



« Pavillon encadrant le portail d'entrée »
Cl. Charon, 1978 - Médiathèque de l'Architecture et du Patrimoine,
D/1996/25/880

HÔTEL DE ROTHELIN-CHAROLAIS

Restauration du Clos et Couvert et amélioration énergétique
PHASE 1 - Ailes sur rue

PRO - DCE

D 05 - NOTICE THERMIQUE

Maîtrise d'ouvrage :

Services du Premier Ministre, Secrétariat Général du Gouvernement - Direction des services administratifs et financiers

Maîtrise d'œuvre :

Eugène Architectes du Patrimoine - Charlotte Hubert, Architecte en Chef des Monuments Historiques, Cabinet Pilté, économiste de la construction

Septembre 2024

Hôtel Rothelin-Charolais

Paris



Rapport de diagnostic d'amélioration thermique et confort

ESQ





SOMMAIRE

Sommaire	2
Objectif	3
Contexte et enjeux	3
1. Enjeux de l'opération	3
2. Contexte réglementaire	4
Détail de l'approche calculatoire statique	6
3. Synthèse des hypothèses	6
3.1 Etat de l'existant	6
3.2 Métrés	6
3.3 Performances de l'enveloppe thermique existante	6
3.4 Analyse des déperditions thermiques	7
4. Stratégie proposée	8
4.1 Intervention sur l'enveloppe thermique	8
4.1.1 Isolation des toitures	8
4.1.2 Menuiseries extérieures	12
4.2 Confort d'été	13
4.3 Performances de l'enveloppe thermique rénovée	15
4.3.1 Toiture	15
4.3.2 Menuiseries	15
4.3.3 Synthèse	15
Annexe : Reportage photos visite de site (23/02/2023)	16



OBJECTIF

Cette note s'inscrit dans le cadre de l'opération de restauration du clos-couvert de l'Hôtel Rothelin-Charolais, situé au 101 rue de Grenelle à Paris.

Elle fait état des observations faites durant cette phase de diagnostic, ainsi que de premières recommandations dans le but de renforcer la performance thermique du bâtiment ainsi qu'améliorer le confort des occupants.

L'approche proposée repose ainsi sur plusieurs étapes :

- Une phase de diagnostic visant à qualifier l'existant, sur la base de la visite de site effectuée,
- Une phase d'évaluation visant à estimer la répartition des déperditions thermiques par poste de l'enveloppe thermique pour l'état initial et pour l'état rénové.



CONTEXTE ET ENJEUX

1. ENJEUX DE L'OPERATION

Cette opération présente divers enjeux du point de vue environnemental :

- D'une part, améliorer la **performance thermique** de l'enveloppe pour réduire les déperditions et diminuer ainsi les besoins en chauffage (sobriété)
- Le renforcement de l'isolation de l'enveloppe permet d'améliorer le **confort d'hiver** des occupants (moins d'effet de paroi froide),
- Une meilleure maîtrise du **confort d'été** : il s'agit d'un enjeu majeur, plusieurs occupants ont fait remonter l'inconfort ressenti en période chaude.

De manière générale, cette opération de restauration doit s'inscrire pleinement dans une logique d'adaptation du bâti et de son usage aux effets du changement climatique.

Ce dernier est à la fois :

- Un enjeu local : quoi que nous fassions aujourd'hui, les vagues de canicule sont appelées à augmenter inéluctablement, aussi bien en intensité qu'en fréquence. Il convient donc dès à présent de réfléchir à des stratégies propices à assurer un confort estival durable (à horizon 2050 et au-delà) à leurs occupants, tout en limitant le recours à la climatisation.
- Un enjeu global : chaque projet doit prendre sa part dans l'atteinte de la neutralité carbone visée à horizon 2050, et donc dans la limitation des émissions de gaz à effet de serre, en minimisant son empreinte carbone afin de contribuer à la maîtrise de l'élévation des températures à la surface du globe. Le recours à des matériaux peu émissifs en gaz à effet de serre et la réduction des consommations énergétiques représentent dans cette optique, des objectifs incontournables.

2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

La RT existant, dite élément par élément, s'applique à l'opération, suivant l'arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.

Il est stipulé dans l'article 2 que lorsque des travaux d'installation ou de remplacement de l'isolation thermique sont entrepris sur une paroi, ceux-ci doivent être réalisés de telle sorte que la paroi isolée doit avoir une résistance thermique supérieure ou égale à la valeur minimale donnée. Depuis le 1^{er} janvier 2023, ces exigences de performance thermique minimale ont été revues à la hausse, comme suit (le projet se situant en zone H1A) :

PAROIS	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H1A, H1B, H1C	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H2A, H2B, H2C, H2D et zone H3, à une altitude supérieure à 800 mètres	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H3, à une altitude inférieure à 800 mètres	CAS D'ADAPTATION POSSIBLES
Murs en contact avec l'extérieur et rampants de toitures de pente supérieure à 60°	3.2	3.2	2.2	En zone H1, la résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 3,2 m².K/W dans les cas suivants : - dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation sont réalisés par l'intérieur ; - ou le système constructif est une double peau métallique.
Murs en contact avec un volume non chauffé		2.5		
Toitures terrasses	4.5	4.3	4	La résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 3 m².K/W dans les cas suivants : - l'épaisseur d'isolation implique un changement des huisseries, ou un relèvement des garde-corps ou des équipements techniques ;

PAROIS	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H1A, H1B, H1C	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H2A, H2B, H2C, H2D et zone H3, à une altitude supérieure à 800 mètres	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H3, à une altitude inférieure à 800 mètres	CAS D'ADAPTATION POSSIBLES
				- ou l'épaisseur d'isolation ne permet plus le respect des hauteurs minimales d'évacuation des eaux pluviales et des relevés ; - ou l'épaisseur d'isolation et le type d'isolant utilisé implique un dépassement des limites de charges admissibles de la structure.
Planchers de combles perdus		5.2		
Rampants de toiture de pente inférieure 60°	5.2	4.5	4	En zone H1, la résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 4 m².K/W lorsque, dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation entraînent une diminution de la surface habitable des locaux concernés supérieure à 5 % en raison de l'épaisseur de l'isolant.
Planchers bas donnant sur local non chauffé ou extérieur	3	3	2.1	La résistance thermique minimale peut être diminuée à 2.1 m².K/W pour adapter l'épaisseur d'isolant nécessaire à la hauteur libre disponible si celle-ci est limitée par une autre exigence réglementaire.

Par ailleurs, il est aussi précisé que les travaux d'isolation des murs par l'extérieur ne doivent pas entraîner de modifications de l'aspect de la construction en contradiction avec les protections prévues pour les secteurs sauvegardés, les sites inscrits et classés et les abords des monuments historiques.

Aucune isolation des murs par l'extérieur ne sera réalisée dans le cadre de l'opération.

Pour les parties vitrées :

TYPE DE PAROI VITRÉE	PERFORMANCE THERMIQUE
Fenêtres de surface supérieure à 0,5m², portes-fenêtres, double fenêtres, façade rideaux	$U_w \leq 1.9 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Porte d'entrée de maison individuelle donnant sur l'extérieur	$U_d \leq 2 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Verrière	$U_{cw} \leq 2.5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Véranda	$U_{véranda} \leq 2.5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Pour le secteur du bâtiment, la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) implique de viser une réduction des émissions de 95% par rapport à 2015, pour être compatible avec l'objectif de neutralité carbone.

Les niveaux définis par la réglementation thermique de l'existant s'avèrent globalement insuffisants pour atteindre une neutralité carbone. Nous recommandons d'être plus ambitieux que ces minima réglementaires, pour une intervention pérenne et efficace dans le temps, quand les conditions de mise en œuvre et contraintes patrimoniales le permettent.



DETAIL DE L'APPROCHE CALCULATOIRE STATIQUE

3. SYNTHÈSE DES HYPOTHÈSES

3.1 ÉTAT DE L'EXISTANT

Type de bâtiment	Hôtel particulier classé monument historique, utilisé par 2 ministères (usage bureaux)
Nombre de niveau	Bâtiment R+3
Isolation	Absence d'isolation
Type de menuiserie	Double vitrage ancien (~1989) sur la quasi-totalité de l'enveloppe, hormis quelques simples vitrages ponctuellement

3.2 MÉTRES

Les métrés ont été réalisés à partir des plans envoyés par Eugène Architectes le 03/03/2023.

SDP	3329 m ²
-----	---------------------

Parois

Murs extérieurs pierre - façades	2024 m ²
Plancher bas sur LT	1389 m ²
Plancher bas contre terre	333 m ²
Toitures	1664 m ²
Menuiseries extérieures DV (double vitrage)	695 m ²
Menuiseries extérieures SV (simple vitrage)	22 m ²
Volume	11760 m³

Ponts thermiques

Angle sortant	71 ml
Angle entrant	20 ml
Plancher haut pente	239 ml
Plancher bas sur terre-plein	47 ml
Plancher bas sur sous-sol	311 ml
Plancher intermédiaire	435 ml

Nota : une hypothèse simplificatrice a été considérée, compte tenu de la complexité de la géométrie de toiture : angle de rampant considéré entre 35° et 45°, pour une profondeur moyenne de bâti de l'ordre de 10m.

3.3 PERFORMANCES DE L'ENVELOPPE THERMIQUE EXISTANTE

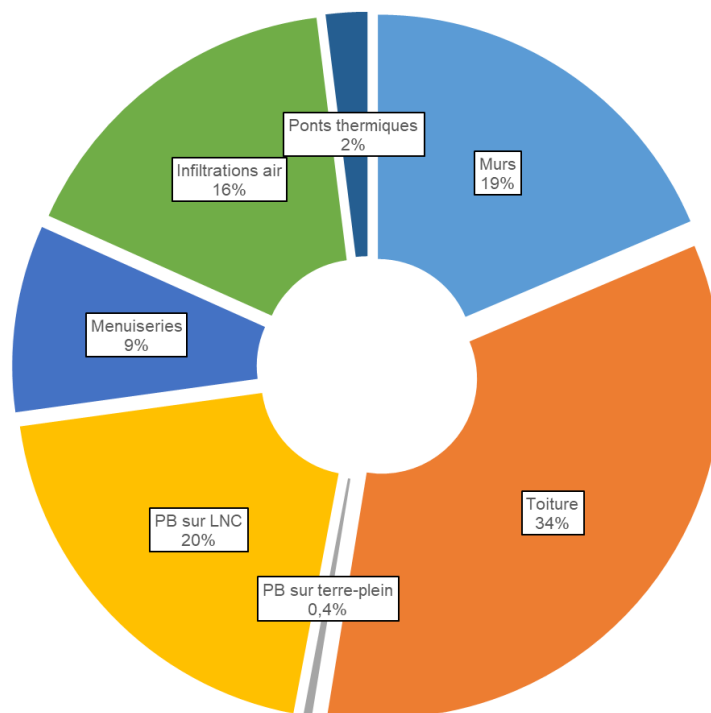
	U (W/m ² /K)	Description
Murs extérieurs pierre - façades	2,2	50cm de pierre
Planchers bas sur LT	3,5	20cm de béton armé
Planchers bas contre terre	0,3	20cm de béton armé (+ prise en compte des effets de sol)
Planchers hauts / Toitures	5	Rampants non isolés, sous couverture
Menuiseries extérieures double vitrage (DV)	3	Menuiseries datant a priori de 1989 Valeur issue des règles ThU-Ex pour les bâtiments existants
Menuiseries extérieures simple vitrage (SV)	6	6 fenêtres en simple vitrage

Hypothèse : Les infiltrations d'air sont considérées à un taux de 1 vol/h.

3.4 ANALYSE DES DEPERDITIONS THERMIQUES

Il ressort globalement du diagnostic initial de l'enveloppe, le niveau global d'isolation du bâti est de mauvaise qualité, ce qui est logique au regard de l'absence ou presque d'isolation du bâti.

La répartition globale des déperditions est la suivante :



Partant de ce constat, une action la plus ample possible sur l'enveloppe s'avère nécessaire pour être en mesure de maîtriser au mieux les consommations de chauffage du bâtiment. Par ordre décroissant, les postes de déperditions thermiques de l'enveloppe sont les suivants :

1. Toitures : elles représentent près de 35% des déperditions, ce qui constitue le principal poste de déperditions. **L'amélioration thermique du clos-couvert doit donc être menée en priorité au niveau des toitures.**
2. Planchers bas : ils représentent environ 20% des déperditions
3. Murs extérieurs : ils représentent aussi environ 20% des déperditions.

Ces trois premiers postes de l'enveloppe pèsent ainsi pour les $\frac{3}{4}$ des déperditions de l'enveloppe.

Cependant, aucune intervention ne peut être envisagée à ce stade sur les postes n°2 et 3 :

- Les murs extérieurs ne peuvent effectivement être isolés ni par l'extérieur (aspect patrimonial) ni par l'intérieur (préservation des décors et ornements),
- Pour aller le plus loin possible dans le renforcement de la qualité thermique du bâti, une isolation des planchers bas des espaces chauffés du RDC serait à prévoir, en sous-face de dalle (type flocage ou panneau de polystyrène expansé). Mais cela s'avère difficile à mettre en œuvre étant donné les problèmes d'humidité observés mais aussi de passage de réseaux.

Dans le cadre où le périmètre de rénovation du bâtiment venait à intégrer par la suite une révision des équipements techniques et donc des cheminements de réseaux et câbles en sous-sol, alors une isolation pourrait être envisagée, suivant ces prescriptions :

- Flocage type Isotherm (EURISOL) -12cm – $R = 3,15 \text{ m}^2.\text{K/W}$
- Isolation polystyrène sous dalle type RavathermXPS – 10cm - $R = 3,50 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Concernant les menuiseries extérieures, ce poste représente environ 10% des déperditions, sachant que la faible qualité d'étanchéité à l'air des menuiseries engendre des fuites d'air parasites, qui sont prises en compte dans le poste infiltrations d'air. Donc au global, l'intervention sur les menuiseries extérieures peut agir sur plus de 15% des déperditions de l'enveloppe.

Une restauration du clos-couvert portant sur une amélioration thermique de la toiture ainsi que des menuiseries extérieures, comme envisagé dans le bouquet de travaux proposé lors de cette phase diagnostic, permet d'agir sur la moitié des déperditions thermiques de l'enveloppe du bâti existant.

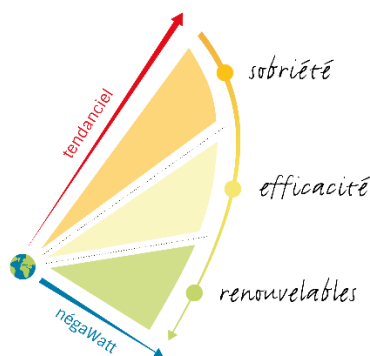
La moitié des déperditions restantes n'étant pas sujette à action dans l'immédiat, pour les raisons évoquées ci-dessus.

4. STRATEGIE PROPOSEE

4.1 INTERVENTION SUR L'ENVELOPPE THERMIQUE

La performance énergétique du projet représente un enjeu de maîtrise des consommations et des charges associées.

Cela passe en premier lieu par une recherche de sobriété énergétique (l'énergie la moins coûteuse est celle que l'on ne consomme pas). Ainsi, il convient de minimiser les besoins énergétiques du projet au travers d'une bonne qualité d'isolation de l'enveloppe thermique et de la fermeture de l'enveloppe thermique (ce qui revient à assurer la continuité de l'isolation sur le périmètre du volume chauffé).



© Association négaWatt - www.negawatt.org

Illustration de la démarche Négawatt

L'objet de cette section est de fixer les performances thermiques des différents éléments constitutifs de l'enveloppe.

Définition des paramètres à respecter :

- U [$W/m^2.K$] : coefficient de transmission surfacique y compris les résistances superficielles et ensemble des détails d'accroche et de fixation des isolants et des finitions,
- R [$m^2.K/W$] : résistance thermique minimale du matériau hors résistances superficielles de paroi,
- λ [$W/m.K$] : conductivité thermique du matériau (donnée à titre indicative, seule la résistance thermique validée),
- ep [cm] : épaisseur des couches d'isolant.

Les performances thermiques des isolants (résistance thermique) devront être certifiées (ACERMI, CSTBat, document d'avis technique, document technique d'application, etc.).

4.1.1 ISOLATION DES TOITURES

Comme nous l'avons vu précédemment, les toitures représentent près de 35% des déperditions du bâti existant, ce qui constitue le principal poste de déperditions. L'amélioration thermique du clos-couvert doit donc être menée en priorité au niveau des toitures.

Il s'agit en effet de l'organe le plus sollicité thermiquement. Elles occasionnent à la fois le plus de déperditions calorifiques en hiver (par stratification de l'air chaud) et le plus de risques de surchauffe en été. Ce ressenti de chaleur important a été relevé au sein des bureaux du R+3 et confirmé par quelques occupants interrogés à ce sujet.

La solution retenue doit donc apporter une réponse à ces deux exigences saisonnières.

Conformément à la RT existant élément par élément, les travaux d'isolation entrepris doivent assurer une résistance thermique minimale $R \geq 5,2 m^2.K/W$.

La bonne pratique pour des toitures sous rampants, par ailleurs dans des dispositifs tels que MaPrimeRénov, est de viser un $R \geq 6 m^2.K/W$.

La nature de l'isolant et la qualité de sa mise en œuvre sont essentielles.

Pour l'hiver, il convient de choisir un isolant ayant :

- Une conductivité thermique faible,
- Une épaisseur suffisante pour atteindre la performance thermique visée.

Pour l'été, cet isolant devra répondre en outre à deux autres objectifs :

- Une réduction d'amplitude entre les températures extérieures et intérieures, en choisissant un matériau isolant présentant une capacité thermique (pc) élevée permettant de stocker suffisamment de calories,
- Une capacité de déphasage (ralentissement du flux de chaleur) afin que la chaleur de la journée arrive à l'intérieur lorsque la fraîcheur de la soirée permet de tempérer les espaces intérieurs.

Notre prescription se porte vers une isolation à base de fibres de bois car elle présente à notre sens le meilleur compromis entre qualité d'isolation thermique, contribution au confort d'été (pour retarder la montée en température des volumes sous combles) et matériau biosourcé (puits de carbone).



Nous privilégions ainsi un produit compressible, afin de faciliter la mise en œuvre, en apportant un soin tout particulier à la continuité de l'isolant.

Avec un isolant disposant d'un $\lambda = 0,038 \text{ W/m/K}$, l'atteinte d'une résistance thermique $R \geq 6 \text{ m}^2\text{K/W}$ nécessite la mise en œuvre de 24cm d'épaisseur d'isolant de fibres de bois.

Extrait de l'ACERMI de l'isolant FLEX 40 du fabricant ISONAT :

CONDUCTIVITÉ THERMIQUE CERTIFIÉE : $\lambda_p = 0.038 \text{ W/(m.K)}$

Certified thermal conductivity:

	Résistance thermique - Thermal resistance										
Épaisseur (mm)	40	45	50	60	70	80	100	120	140	145	160
R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	1,05	1,15	1,30	1,55	1,80	2,10	2,60	3,15	3,65	3,80	4,20
Épaisseur (mm)	180	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R ($\text{m}^2\text{K/W}$)	4,70	5,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2*120mm d'isolant permet d'obtenir un $R = 6,30 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Une option avec isolation des combles par l'intérieur implique de travailler par l'intérieur, donc en immobilisant l'ensemble des locaux occupés sous comble et des travaux intérieurs dans ces locaux avec modification de la volumétrie intérieure. En effet, il ne sera pas possible de mettre en place un complexe isolant de 24 cm par l'extérieur sans modifier la géométrie des couvertures qui sont classées.

Étapes de mise en œuvre du système



*Cas 1 : Un écran HPV est déjà présent : l'isolant peut être en contact avec l'écran, selon le CPT 3560_V2

Cas 2 : Il n'y a pas d'écran HPV d'installé, il faut alors veiller à laisser une lame d'air de 2 cm entre l'isolant et la couverture selon le CPT 3560_V2 pour assurer une bonne ventilation

HPV : Haute Perméabilité à la vapeur d'eau sans ventilation en sous face.



La pose de profilés est recommandée entre la membrane et la plaque de plâtre.

Solution alternative :

Une option avec isolation par l'extérieur, qui valorise le fait que les couvertures seront refaites à neuf étant donné qu'elles sont en mauvais état de conservation.

Dans ce cadre, l'enjeu est de recourir à un isolant avec une épaisseur moindre n'impliquant pas de changement de la géométrie des couvertures existantes. Nous avons identifié une gamme d'isolant mince Triso-Toiture du fabricant ACTIS, permettant d'atteindre un $R = 6,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ avec 2 couches d'isolant mince de 85mm (soit 170mm d'isolant) :

- La première est disposée entre chevrons et intègre un pare-vapeur,
- La seconde est utilisée comme écran de sous-toiture

Extrait du descriptif technique du produit Triso-Toiture :

Triso-Toiture





DIMENSIONS

Surface : 16 m²

Largeur : 1,6 m*

Longueur : 10 m

Masse surfacique : 680 g / m² (+/- 5%)

Épaisseur Triso Hybrid[®] : 85 mm (+/-10 mm)

Épaisseur Boost'R Hybrid[®] : 85 mm (+/-10 mm)

*dont 0,1 m de languette débordante adhésive



PERFORMANCE
EN 16012
+A1
CERTIFIÉE



MA PRIME RÉNOV CEE
ÉLIGIBLE



CE
17
EN 13859-1 : 2010
EN 13859-2 : 2010



TECHNOLOGIE
BREVETÉE



FABRIQUÉ
EN
FRANCE



CE
17
EN 13984 : 2013

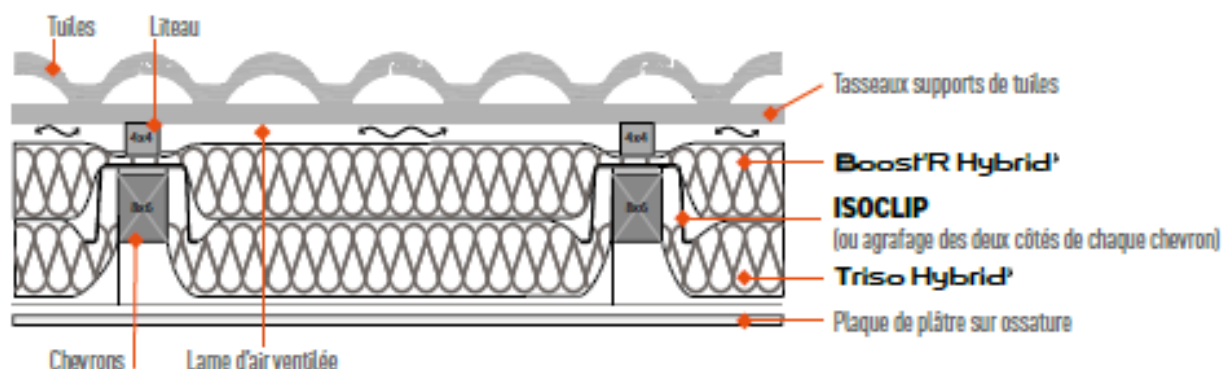
RÉSISTANCE THERMIQUE
NF EN 16012+A1 / NF EN ISO 6946 **

$R \geq 6,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Emissivité des films externes :
Boost'R Hybrid[®] : 0,08 / 0,9
Triso Hybrid[®] : 0,05 / 0,05

** Rapport KTU n° 091 SF/22

Coupe de principe :



L'avantage de cette solution est sa mise en œuvre facile (souplesse, légèreté) couplée à un gain d'épaisseur permettant de limiter la réhausse de toiture.

Toutefois, dans une vision globale et multi-critères entre les 2 solutions, contrairement à une solution à base de fibres de bois, il ne s'agit pas d'un matériau biosourcé (le produit ne dispose pas non plus de FDES permettant de déclarer son analyse de cycle de vie), il ne dispose pas d'un certificat ACERMI et enfin, sa capacité de déphasage (contribution au confort d'été) sera vraisemblablement amoindrie (manque de toutes les données techniques de la part du fabricant à ce sujet).

Nota : Il est important en couverture, de veiller à réserver un espace ventilé de 20mm au minimum entre la face inférieure du linteau de support de couverture et la couche extérieure d'isolant.

La comparaison entre solutions sera poursuivie et approfondie en phase avant-projet, pour aide à arbitrage, sur la base de détails de mise en œuvre, de discussions avec les fabricants ainsi qu'avec la Maîtrise d'Ouvrage.

4.1.2 MENUISERIES EXTERIEURES

Le double vitrage existant aujourd'hui s'avère de faible qualité thermique (double vitrage ancien, environ 3 fois moins performant que les doubles vitrages actuels) et relativement mince (de l'ordre de 10mm).

Dans une logique d'amélioration thermique du clos-couvert et de sobriété énergétique, nous recommandons de maximiser, quand cela est faisable (architecturalement, financièrement...), le remplacement des vitrages de manière à renforcer significativement la performance des vitrages ainsi que réduire les déperditions liées aux infiltrations d'air, du fait des défauts d'étanchéité à l'air.

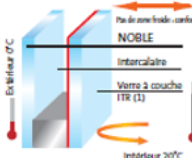

Dans un souci de cohérence des menuiseries à l'échelle globale, l'objectif de notre équipe serait de cibler une épaisseur de double vitrage de 12mm, aussi bien pour les menuiseries « anciennes » restaurées et adaptées que pour les menuiseries remplacées en 1989 avec double vitrage et parclores extérieures.

De manière à respecter le garde-fou réglementaire de performance $U_w \leq 1,9 \text{ W/m}^2/\text{K}$, nous visons une performance thermique de vitrage $U_g \leq 1,5 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

Différents produits sont envisagés à ce stade. Ce choix sera affiné et approfondi en phase avant-projet.

La verrerie de Saint-Just propose une gamme NOBLE de verres de restauration étirés, qui combinent qualité esthétique et performance.

Un produit de type CLIMAPLUS NOBLE ULTRA en épaisseur 12mm permettrait d'atteindre un $U_g = 1,5 \text{ W/m}^2/\text{K}$ (la gamme CLIMAPLUS NOBLE ne le permet pas, une isolation thermique renforcée s'avère nécessaire pour respecter le garde-fou de la RT existant élément par élément).

Produits	Schémas	Avantages	Epaisseur en mm (+/-1)	U _g selon EN673	U _g selon EN674		RW (EN717-1)	Dimension maxi	Protection à l'effraction (EN356)
Verre étiré monté en vitrage isolant : Isolation thermique Renforcée avec CLIMAPLUS® NOBLE									
CLIMAPLUS® NOBLE Noble/intercalaire noir/verre à couche ITR(1)		<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des coûts de chauffage • Réduction de l'effet de paroi froide • Réduction de la condensation • Meilleure durabilité des menuiseries Intérieures 	13	2,5	2	-	30	1600 x 1500	
			15	2,1	1,7	-	30	1600 x 1500	
			17	1,7	1,5	-	30	1600 x 1500	
			23	1,4	1,1	-	30	1600 x 1500	
			14,5	2,5	2	-	30	2100 x 1500	
			16,5	2,1	1,7	-	30	2100 x 1500	
			18,5	1,7	1,5	-	30	2100 x 1500	
			24,5	1,4	1,1	-	30	2100 x 1500	
CLIMAPLUS® NOBLE PROTECT Noble/intercalaire noir/ verre à couche ITR (1) feuilleté		<ul style="list-style-type: none"> + Protection renforcée contre la tentative d'effraction + Protection anti UV 	16	2,5	2	-	33	1600 x 1500	P1A
			18	2,5	2	-	34	1600 x 1500	P2A
			17,5	2,5	2	-	33	2100 x 1500	P1A
			19,5	2,5	2	-	34	2100 x 1500	P2A
CLIMAPLUS® NOBLE ULTRA  Noble/intercalaire teinte RAL/ verre à couche ITR (1)		<ul style="list-style-type: none"> • Meilleur compromis entre performance thermique et épaisseur 	10	-	-	1,9	29	1600 x 750	
			12	-	-	1,5	29	1600 x 1500	
			14	-	-	1,2	29	1600 x 1500	
CLIMAPLUS® NOBLE ULTRA PROTECT Noble/intercalaire teinte RAL/ verre à couche ITR(1) feuilleté		<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des coûts de chauffage • Protection renforcée contre la tentative d'effraction • Épaisseur réduite 	14	-	-	1,9	33	1600 x 750	P1A
			16	-	-	1,4	33	1600 x 1500	P1A
			18	-	-	1,2	33	1600 x 1500	P1A

Une autre solution envisageable est la gamme de verre Monastic développée par MP VITRAGE, avec la référence MV12 disposant d'un $U_g = 1,4 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

MONASTIC® 3 MM								
GAMME	RÉFÉRENCE	ÉPAISSEUR (en mm)	Ug*	BLOCAGE UV	SÉCURITÉ PERSONNE	EFFRACTION	ACOUSTIQUE RENFORCÉE	FORMAT MAXI (en mm)
Simple	MS3	3	5,7					2000 x 1000
Feuilleté	MF6	6,5	5,7	oui	1B1	P1A	oui	2000 x 1200
Double-vitrage	MV10	10	1,9					800 x 600
	MV12	12	1,4					1000 x 750
	MV14	14	1,2					1600 x 600
Double-vitrage + feuilleté	MVF11	11,5	1,9	oui	2B2		oui	800 x 600
	MVF13	13,5	1,9	oui	1B1	P1A	oui	1000 x 750
	MVF15	15,5	1,9	oui	1B1	P2A	oui	1000 x 750
	MVF13-6	13,5	1,4	oui	2B2		oui	800 x 600
	MVF15-6	15,5	1,4	oui	1B1	P1A	oui	1000 x 750
	MVF17-6	17,5	1,4	oui	1B1	P2A	oui	1000 x 750

Si l'économie de projet le permet, le remplissage entre vitres pourrait également être effectué avec du krypton au lieu de l'argon (ce gaz est encore moins convectif, ce qui réduit encore plus les déperditions thermiques), pour aboutir à de meilleures performances thermiques de doubles vitrages.

4.2 CONFORT D'ÉTÉ

Au-delà du renforcement de la performance thermique de l'enveloppe, l'amélioration du confort d'été des occupants nous semble également un enjeu primordial, d'autant plus dans un contexte de réchauffement climatique s'accompagnant de canicules plus fréquentes et plus intenses.

De multiples typologies de protections / occultations ont été recensées, ce qui constitue une forte disparité mais globalement, les dispositifs sont relativement efficaces, notamment sur la façade côté jardin qui est la plus exposée (orientation Sud / Sud-Ouest, avec peu de masques proches).

Le choix des protections solaires doit favoriser des solutions extérieures et perméables : c'est-à-dire favoriser les solutions qui permettent de se protéger du soleil tout en gardant accès aux vues, à la lumière et à la ventilation naturelle (le confort, c'est aussi de ne pas être obligé de travailler dans le noir pour ne pas avoir trop chaud)

De ce point de vue, le recours aux **stores à projection** nous semble particulièrement judicieux et à généraliser autant que possible (notamment : salon H002, salle des glaces C-H01, qui sont les seules salles côté jardin à ne pas bénéficier d'une protection solaire extérieure).



Pour élargir le sujet de la stratégie de confort d'été, une fois traités les sujets de l'isolation thermique des toitures et de l'efficacité de la protection solaire, les autres axes stratégiques que nous souhaitons déployer sont les suivants :

- Remise en fonctionnement des **impôtes ouvrantes** au RDC, partout où elles existent, afin d'offrir une capacité de décharge thermique par ventilation naturelle via les impôtes,
- **Sensibilisation des occupants** sur la bonne utilisation des stores à projection : ceux-ci sont peu utilisés voire cassés pour certains. Le besoin de pérennité et de performance de l'ouvrage nous pousse en effet à replacer l'utilisateur au cœur de la performance environnementale et à appliquer les bonnes pratiques non seulement pour assurer son confort d'usage mais aussi limiter les consommations de ressources du bâtiment,
- En période chaude, encouragement au **recours aux brasseurs d'air sur pied**, plutôt que la climatisation active.

Les brasseurs d'air représentent un moyen efficace, facile à intégrer et peu coûteux pour améliorer le confort ressenti des usagers tout en évitant l'emploi de climatisation énergivore (le travail sur les vitesses d'air donne plus de tolérance au niveau de la température). Il s'agit d'un véritable dispositif d'adaptation au changement climatique à long terme, dans une stratégie de confort d'été passif.

4.3 PERFORMANCES DE L'ENVELOPPE THERMIQUE RENOVEE

4.3.1 TOITURE

Avec les isolants proposés, il est possible d'atteindre une résistance thermique $R \geq 6 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, respectant ainsi le garde-fou minimal de la réglementation thermique RT existant élément par élément.
Nous visons globalement un $U_p \leq 0,20 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$.

4.3.2 MENUISERIES

Avec les vitrages proposés, nous visons une performance de menuiserie de $U_w = 1,9 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ (garde-fou minimal RT existant élément par élément).

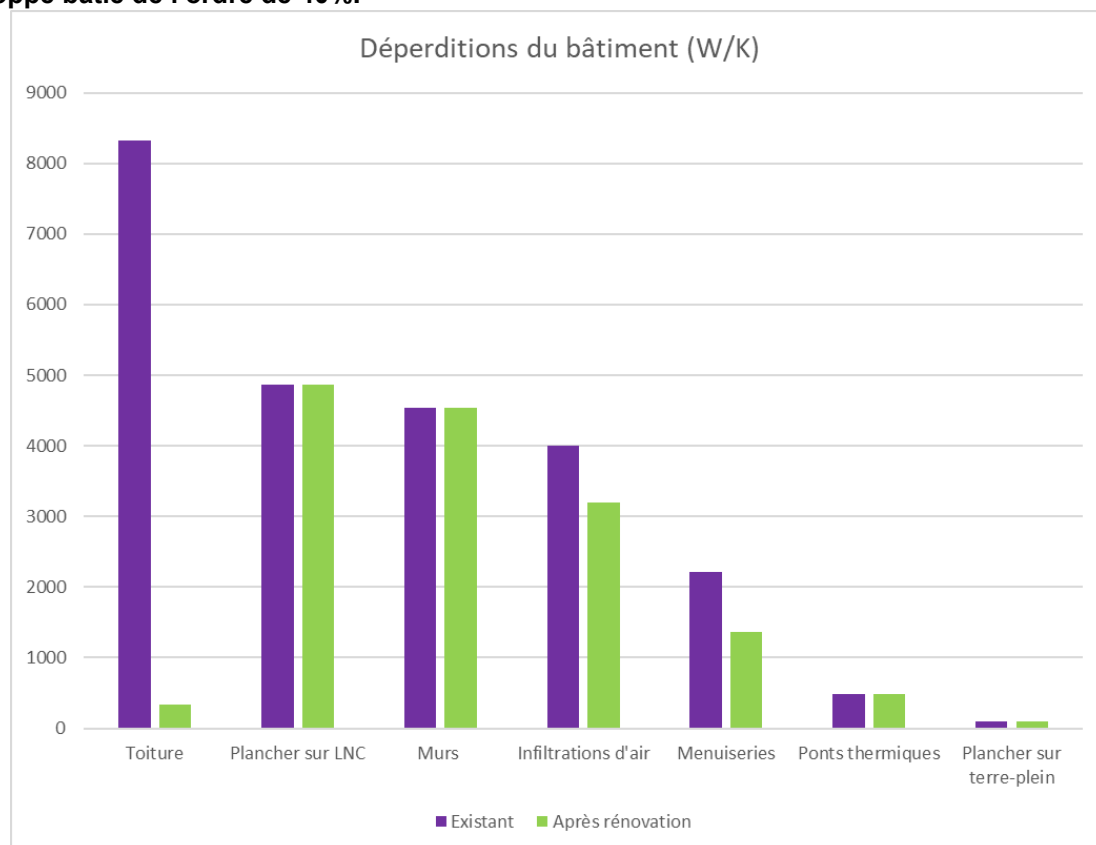
De plus, la rénovation des menuiseries (couplée à une meilleure isolation de la toiture) permettra d'améliorer l'étanchéité à l'air du bâtiment. Nous estimons grossièrement cette amélioration à 20%.

4.3.3 SYNTHESE

L'isolation de la toiture représente de manière évidente le plus grand gain (96% de réduction). La rénovation des menuiseries permet de réduire de 40% les déperditions liées aux menuiseries et de 20% les déperditions liées à l'infiltration d'air.

	Déperditions (W/K)		Gain
	Existant	Après rénovation	
Toiture	8320	333	- 96%
Plancher sur LNC	4862	4862	-
Murs	4546	4546	-
Infiltrations d'air	3999	3199	- 20%
Menuiseries	2219	1363	- 39%
Ponts thermiques	484	484	-
Plancher sur terre-plein	100	100	-
Total	24529,0	14885,7	- 39%

Au total, les interventions proposées permettraient une **réduction des déperditions thermiques de l'enveloppe bâtie de l'ordre de 40%**.



ANNEXE : REPORTAGE PHOTOS VISITE DE SITE (23/02/2023)

► VUE DEPUIS LA RUE



► VUE DE LA COUR INTERIEURE

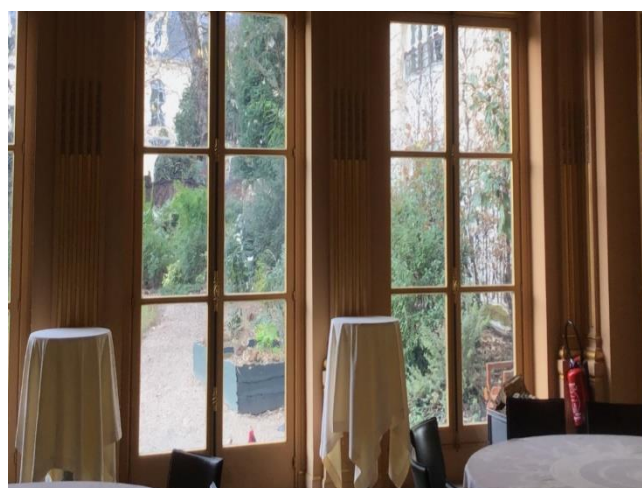
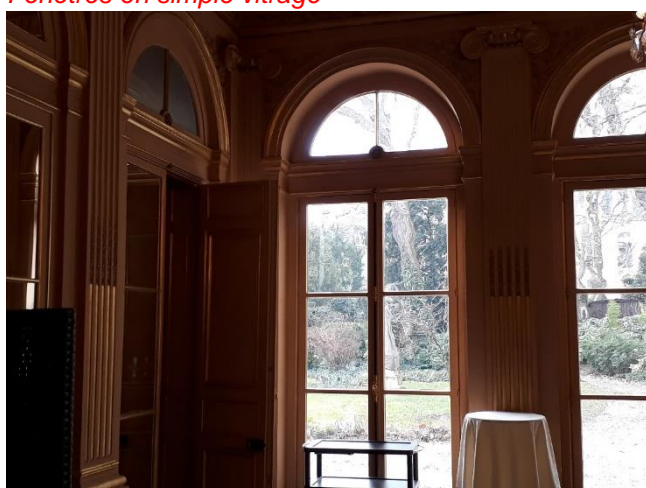


► VUE DEPUIS LE JARDIN



► SALLE DES GLACES (C-H01)

Fenêtres en simple vitrage



► VITRAGES DE LA FAÇADE SUR JARDIN

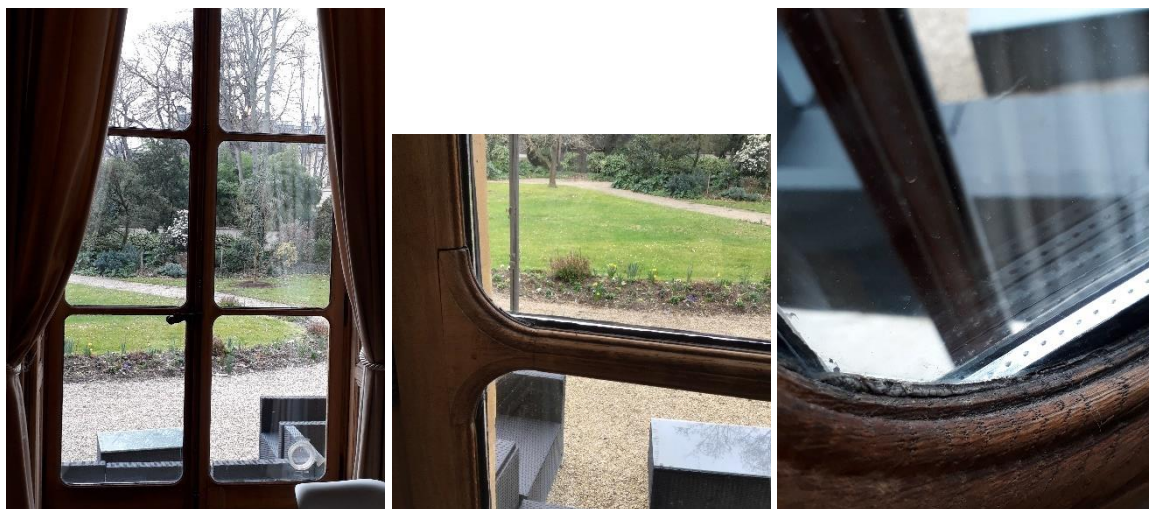
Bureau H004



Bureau H005



Bureau H006



► VITRAGES DE LA PARTIE RECENTE (AILE EST)

