



CREBA

CENTRE DE RESSOURCES
POUR LA RÉHABILITATION RESPONSABLE
DU BÂTI ANCIEN

Octobre 2018

Retour d'expériences

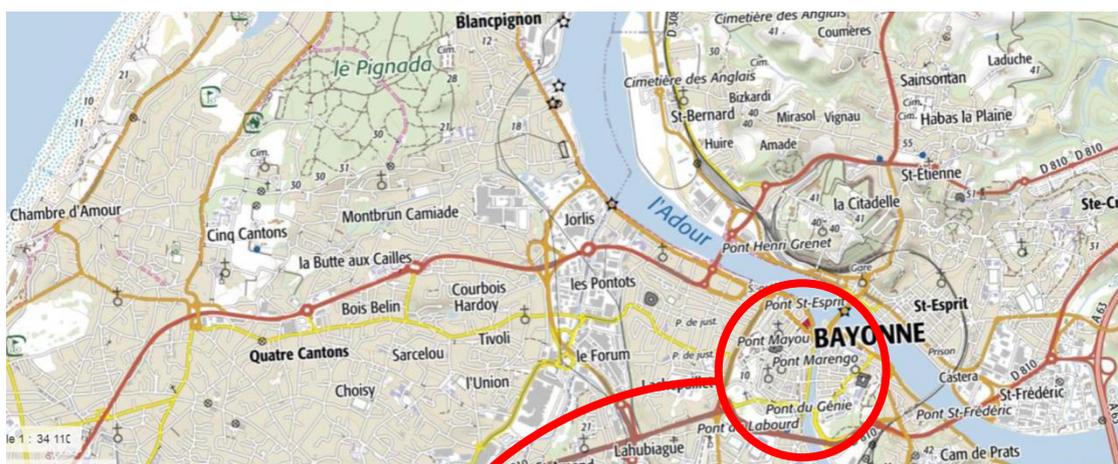
Immeuble collectif du XIXème siècle dans le centre historique de Bayonne (Nouvelle Aquitaine)



UNE REHABILITATION ENERGETIQUE ET UNE RESTAURATION PATRIMONIALE

L'opération porte sur un immeuble de logements et d'un commerce situé au cœur du centre-ville de Bayonne (Pyrénées Atlantiques), un site patrimonial remarquable doté d'un plan de sauvegarde et de mise en valeur (PSMV) approuvé en 2006.

L'immeuble date du XIX^{ème} siècle et a fait l'objet d'une réhabilitation conforme aux dispositions du Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur (PSMV) du site patrimonial remarquable qui couvre une partie de la ville de Bayonne.



Le centre historique protégé (45 ha)



Façades sud sur les remparts

Informations

Zone géographique :

Sud-Ouest, département des Pyrénées Atlantiques

Type de bâtiment :

Immeuble de logements et de commerce

Matériaux :

Façades en pierre appareillée au sud, pierre et moellon enduit au nord. Murs mitoyens en pierres et moellons. Façades de la cage d'escalier en pans de bois plâtrées sur lattis sans remplissage, charpente et menuiseries bois.

Protection patrimoniale :

Immeuble protégé au titre du PSMV du Site patrimonial remarquable de Bayonne

Maître d'ouvrage et maître d'œuvre :

Soliha Pays Basque 9 Rue Jacques Lafitte 64100 Bayonne

Consommation énergétique :

Avant travaux : Non estimée, immeuble inhabité depuis 15 ans

Après travaux : *consommation estimée* : 58 kWhep/m²/an et *consommation réelle, en moyenne* : 98 kWhep/m²/an

Informations : chauffage, ECS, refroidissement, ventilation, éclairages calculés par STD hors calcul réglementaire

Programme :

Le programme a conservé les fonctions initiales du bâtiment :

- le commerce situé au rez-de-chaussée n'a pas fait l'objet de travaux.
- les huit logements, situés du R+1 au R+5, ont été réhabilités en logements sociaux à loyers modérés et remis aux normes d'accessibilité grâce aux aides apportées par l'Agence nationale de l'habitat (Anah) et des collectivités locales (commune de Bayonne et communauté d'agglomération du Pays Basque).

Le bâtiment et son contexte

Le bâtiment a été construit au XIX^{ème} siècle et se situe au cœur du centre-ville de Bayonne (Pyrénées Atlantiques). La ville de Bayonne présente un ensemble urbain remarquable qui se décline autour de monuments historiques emblématiques (deux châteaux, une cathédrale, une citadelle et des fortifications). Le centre ancien est façonné par des immeubles datant principalement des XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles à pans de bois colorés ou en pierre de Bidache. Cet ensemble bâti, exceptionnel par son ancienneté et son esthétique, est considéré comme un monument urbain à part entière, consacré au sein d'un site patrimonial remarquable. La création d'un secteur sauvegardé en 1975 définit le centre ancien et son modèle d'habitat unique, et implique la mise en œuvre d'une politique forte de sauvegarde et de réhabilitation de ce patrimoine. Le projet de réhabilitation du bâtiment de la rue Vieille Boucherie se devait donc de respecter un ensemble de critères.

Concernant son implantation, le bâtiment est à l'alignement sur le domaine public et borde une place au nord. Au sud, il n'y a pas de vis-à-vis ni de masque. A l'est et à l'ouest, le bâtiment est en mitoyenneté.

En termes de volumétrie, cet immeuble occupe toute la parcelle et s'élève sur 6 niveaux au nord et sur 5 niveaux au sud. Le bâtiment étant à cheval sur les vestiges d'une enceinte romaine du IV^{ème} siècle, il est constitué de deux corps de bâtiment séparés par une cage d'escalier centrale et d'un puits de jour surmontés d'une verrière datant du XIX^{ème} siècle.



Vue de la façade Sud à 5 niveaux



Vue de la façade Nord à 6 niveaux



Figure 1 Vue sur les toits et les verrières de Bayonne

État technique et sanitaire du bâtiment :

Bien qu'inoccupé pendant plusieurs années, l'état général du bâtiment était satisfaisant dans l'ensemble. Les infiltrations au niveau de la toiture n'avaient pas engendré de désordres sur le reste du bâtiment.

État énergétique

Le bâtiment n'était pas isolé. Le chauffage et les besoins en ECS étaient assurés par un système au gaz.

Afin de d'analyser les performances initiales du bâtiment et de déterminer en fonction de celles-ci les principaux travaux à effectuer, un diagnostic énergétique complet a été réalisé. Les conclusions de cette étude énergétique sont les suivantes :

- l'orientation du bâtiment implique des différences de comportements thermiques entre la façade nord-est et sud-ouest qui bénéficie d'apports solaires plus importants en hiver,
- les infiltrations d'air sont importantes et contribuent de presque moitié aux déperditions énergétiques du bâtiment. Des travaux pour améliorer l'étanchéité à l'air sont donc nécessaires mais cette amélioration implique également la mise en place d'un système de renouvellement d'air efficace pour compenser le renouvellement d'air qui ne sera plus assuré par les infiltrations.
- les murs pour lesquels les déperditions sont les plus importantes sont les murs de refend au R+4 et R+5, les murs intérieurs donnant sur la cage d'escalier,
- la verrière est une façade active avec un comportement variable. Elle bénéficie d'apports solaires en journée, ce qui génère une augmentation importante de la température dans la cage d'escalier. Et la nuit, la verrière est une source de déperdition importante de chaleur, ce qui entraîne une chute des températures dans la cage d'escalier,
- les fenêtres sont en simple-vitrage.

Bilan des déperditions en période hivernale

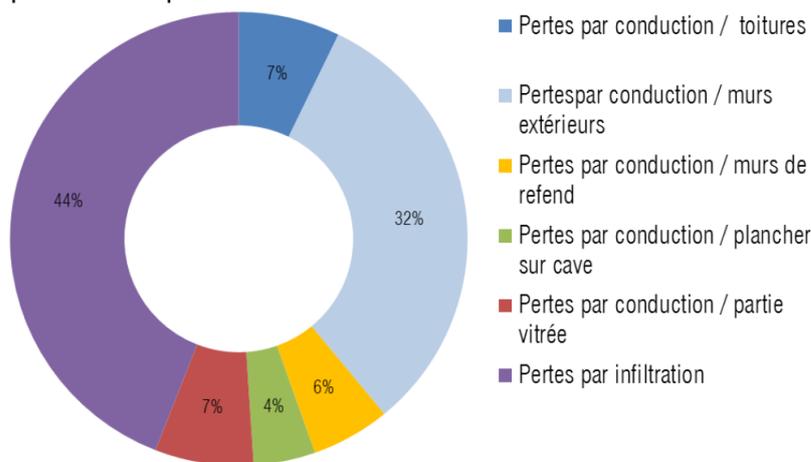


Figure 2 Répartition des postes de déperdition énergétique en période hivernale

L'inertie apportée par les murs en pierre appareillée est un atout pour le confort thermique et constitue un des éléments à préserver lors des travaux d'isolation. En effet, l'épaisseur des murs étant d'environ 45cm, le déphasage approximatif de ces parois est de 13 heures.

État patrimonial et architectural

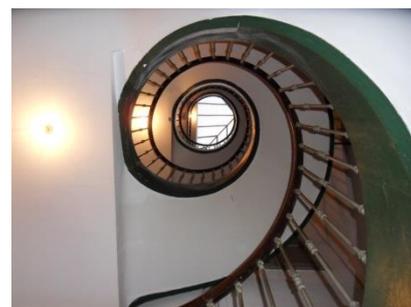
Les éléments patrimoniaux remarquables



Cheminée et plancher chêne



Escalier XIXème



Verrière



Couloir d'accès sud lambrissé



Façade sud



Façade nord

Le bâtiment fait l'objet d'une protection au titre du plan de sauvegarde et de mise en valeur de la ville de Bayonne. En effet, ce plan fixe les règles de restauration et de transformation des immeubles, tant intérieures qu'extérieures, présents au sein du périmètre du site patrimonial remarquable.

A l'extérieur, les éléments patrimoniaux remarquables de ce bâtiment sont :

- les façades en pierre appareillée (calcaire de Bidache) ou en moellons enduits,
- les détails de décoration en fer forgé (ferronneries, bandeaux moulurés),
- les balconnets filants à consoles sur la façade sud,
- les lucarnes à frontons,
- les baies d'encadrements en pierre appareillée cintrée à clefs,
- les portes d'entrée et leurs grilles d'imposte sur la façade nord.

A l'intérieur, les éléments d'intérêt patrimonial sont :

- les cheminées et les parquets chêne en bon état dans l'ensemble des logements,
- l'escalier hélicoïdal XIXème et sa cage,
- la verrière ventilée qui surplombe l'escalier. Les verrières en couverture ne voient le jour qu'au XIXe siècle avec l'invention de l'acier et le développement des passages couverts entre les immeubles. La verrière du bâtiment se comporte comme un puits de jour apportant une excellente luminosité dans la cage d'escalier. La verrière est aussi légèrement surélevée pour assurer une ventilation naturelle. Elle assure également un désenfumage permanent conformément à la circulaire du 13 décembre 1982.

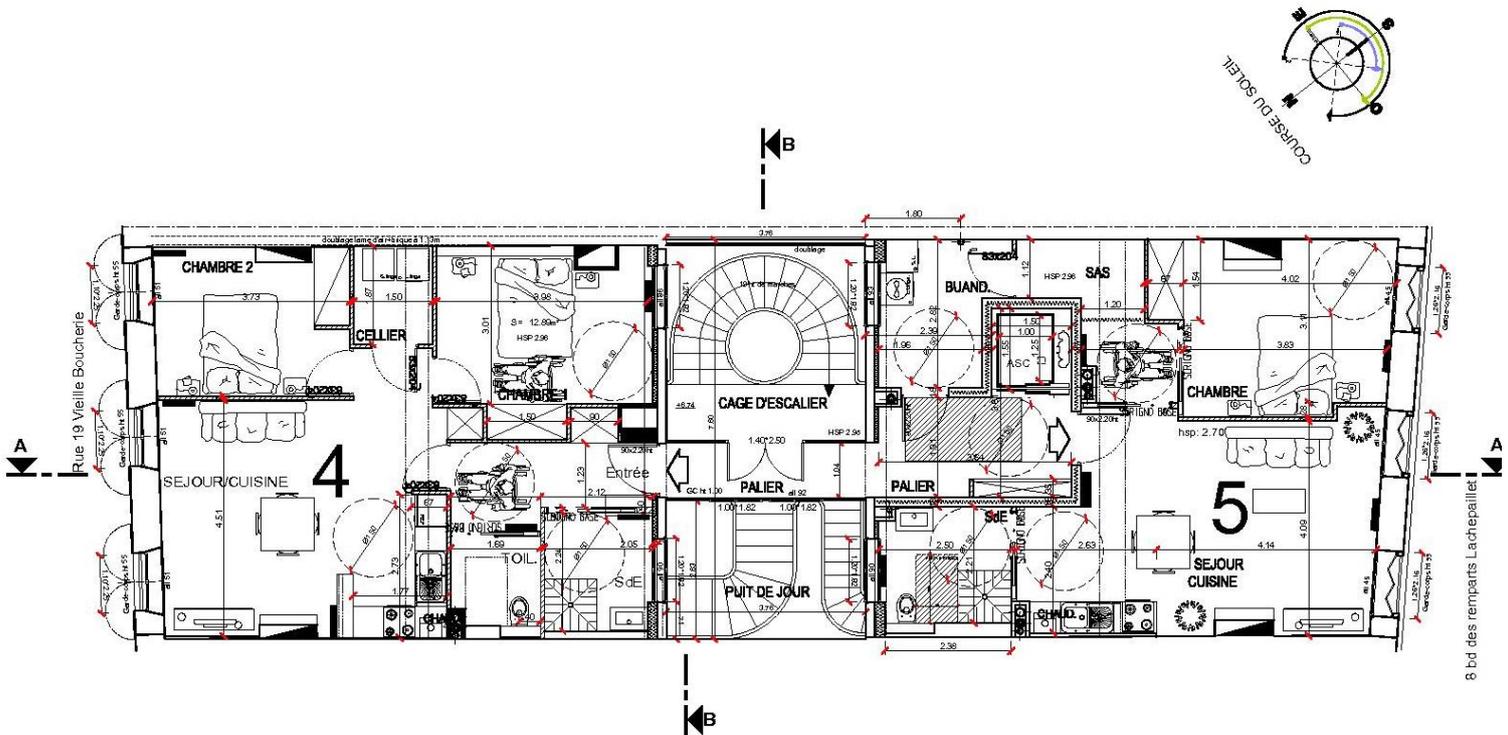
> Les éléments patrimoniaux malmenés

L'immeuble a été peu remanié, l'ensemble des éléments patrimoniaux cités précédemment ont été bien conservés et entretenus.

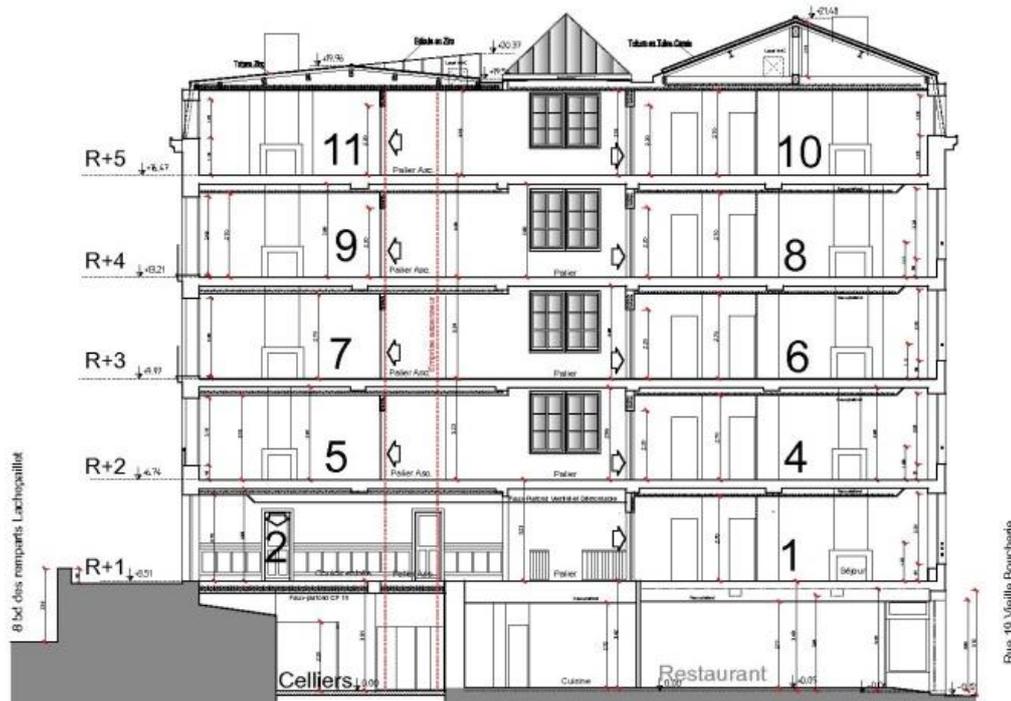
Projet de réhabilitation

Programme architectural et énergétique

Plan niveau



Coupe



> Cahier des charges du maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage a souhaité réaliser un projet de réhabilitation durable avec comme objectifs :

- d'améliorer la performance énergétique du bâtiment
- d'augmenter le niveau de confort des occupants (thermique et visuel en favorisant au maximum les apports en éclairage naturel)
- d'intégrer des matériaux et produits durables mais aussi compatibles avec le bâti ancien.

Ce dernier point était particulièrement important pour ce bâtiment du XIX^{ème} siècle qui nécessite la mise en œuvre de solutions permettant d'améliorer sa performance, mais ne présentant pas de risques de développement de pathologies.

Le maître d'ouvrage avait également fixé des exigences en matière d'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite. La mise en accessibilité totale de tous les logements a fait l'objet d'une clause du cahier des charges pour permettre à une plus large population de pouvoir bénéficier d'un logement accessible dans un bâti du centre ancien bayonnais. Les travaux ont donc intégré la mise en place d'un ascenseur dans l'emprise des logements.

> Acteurs du projet

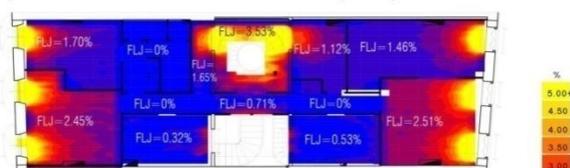
Le maître d'ouvrage est un bailleur installé depuis 50 ans sur le Pays Basque. Il intègre une équipe de maîtrise d'œuvre spécialisée dans les projets de tout type intervenant sur chacune de ses opérations.

Projet et études réalisés

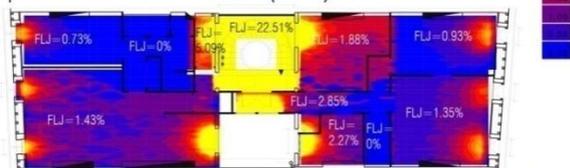
Le projet a bénéficié d'une analyse multicritère. Concernant le volet thermique, le choix des solutions techniques a été réalisé à l'aide des résultats issus :

- **du suivi du comportement thermique dynamique du bâtiment sur une semaine** : des capteurs de mesure de températures et d'hygrométrie ont été mis en place en plusieurs points du projet.
- **de tests d'infiltrométrie** : tests réalisés selon la technique de la porte soufflante.
- **de tests thermographiques** : réalisés en parallèle des tests d'infiltrométrie, les prises de vue thermographiques ont permis de mieux appréhender les défauts d'isolation de l'enveloppe et les points d'infiltration d'air.
- **des simulations thermiques dynamiques** : une série de simulations thermiques dynamiques sur la base d'un modèle 3D intégrant le contexte urbain du projet permettant d'optimiser le bilan énergétique du projet.
- **des simulations de transfert hygrométrique dans les murs** : des simulations afin d'évaluer, pour différentes solutions d'isolation envisageables (nature et épaisseur d'isolants), les risques en termes d'accumulation d'eau dans le mur.
- **des simulations d'éclairage naturel** : des simulations pour quantifier les niveaux de lumière naturelle dans le projet et évaluer les différentes solutions techniques permettant de maximiser le confort visuel.

✓ Répartition FLJ sur un niveau courant (R+2)



✓ Répartition FLJ dernier niveau (R+5)



✓ Ombres portées 21 Septembre:

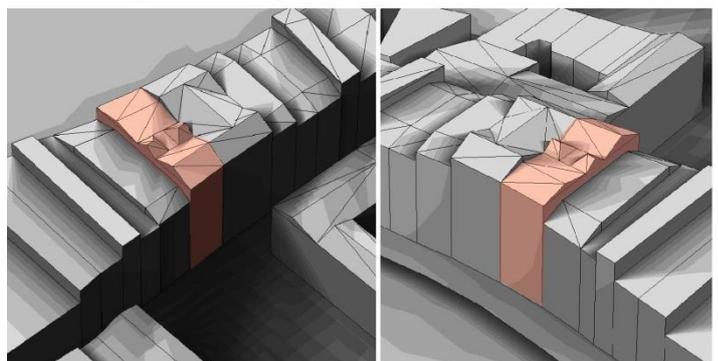


Figure 4 Simulations issues de l'analyse de l'éclairage naturel - Calcul du facteur lumière jour (FLJ)

Figure 3 Simulations issues de l'analyse des ombres portées

Synthèse

- Réhabilitation patrimoniale qui s'est attachée à respecter le bâti existant et ses qualités intrinsèques.
- Réalisation technique ambitieuse par la mise en accessibilité totale du bâtiment.
- Réhabilitation énergétique performante privilégiant l'utilisation des matériaux biosourcés.

Travaux

Durée des travaux

Le chantier s'est déroulé de Septembre 2016 à Février 2018

Aménagement des abords

Les abords n'ont pas fait l'objet de travaux.

Humidité

Afin de bien protéger le bâtiment des infiltrations d'eau de pluie, l'ensemble de la couverture a dû être reprise.

La partie de la toiture orientée nord, est une toiture mansardée en zinc avec des lucarnes cintrées à frontons triangulaires et un terrasson en tuiles canal. Les tuiles canal de courant sont des tuiles neuves alors que celles disposées en couvrant sont une composition entre les anciennes tuiles de la couverture en bon état et des tuiles de récupération.

La partie de la toiture orientée sud, est une toiture mansardée en ardoise avec des lucarnes cintrées à frontons triangulaires et un terrasson en zinc.

Structure

La charpente du XVIIIème siècle a été conservée.

Fondations existantes ont également été conservées à l'exception des fondations de l'ascenseur qui ont été créées lors du projet.

A noter que la façade sud a pour fondations le rempart antique (4 mètres d'épaisseur).

Le projet a bénéficié d'une étude en reconnaissance par l'INRAP en recherche de vestiges archéologiques.



Fondations ascenseur



Cage ascenseur

Murs



Enduits chaux chanvre, redressement mitoyen



Vide entre pans de bois



Brisis R+5

Du fait de l'orientation du bâtiment et des différences de comportements qui en découlent, les parois ont fait l'objet de solutions techniques différentes pour :

- murs de la façade sud-est : réalisation d'un enduit intérieur chaux-chanvre de 40 mm d'épaisseur sur pierre et moellons finition talochée
- murs de la façade nord-ouest : réalisation d'un enduit intérieur chaux-chanvre de 40 mm d'épaisseur sur pierre et moellons finition talochée avec une isolation en panneaux de fibres de bois de 145 mm sur les brisis, au dernier niveau uniquement.

D'après les résultats des simulations thermiques, la mise en place d'un enduit chaux-chanvre entraîne un gain énergétique pour les besoins d'énergie globaux de l'ordre de 15%. Par ailleurs, cette correction thermique permet d'améliorer le confort des occupants tout en supprimant les effets de paroi froide et en préservant l'inertie des murs.

- paroi mitoyenne donnant sur un volume chauffé : doublage avec plaque de plâtre pour planéité des murs
- paroi mitoyenne au-dessus de l'immeuble voisin : isolation en panneaux de fibres de bois de 145 mm d'épaisseur.
- toiture : isolation en panneaux semi rigide de fibre de bois de 200 mm d'épaisseur.
- paroi donnant sur la cage d'escalier : la dépose du lattis de plâtre intérieur a permis de mettre en évidence une absence de remplissage. Une isolation avec des panneaux de fibres de bois de 145 mm a été mise en œuvre entre les pans de bois avec un certain niveau de difficulté du fait de l'irrégularité de la structure bois.

TRAVAUX	Composition et nature de l'isolant (cm)	Conductivité thermique (K.m/°C)	Résistance thermique minimum attendue (°C.m²/K)
Enduit intérieur sur murs sud-est et nord-ouest	4 chaux-chanvre	0.2	0.2
Isolation des murs des appartements donnant sur la cage d'escalier	14 (fibre de bois)	0.035	4
Isolation des murs des pignons extérieurs au niveau R+4 et R+5	15 (fibre de bois)	0.035	4.3
Isolation intérieure de la toiture	20 (fibre de bois)	0.035	5.7

Plancher bas

Une réfection complète a été réalisée pour les planchers bas en béton non isolé (pour la cave et l'entrée commune).

Les déperditions au niveau du plancher bas sur cave représentaient approximativement 4% des déperditions énergétiques totales du bâtiment. Par conséquent, une isolation des plafonds sur caves a été réalisée avec des panneaux semi-rigides de fibre de bois de 200 mm d'épaisseur.



Figure 5 Zone recherche archéologique en fond de cuve ascenseur



Figure 6 Couloir d'accès nord lambrissé et dallage pierre

Plancher intermédiaires

Conservation et renforcement des planchers bois intermédiaires par profilés métal suivant les recommandations de l'étude BET.

Conservation et restauration des parquets en chêne avec amélioration de son étanchéité à l'air en périphérie selon un traitement au niveau des plinthes qui ont été collées avec la mise en place d'un joint silicone en finition.



Figure 7 Trémie ascenseur



Figure 8 Sol et renforts plancher au 1er étage

Toiture

TRAVAUX	Composition et nature de l'isolant (cm)	Conductivité thermique (K.m/°C)	Résistance thermique minimum attendue (°C.m²/K)
Isolation du plancher bas sur cave	20 (fibre de bois)	0.035	5.7
Isolation intérieure de la toiture	20 (fibre de bois)	0.035	5.7

Menuiseries



Figure 10 Double menuiserie côté Nord



Figure 9 Ajustage et mise en jeu menuiseries Sud conservées



Figure 11 Double menuiserie côté Nord

Sur le même principe que pour le traitement des parois, différentes solutions ont été mises en place en fonction de l'emplacement des ouvertures :

- Pour la façade sud-est, les menuiseries du XIXème avec simple vitrage ont été conservées avec un ajustage et une mise en jeu (la recherche d'apports solaires hivernaux et l'étude thermique ne justifiaient pas la mise en place de double-vitrages)
- Pour les murs donnant sur la cage d'escalier : conservation des menuiseries patrimoniales à l'anglaise et mise en œuvre d'une double menuiserie coté intérieur en simple vitrage pour assurer l'isolation thermique et phonique.

- Pour la façade nord-ouest, les menuiseries datant du XIX^{ème} en simple vitrage ont été conservées avec ajustage, mise en jeu, et mise en place d'une double menuiserie avec un simple vitrage de 10 mm d'épaisseur pour assurer l'isolation thermique et phonique. Pour les ouvertures de cette façade nord-ouest et celles donnant sur la cage d'escalier, le système de double-fenêtre permet de réaliser des gains non négligeables sans compromettre la valeur du facteur lumière jour.
- Pour la verrière, les travaux ont été réalisés en conformité avec les préconisations du DTU 39, avec l'installation d'un simple vitrage dans une ossature en fer. Que ce soit pour les besoins de chauffage ou la gestion de l'inconfort estival, la mise en place de double-vitrages pour la verrière n'aurait apporter que très peu de gain au regard de l'investissement qui aurait été nécessaire.
- Installation de portes palières neuves de 40 mm pare-flamme recevant un habillage mouluré rapporté du XIX^{ème}.

VITRAGE	Composition	Conductivité thermique (W/m ² .K)	Facteur solaire FS
Façade sud-est	Simple vitrage de 10mm	2.95	0.6
Façade nord-ouest	Deux vitrages séparés par une lame d'air de 30cm	Vitrage existant + 1.6 pour le vitrage rapporté	0.6
Murs sur cage d'escalier	Deux vitrages séparés par une lame d'air de 30cm	Vitrage existant + 2.95 pour le vitrage rapporté	0.6

Aménagement intérieur



Figure 12 Aménagement des espaces intérieurs

Refonte complète des aménagements intérieurs suivant afin de permettre une habitabilité contemporaine mettant en valeur les matériaux nobles comme le parquet en bois et le manteau de cheminée.

Chauffage et eau chaude sanitaire (ECS)

Une chaudière gaz individuelle basse température avec un rendement minimal de 90% a été installée dans les logements pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

Les contraintes de places dans l'immeuble et les réserves du PSMV n'ont pas permis l'installation d'équipements ayant recours aux énergies renouvelables de type panneaux photovoltaïques. Même si cette contrainte avait été levée, la configuration et l'orientation de l'immeuble ne permettait pas un usage important de l'énergie solaire.

Par ailleurs, le bâtiment étant à l'alignement du domaine public, cette implantation excluait la possibilité d'installer tout équipement hors du bâtiment.

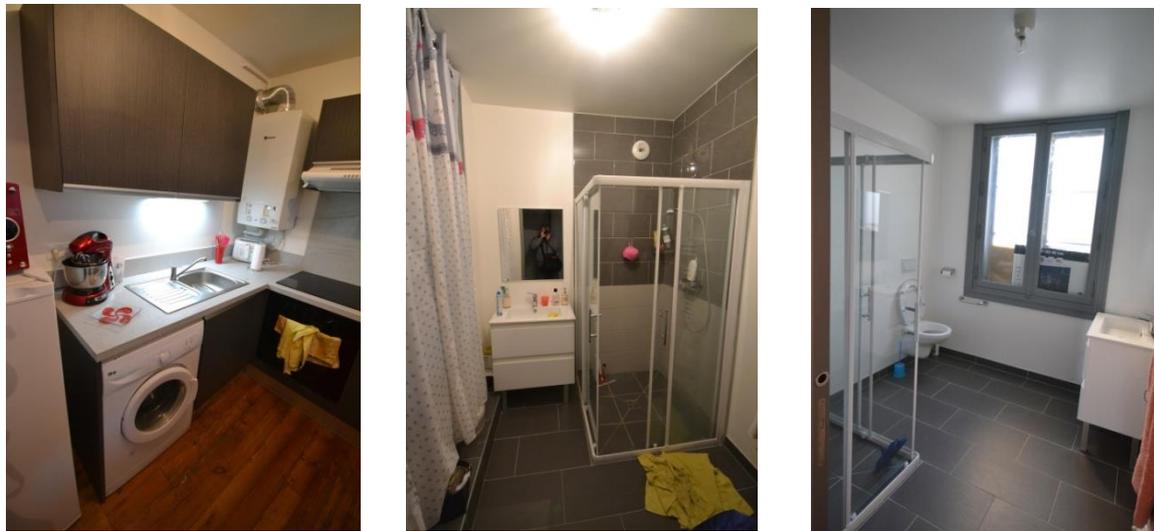


Figure 13 Aménagement des pièces humides

Ventilation

Installation d'un système de ventilation hygroréglable VIM pour immeuble collectif avec bouche thermo gaz (VMC gaz). Cette solution technique adaptée au chauffage gaz, permet d'utiliser un seul conduit pour l'évacuation des fumées et l'extraction VMC, et d'éviter les sorties ventouses en façade qui ne sont pas adaptées à des bâtiments patrimoniaux.

Consommations après travaux

> En théorie / En pratique

Le bâtiment a fait l'objet d'une campagne d'instrumentation après travaux afin d'évaluer les performances de la réhabilitation et d'estimer l'impact de l'usage sur les consommations réelles.

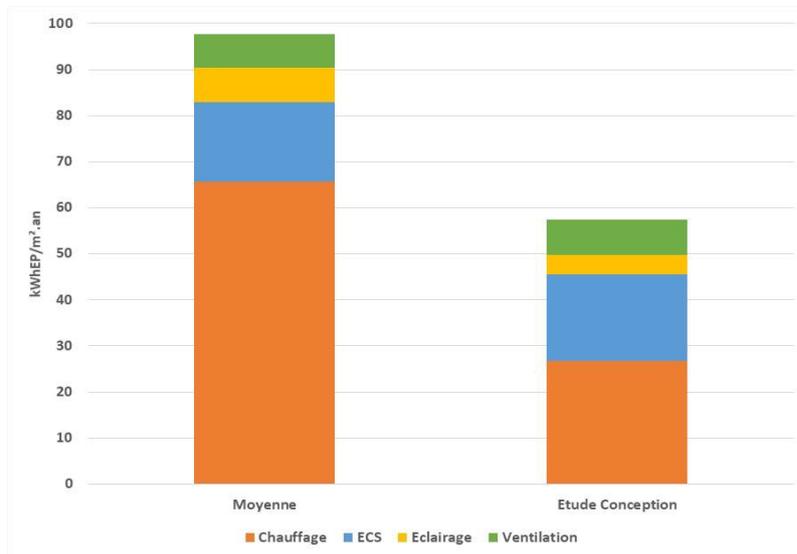


Figure 14 Consommations réelles mesurées de 140 kWhEP/m².an et consommations issues des simulations de 58 kWhEP/m².an

Globalement les objectifs en matière de consommations d'énergie pour les postes d'ECS, d'éclairage et de ventilation, sont proches des résultats issus des études. En revanche, les consommations d'énergie pour le chauffage sont quatre fois plus importantes par rapport aux résultats issus des simulations. Cet écart important est principalement lié à l'occupant : dépassement de la consigne de chauffage, temps d'occupation plus longs et utilisation irrégulière de la chaudière.

En effet, l'analyse des consommations sur une année a permis de mettre en avant l'impact très important de l'usage sur la performance des bâtiments. La sensibilisation des usagers est une étape primordiale pour limiter les écarts entre les résultats issus des simulations et les consommations réelles. Le graphique (fig.6) montre que dans le cas d'un logement dont la température de consigne et le scénario classique d'occupation est identique à celle de l'étude, les consommations réelles présentent un écart de seulement 10 kWhEP/m².an par rapport aux simulations.

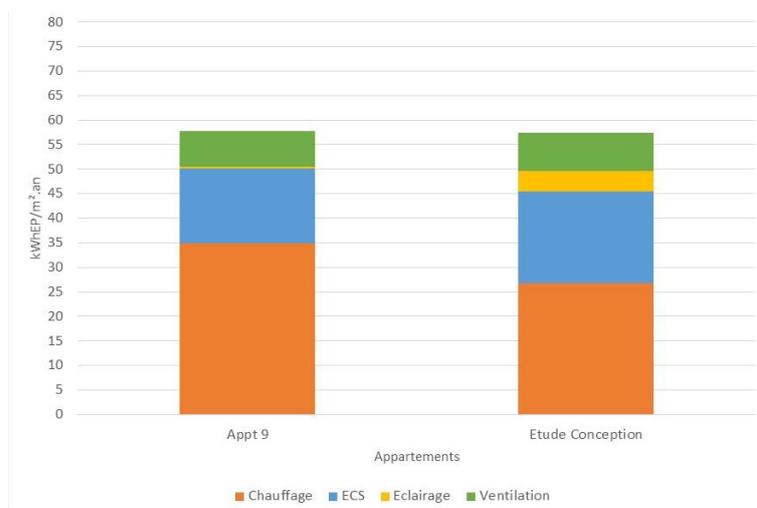


Figure 15 Consommation d'un logement dont l'usage est « vertueux »

Le non-respect des consignes de chauffage, l'occupation permanente ou non, l'arrêt et la remise en marche fréquents de la chaudière générant des pics de consommation lors de la remise en marche., l'ouverture des fenêtres ouvertes avec chauffage ont permis d'expliquer les différences relevées sur certains logements. Ces observations sur l'usage sont également confirmées lorsqu'on regarde les courbes de température en été.

En conclusion, même si le profil de consommation à l'échelle du bâtiment entier est plus élevé en réalité que dans les simulations (98 kWh/m²/an mesuré contre 58 kWh/m²/an calculé), l'analyse plus fine « appartement par appartement » confirme qu'avec un usage adapté et vertueux, les résultats sont très proches voire meilleurs.

Confort thermique

Dans l'ensemble, le confort des logements est très satisfaisant. Les appartements au dernier étage sont plus sensibles aux surchauffes estivales que les autres logements. Néanmoins, tous les appartements respectent les niveaux de confort attendus dans le référentiel HQE au niveau très performant avec moins de 2% d'inconfort pour l'ensemble du bâtiment.

Les choix faits en conception de conserver au maximum l'inertie des murs se sont avérés être les bons. En effet, l'inertie du bâtiment a contribué à la stabilité des températures intérieures.

Reconnaisances obtenues

Sans objet.

Bilan financier

Cette opération s'élève à environ 1 150 000 € TTC et a été subventionnée à 35,6% par : l'Anah (313 000 €, 27,2%), la ville de Bayonne (54 000 €, 4,7%), la communauté d'agglomération du Pays Basque (30 000 €, 2,6%) et l'ADEME (13 000 €, 1,1%)

Problématiques transversales, Difficultés rencontrées

> Étanchéité à l'air

Un bon résultat en termes d'étanchéité à l'air a été difficile à obtenir suite aux essais pratiqués du fait :

- de la difficulté à ajuster les menuiseries conservées notamment pour celles ne bénéficiaient pas d'une bonne étanchéité à l'air,
- de la difficulté à traiter les défauts d'étanchéité au niveau des planchers bois conservés et vitrifiés surtout pour le plancher situé au-dessus du commerce en RDC pour lequel aucun travail d'amélioration n'avait été réalisé,
- de la difficulté à traiter l'étanchéité autour des cheminées patrimoniales qui ont été conservées,
- des défauts d'exécution sur certaines menuiseries et sur la pose d'isolation, partiellement corrigés sur chantier après contrôle par caméra infra-rouge.

> Performance thermique globale

Au rez-de-chaussée le restaurant a été maintenu en l'état du fait de l'occupation commerciale qui a empêché la réalisation de travaux, ce qui a dégradé partiellement la performance globale du bâtiment.

Cette fiche a été réalisée dans le cadre du projet CREBA – Centre de REssources pour la réhabilitation responsable du Bâti Ancien, soutenu par le Programme ministériel d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Energétique (PACTE). Il est piloté par le Cerema aux côtés de 4 partenaires : l'école des Arts et Métiers Paris Tech, le Laboratoire de Recherche en Architecture de l'ENSA de Toulouse, les associations nationales Maisons Paysannes de France et Sites & Cités Remarquables de France.

Plus d'informations : rehabilitation-bati-ancien.fr
contact@rehabilitation-bati-ancien.fr

Rédacteur de la fiche : Pierre LAGUE (Soliha) et Anissa BEN YAHMED (Cerema)

Crédits photos : Soliha (sauf mention contraire) et Office du tourisme de Bayonne

© 2018 Groupement CREBA

Toute reproduction interdite sans l'autorisation du groupement CREBA