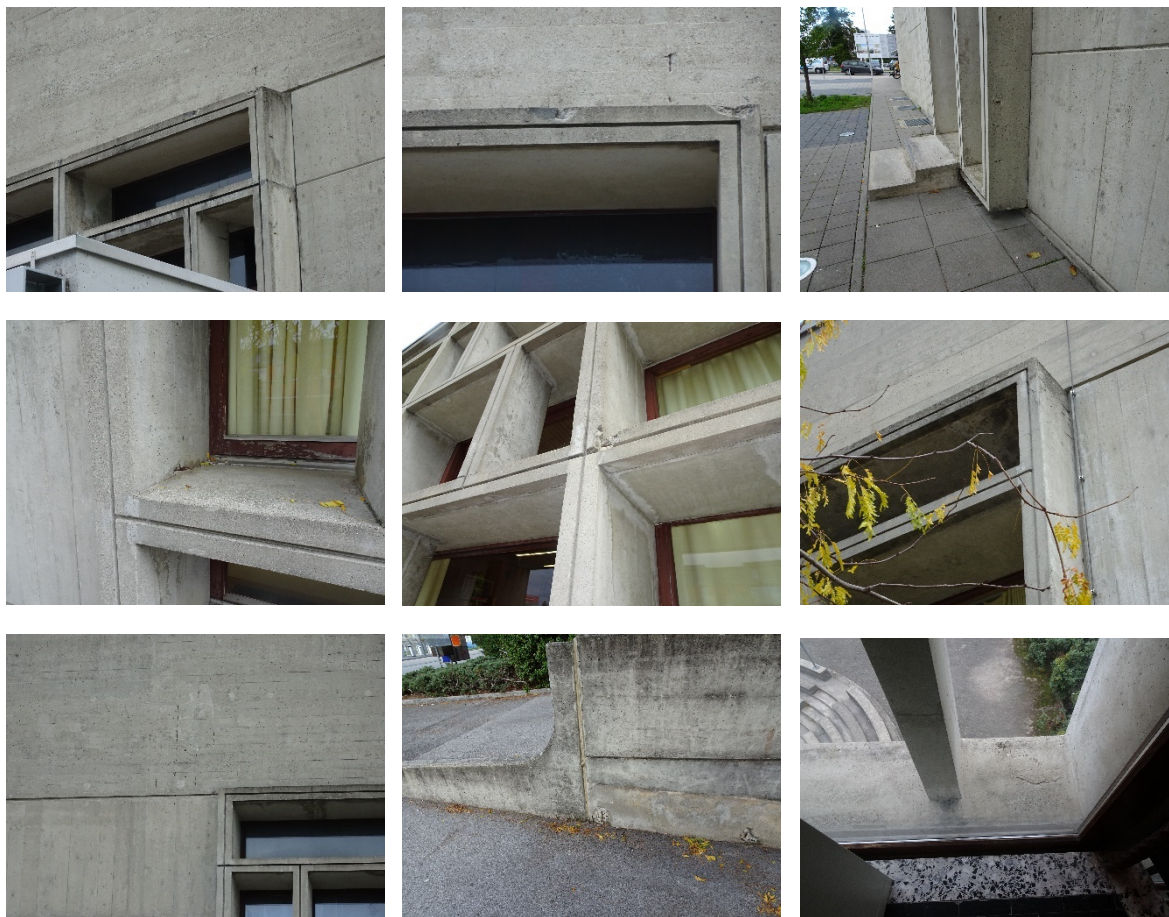
Durant la visite de nombreux désordres ont été recensés sur les parties en béton qui se traduisent par des fissures et des infiltrations d'eau. Ainsi les désordres de l'étanchéité de la terrasse qui conduit au théâtre en façade S-E provoquent d'importants dommages.



Photos 18-24 : fissures / infiltrations d'eau

7.3. Carbonatation

Tenant compte de l'âge du bâtiment,



Photos 25-33 : carbonatation du béton

8. Etat des toitures

Le présent rapport reprend l'état constaté des toitures dans les rapports EPIQR+ établis en 2013, à savoir :

- Toiture Théâtre Rénovation en 2008 avec 140 mm d'isolation
- Toiture Gym 1 : Toiture végétalisée rénovée en 2008. Selon les plans d'architecte, il y a des tôles isolées ou un plancher mixte (tôle et béton). La présence d'isolation n'est pas confirmée, mais estimée par rapport aux constructions de la même époque entre 40 (liège) et 80 mm (polyuréthane), et un complément qui a dû être mis en œuvre en 2008 pour atteindre la performance d'une isolation de 140 mm. Un sondage est préconisé pour vérifier cette hypothèse et l'état de l'isolation.
- Toitures Gym 2 et 3 / réfectoire / bureaux / couloir : aucun relevé est à disposition. Aucun désordre particulier n'a été relevé dans le rapport EPIQR+. Il est estimé que l'isolation correspond aux performances attendues au début des années 80, soit environ 80 à 100 mm d'isolation. Un sondage est préconisé pour vérifier cette hypothèse et l'état de l'isolation.

C04-03 Isolation thermique toiture

Type 3: Toit plat 100 %

Évaluation de l'isolation thermique de la toiture, recherche de ponts thermiques, appréciation du confort des combles, etc.

Description typologique

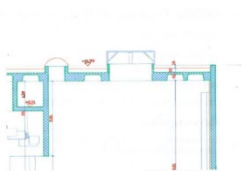
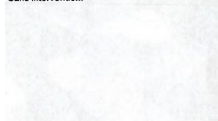
La toiture a été refaite avec les normes thermiques de 2008. L'isolation est de 14 cm.

Etat de dégradation ☒ a ☐ b ☐ c ☐ d

Isolation thermique d'épaisseur suffisante. Les exigences minimales actuelles sont assurées et la valeur limite ($U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$) selon SIA 380/1 est atteinte. Pas de dégât perceptible sur la sous-face de la dalle de toiture.

Travaux nécessaires ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

Sans intervention.



C03-01 Couverture toiture

Type 13: Toit plat végétalisé 100 %

Évaluation de l'étanchéité de l'usure de la surface de toiture et du confort thermique des locaux au dernier étage.

Description typologique

Toiture végétalisée rénovée en 2008.

Etat de dégradation ☐ a ☒ b ☐ c ☐ d

Toit plat étanche malgré quelques recouvrements desséchés. Quelques dalles cassées sur le cheminement.

Travaux nécessaires ☐ 1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4

Nettoyage et entretien de la végétation. Réfection des recouvrements. Remplacement des dalles cassées.



C03-01 Couverture toiture

Type 12: Toit plat non accessible 100 %

Évaluation de l'étanchéité de l'usure de la surface de toiture et du confort thermique des locaux au dernier étage.

Etat de dégradation ☐ a ☒ b ☐ c ☐ d

Toit plat étanche malgré quelques recouvrements desséchés. Couche de protection irrégulière, présence de mousse.

Travaux nécessaires ☐ 1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4

Réfection des recouvrements. Nettoyage et égalisation du gravier de protection, suppression de la mousse.



9. Proposition d'améliorations de l'enveloppe (façades et toitures)

9.1. Les façades

Après avoir pris en compte l'historique et l'état technique des composants de l'enveloppe existante (façades et toitures), l'expert propose d'examiner 4 solutions :

- Variante 1 : Remplacement de toute la façade vitrées (cadres et verres).
- Variante 1' : Remplacement uniquement des volumes de verres.
- Variante 2 : Remplacement des éléments de fenêtres vitrés + Isolation depuis l'intérieur + traitement de la carbonatation.
- Variante 3 : Remplacement des éléments de fenêtres vitrés + Isolation depuis l'extérieur
- Variante 4 : Variante 3 avec relookage depuis l'extérieur.

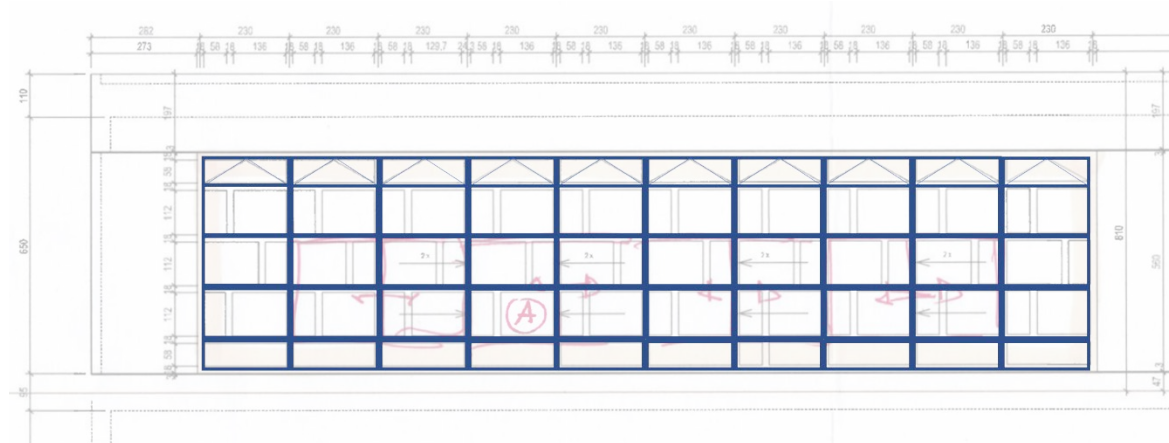
9.1.1. Variante 1 : Façades vitrées, remplacement total

La variante consiste au remplacement des éléments de fenêtre vitrés en bois, par de nouvelles menuiserie bois en triple vitrages avec pour objectif une valeur $U_w = 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, qui peut être obtenue comme suit :

- Valeur $U_g = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ et Valeur $U_f = 1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$
ou
- Valeur $U_g = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ et Valeur $U_f = 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$

L'expert part du principe que le raster en béton d'une profondeur de 600 mm fait office de brise-soleil suffisant durant les périodes estivales.

Après discussion avec le MO, une ventilation double flux a été mise en œuvre et ne justifie plus l'utilisation des coulisant intermédiaire qui sont déjà très compliqués à manœuvrer. Dès lors la nouvelle façade vitrée chiffrée se présente comme suit :



Gym 1 : nouveau système d'ouvertures de la variante 1

En raison du nouveau double flux, il est décidé de ne planifier que des éléments supérieurs motorisés en imposte pour palier à une éventuelle défaillance du système de ventilation.

Remarques :

L'expert conseille de réaliser un calcul de surchauffe lié à l'exposition de la façade S-O afin de déterminer si, malgré l'effet des brise-soleils, le nouveau verre doit aussi avoir des performances antisolaires (rajout d'une couche antisolaire), l'ajout d'une protection solaire n'étant pas imaginé en relation de la note 3 inscrite au recensement du patrimoine cantonal.

Le remplacement des éléments de façade vitrés beaucoup plus isolant et beaucoup plus étanches à l'air présente un risque non négligeable de condensation et des développements de moisissures

au niveau des ponts thermiques. L'expert préconise d'accompagner cette variante par l'isolation des parties pleines qui font l'objet de subventions non négligeables (20 à 30% du budget) ou au moins du traitement des ponts thermiques avec révision du système de ventilation afin d'éviter des problèmes de développement de moisissures et champignons dans l'avenir.

Non compris :

- Le traitement de la carbonatation du béton
- L'adaptation des corps de chauffe au pied de la façade à l'intérieur
- La réalisation de nouveaux rideaux à l'intérieur obligatoire contre l'éblouissement

9.1.2. Variante 1' : Façades vitrées, remplacement des volumes de verres

Cette variante prévoit de conserver les menuiseries bois en place, en réparant les parties de cadre ne bois les plus touchées par découpe et évacuation des parties obsolètes et remplacement par des nouvelles menuiseries intégrées dans les cadres existants, en particulier pour le pied de façade. Remplacement des coulissants par des parties fixes. Fourniture et pose de volumes de verres triple vitrage en lieu et place de simple verre (valeur $U_g = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$).

9.1.3. Variante 2 : Façades vitrées + Isolation intérieure + Carbonatation

En plus de la variante 1, cette variante propose d'isoler tous les murs pleins depuis l'intérieur par une isolation performante munie d'un pare-vapeur et un doublage en panneau à définir à l'intérieur. Cette solution permet de recréer ainsi un espace technique entre l'isolation et le revêtement pour permettre des adaptations techniques.

Les surfaces de béton sont reprises afin de traiter toutes les parties carbonatées. Une peinture incolore est appliquée afin d'améliorer le ruissellement des eaux des intempéries.

9.1.4. Variante 3 : Façades vitrées + Isolation extérieure + Carbonatation

En plus de la variante 1, cette variante propose d'isoler tous les murs pleins depuis l'extérieur par une isolation périphérique crépie, ou un rhabillage avec des panneaux en fibrociment pour rappeler la matérialité en place. Tous les éléments des rasters en béton ne forment pas de pont thermique sur les surfaces vitrées, mais uniquement en extrémité. Il est donc imaginé de traiter les éléments carbonatés des rasters uniquement. Sur les autres parties, l'isolation périphérique coupe directement le processus de carbonatation sans demander un traitement particulier, si ce n'est une peinture de protections sur les armatures visibles, avant la pose de l'isolation.

9.1.5. Variante 4 : Relookage

Le bâtiment étant classé note 3 au recensement du patrimoine du canton de Vaud, cette solution n'a pas été chiffrée pour le moment.

Cependant une proposition de mettre en œuvre une protection solaire extérieure contre l'éblouissement pourrait être suggérée car elle permettrait d'améliorer les conditions de surchauffe durant la période estivale.

9.2. Les toitures

Au sujet des toitures, il apparaît évident de planifier l'assainissement énergétique des différentes toitures dans le cadre des mêmes travaux afin de profiter des échafaudages et installations de chantier prévues pour les façades.

Le budget pour l'assainissement énergétique des toitures a aussi pour but de minimiser les ponts thermiques et d'éviter d'important problèmes de condensations et moisissures connus à ce jour, y compris corrosion des fixations des plafonds.

L'assainissement des toitures a été chiffré par zone comme suit :

- Gym 3
- Gym 2
- Gym 1
- Couloir
- Réfectoire
- Bureaux

Dans tous les cas, l'acrotère devra être repris (rénovation / chemisage) afin de prendre en compte l'épaisseur de l'isolation rajoutée en façade.

10. Budget

Les prix +/- 20% donnés ci-après sont donnés sur la base des rentrées de soumissions mensuelles et de notre expérience. Ils correspondent au prix du marché actuel.

THEATRE				
TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT ENERGETIQUE	MONTANT HT	MONTANT HT	MONTANT HT	MONTANT HT
	Variante 1	Variante 1'	Variante 2	Variante 3
	Façades vitrées	Façades vitrées	Façades vitrées	Façades vitrées
			Isolation intérieure	Isolation extérieure
			Carbonatation	Carbonatation
Désignation des travaux	+/- 20%	+/- 20%	+/- 20%	+/- 20%
GENERALITES				
Installations de chantier / échafaudage	21 000.00	21 000.00	152 000.00	76 000.00
Evacuation, tri, taxes de décharge p.m.	27 000.00	24 000.00	27 000.00	27 000.00
REMPLACEMENT FACADES VITREES				
F+P Nouvelle façade en bois	326 000.00	252 000.00	326 000.00	326 000.00
ISOLATION DES PARTIES PLEINES				
F+P isolation	0.00	0.00	87 000.00	87 000.00
F+P pare-vapeur + revêtement intérieur	0.00	0.00	243 000.00	0.00
F+P crépi extérieur	0.00	0.00	0.00	107 000.00
TRAITEMENT CARBONATATION				
Traitement des rasters betons	0.00	0.00	9 000.00	36 000.00
Traitement des surfaces pleines en béton	0.00	0.00	49 000.00	10 000.00
TOITURE				
Assainissement énergétique	0.00	0.00	241 000.00	241 000.00
FINITIONS + DIVERS ET IMPREVUS				
Raccords de façade / ferblanterie	18 000.00			28 000.00
Nettoyage	3 000.00	3 000.00	13 000.00	13 000.00
Divers & imprévus	37 000.00	15 000.00	40 000.00	30 000.00
TOTAL DES TRAVAUX SANS HONORAIRES	432 000.00	315 000.00	1 187 000.00	981 000.00

GYM 1				
TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT ENERGETIQUE	MONTANT HT	MONTANT HT	MONTANT HT	MONTANT HT
	Variante 1	Variante 1'	Variante 2	Variante 3
	Façades vitrées	Façades vitrées	Façades vitrées	Façades vitrées
	Remplacement façade	Remplacement verres	Isolation intérieure	Isolation extérieure
	totale (cadres + verres)	uniquement	Carbonatation	Carbonatation
Désignation des travaux	+/- 20%	+/- 20%	+/- 20%	+/- 20%
GENERALITES				
Installations de chantier / échafaudage	11 000.00	11 000.00	60 000.00	60 000.00
Evacuation, tri, taxes de décharge p.m.	14 000.00	12 000.00	14 000.00	14 000.00
REMPLACEMENT FACADES VITREES				
F+P Nouvelle façade en bois (cadres + verres)	144 000.00		144 000.00	144 000.00
F+P Nouveaux verres uniquement		114 000.00		
ISOLATION DES PARTIES PLEINES				
F+P isolation	0.00	0.00	63 000.00	0.00
F+P pare-vapeur + revêtement intérieur	0.00	0.00	176 000.00	0.00
F+P crépi extérieur	0.00	0.00	0.00	141 000.00
TRAITEMENT CARBONATATION				
Traitement des rasters betons	0.00	0.00	5 000.00	5 000.00
Traitement des surfaces pleines en béton	0.00	0.00	35 000.00	7 000.00
TOITURE				
Assainissement énergétique	0.00	0.00	299 000.00	299 000.00
FINITIONS + DIVERS ET IMPREVUS				
Raccords de façade / ferblanterie	0.00			16 000.00
Nettoyage	2 000.00	2 000.00	5 000.00	5 000.00
Divers & imprévus	9 000.00	1 000.00	40 000.00	35 000.00
TOTAL DES TRAVAUX SANS HONORAIRES	180 000.00	140 000.00	841 000.00	726 000.00

GYM 2				
TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT ENERGETIQUE	MONTANT HT	MONTANT HT	MONTANT HT	MONTANT HT
		Variante 1' Façades vitrées Remplacement verres uniquement	Variante 2 Façades vitrées Isolation intérieure Carbonatation	Variante 3 Façades vitrées Isolation extérieure Carbonatation
Désignation des travaux		+/- 20%	+/- 20%	+/- 20%
GENERALITES				
Installations de chantier / echafaudage	0.00	36 000.00	44 000.00	44 000.00
Evacuation, tri, taxes de décharge p.m.	0.00	13 000.00	0.00	0.00
REMPLACEMENT FACADES VITREES				
F+P Nouvelle façade en bois (cadres + verres)	0.00		150 000.00	150 000.00
F+P Nouveaux verres uniquement		119 000.00		
ISOLATION DES PARTIES PLEINES				
F+P isolation	0.00	0.00	21 000.00	0.00
F+P pare-vapeur + revêtement intérieur	0.00	0.00	59 000.00	0.00
F+P crépi extérieur	0.00	0.00	0.00	47 000.00
TRAITEMENT CARBONATATION				
Traitement des rasters betons	0.00	0.00	5 000.00	0.00
Traitement des surfaces pleines en béton	0.00	0.00	12 000.00	2 000.00
TOITURE				
Assainissement énergétique	0.00	0.00	212 000.00	212 000.00
FINITIONS + DIVERS ET IMPREVUS				
Raccords de façade / ferblanterie	0.00			23 000.00
Nettoyage	0.00	2 000.00	4 000.00	4 000.00
Divers & imprévus	0.00	3 000.00	25 000.00	24 000.00
TOTAL DES TRAVAUX SANS HONORAIRES	0.00	173 000.00	532 000.00	506 000.00
GYM 3				
TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT ENERGETIQUE	MONTANT HT	MONTANT HT	MONTANT HT	MONTANT HT
		Variante 1 Façades vitrées Remplacement façade totale (cadres + verres)	Variante 1' Façades vitrées Remplacement verres uniquement	Variante 2 Façades vitrées Isolation intérieure Carbonatation
Désignation des travaux		+/- 20%	+/- 20%	+/- 20%
GENERALITES				
Installations de chantier / echafaudage	0.00	36 000.00	44 000.00	44 000.00
Evacuation, tri, taxes de décharge p.m.	0.00	0.00	0.00	0.00
REMPLACEMENT FACADES VITREES				
F+P Nouvelle façade en bois (cadres + verres)	0.00		220 000.00	220 000.00
F+P Nouveaux verres uniquement		174 000.00		
ISOLATION DES PARTIES PLEINES				
F+P isolation	0.00	0.00	31 000.00	0.00
F+P pare-vapeur + revêtement intérieur	0.00	0.00	87 000.00	0.00
F+P crépi extérieur	0.00	0.00	0.00	70 000.00
TRAITEMENT CARBONATATION				
Traitement des rasters betons	0.00	0.00	7 000.00	0.00
Traitement des surfaces pleines en béton	0.00	0.00	17 000.00	2 000.00
TOITURE				
Assainissement énergétique	0.00	0.00	215 000.00	215 000.00
FINITIONS + DIVERS ET IMPREVUS				
Raccords de façade / ferblanterie	0.00			23 000.00
Nettoyage	0.00	2 000.00	4 000.00	4 000.00
Divers & imprévus	0.00	2 000.00	31 000.00	29 000.00
TOTAL DES TRAVAUX SANS HONORAIRES	0.00	214 000.00	656 000.00	607 000.00

REFECTOIRE - COULOIR - BUREAUX				
TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT ENERGETIQUE	MONTANT HT	MONTANT HT	MONTANT HT	MONTANT HT
	Variante 1	Variante 1'	Variante 2	Variante 3
	Façades vitrées	Façades vitrées	Façades vitrées	Façades vitrées
	Remplacement façade	Remplacement verres	Isolation intérieure	Isolation extérieure
	totale (cadres + verres)	uniquement	Carbonatation	Carbonatation
Désignation des travaux	+/- 20%	+/- 20%	+/- 20%	+/- 20%
GENERALITES				
Installations de chantier / échafaudage	0.00	34 000.00	29 000.00	29 000.00
Evacuation, tri, taxes de décharge p.m.	0.00	0.00	0.00	0.00
REMPLACEMENT FACADES VITREES				
F+P Nouvelle façade en bois (cadres + verres)	0.00		149 000.00	149 000.00
F+P Nouveaux verres uniquement		118 000.00		
ISOLATION DES PARTIES PLEINES				
F+P isolation	0.00	0.00	22 000.00	0.00
F+P pare-vapeur + revêtement intérieur	0.00	0.00	62 000.00	0.00
F+P crépi extérieur	0.00	0.00	0.00	50 000.00
TRAITEMENT CARBONATATION				
Traitement du béton apparent	0.00	0.00	5 000.00	0.00
Traitement des surfaces pleines en béton	0.00	0.00	12 000.00	2 000.00
TOITURE				
Assainissement énergétique	0.00	0.00	241 000.00	240 000.00
FINITIONS + DIVERS ET IMPREVUS				
Raccords de façade / ferblanterie	0.00			44 000.00
Nettoyage	0.00	2 000.00	2 000.00	2 000.00
Divers & imprévus	0.00	2 000.00	26 000.00	26 000.00
TOTAL DES TRAVAUX SANS HONORAIRES	0.00	156 000.00	548 000.00	542 000.00
TOTAL DES TRAVAUX SANS HONORAIRES	612 000.00	455 000.00	3 764 000.00	3 362 000.00
<i>Budget sans honoraires architectes et ingénieurs</i>				
<i>Subventions</i>			570 000.00	570 000.00

L'isolation des parking (plafonds et murs contre non chauffés) est estimée à HT 380'000.00 pour une subvention complémentaire de l'ordre de HT 150'000.00.

Les subventions ont été calculées sur la base des données du programme bâtiment de la DGE du canton de Vaud 2020, comme suit :

M01 : Isolation thermique

Montants octroyés Façade, du toit, de sol contre extérieur ; sol et mur enterrés à moins de 2 m

Coefficient d'isolation (W/m2K)

$U \leq 0.20$

$U \leq 0.15$

Murs et sols enterrés de plus de 2 m

Coefficient d'isolation (W/m2K)

$U \leq 0.25$

$U \leq 0.15$

Montant de la subvention

60.-/m2

+ 30.-/m2

Montant de la subvention

60.-/m2

+ 30.-/m2

M14 : Bonus pour rénovation globale de l'enveloppe du bâtiment (en complément à la mesure M01)

11. Préconisations

Au vu des constats effectués sur place, il est conseillé de s'intéresser non seulement à l'assainissement énergétiques des façades vitrées, mais aussi aux parties pleines en béton. L'image de garde est parlante, elle montre bien la différence de performance entre le bâtiment neuf qui vient d'être terminé à droite et la salle de gym1 à gauche. De plus, comme déjà observé dans la rénovation d'autres constructions, il s'avère que la mise en œuvre unique de façade très performante du point de vue de l'isolation et de la perméabilité à l'air peut provoquer des nouveaux problèmes de condensation et de moisissures au niveau des ponts thermiques. Il est donc conseillé d'isoler les parties pleines pour minimiser ces derniers.

Certaines images thermographiques montrent que des raccords sont sensibles et demandent des investigations supplémentaires, en particulier en cas de remplacement des façades vitrées uniquement, sans isolation des parties pleines.

Il est évident que l'assainissement global proposé (façades vitrées, façades pleines en béton et toiture) garantit un minimum de 50% d'économie d'énergie avec des subventions dotées à travers la condition d'éligibilité M14 'Bonus pour rénovation globale de l'enveloppe du bâtiment' d'un 'bonus pour l'efficacité de l'enveloppe du bâtiment' selon le programme bâtiment, en relation de la surface de référence énergétique.

Notre conseil est bien évidemment de prendre en compte la possibilité de réalisation d'un assainissement global permettant à la fois d'optimiser et rentabiliser les coûts des installations de chantier et de recevoir le maximum de subvention. Dans la prise de décision le Maître de l'Ouvrage doit aussi prendre en compte les frais d'entretien qui lui incombent dans tous les cas. L'investissement réel et donc finalement de l'ordre de 50% du budget pour retrouver des bâtiments valorisés conformes aux normes actuelles et au marché actuel.

Lausanne, le 16 décembre 2020.

BIFF SA

Romain Lüscher
Ingénieur civil HES
Ingénieur façade HSLU

BIFF SA

Laurent Félix
Ingénieur civil HES
Membre de la chambre d'experts UTS
+ SWISS EXPERTS

Annexes : planches photos