

Réhabilitation solutions bois



COLLECTION
Retour d'expériences[©]





La France s'est engagée à diminuer de 38 % les consommations d'énergie de son parc résidentiel et tertiaire à horizon 2020, et à réduire de 75 % ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2050. Le Plan de rénovation énergétique de l'habitat a fixé l'objectif à 500 000 logements rénovés par an d'ici à 2017, et à 270 000 pour 2014. C'est dire l'ampleur du travail de rénovation à accomplir dans des délais courts, des conditions économiques acceptables, et avec un niveau de performance élevé.

Pour y parvenir, les méthodes industrielles de rénovation basées sur les filières sèches, et notamment sur l'utilisation du bois comme matériau d'enveloppe, apparaissent comme une des meilleures opportunités. Ses avantages sont en effet nombreux. Matériau renouvelable, favorisant l'isolation thermique, d'un poids limité facilitant les surélévations et les extensions, industrialisable pour accroître la qualité de réalisation, réduire les coûts et les délais, diminuer la pénibilité des travaux et les déchets de chantiers, il possède un très bon bilan environnemental, lié notamment à sa capacité de stockage du carbone, sa faible énergie grise et sa recyclabilité. Son utilisation est de plus en plus prise en compte pour allier performance énergétique et qualité architecturale.

L'ADEME, organisme public contribuant à la transition écologique de notre pays, souhaite faciliter le développement des solutions bois en rénovation et multiplier les partenariats concepteurs-industriels-entreprises pour la réalisation de rénovations optimisées techniquement et économiquement, et contribuer au développement de l'emploi dans toute la filière.

Les chantiers de rénovations profondes de bâtiments collectifs ou tertiaires utilisant le bois se multiplient en France. Cette publication présente une analyse comparative technico-économique des conditions de réalisation de plusieurs bâtiments très différenciés pour mieux apprécier l'ensemble des possibilités offertes par ce matériau.

José CAIRE
Directeur Villes et Territoires Durables
ADEME

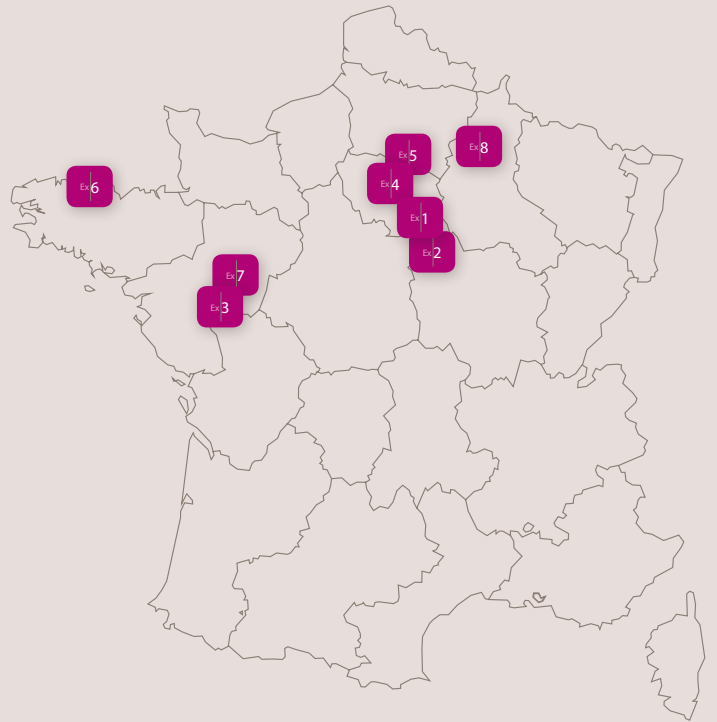
Une publication du CNDB - Comité National pour le Développement du Bois
Conception et rédaction : Estelle Billiotte en collaboration avec Alexandre Simon
Couverture : Elodie Levrelle
Graphisme : Conception Isabelle Arragon et Caroline Capuano
Impression : Moutot

Sommaire

1^{ère} PARTIE

Les retours d'expériences

- Ex 1** 100 logements collectifs R+3 à R+5
à Corbeil-Essonnes (91). page 3
- Ex 2** Hôtel Ibis R+2
à Nemours (77). page 7
- Ex 3** 146 logements collectifs R+3 à R+7
à Cholet (49). page 13
- Ex 4** 271 chambres étudiantes R+14 et R+15
à Paris (75). page 19
- Ex 5** Ecole élémentaire Henri Wallon R+2
à Montreuil (93). page 25
- Ex 6** Lycée Auguste Pavie R+6
à Guingamp (22). page 31
- Ex 7** Centre de formation Copernic R+1
à Angers (49). page 35
- Ex 8** Espace Affaires Polidrome R+3
à Reims (51). page 41



Réhabilitation solutions bois

2^{ème} PARTIE

Les enseignements de ces 8 retours d'expériences

- L'essentiel des 8 opérations. page 48
- Technique des systèmes rapportés. page 50
- La réglementation thermique. page 52
- La réglementation sécurité incendie. page 54
- Le relevé de cotes. page 58
- Les revêtements extérieurs. page 60
- La réglementation acoustique. page 62
- Le volume de bois. page 62
- Conclusion. page 63

Ex 1

Quartier "La Nacelle" à Corbeil-Essonnes (91)

100 logements

Le bois au service de l'isolation par l'extérieur



Après : 2010

Réhabilitation thermique de logements collectifs. R+3 à R+5

La transformation du quartier "la Nacelle" est intégrée dans un projet de renouvellement urbain ANRU dès 2004. L'objectif est de requalifier cet ensemble en intervenant sur la distribution des voiries et sur l'ensemble des 400 logements vétustes et dégradés. Nous nous intéressons pour cette étude à la rénovation de 100 logements répartis sur les 5 bâtiments de la "Résidence R3". Deux de ces collectifs gardent leur aspect minéral, les trois autres valorisés par une nouvelle identité bois, seront ici présentés plus en détail.

Dans les années 90, ces bâtiments ont subi une première rénovation légère, loin d'être satisfaisante pour répondre aux exigences du programme ANRU.

Ouvrages existants déposés

Façade	✓	Menuiserie extérieure
Structure	✓	Occultation
Charpente / toiture		Balcon

Ouvrages rapportés

✓ Façade	✓	Menuiserie extérieure
Structure	✓	Occultation
✓ Charpente / toiture		Balcon
Plancher		Circulation / ascenseur

Présence du bois dans les éléments d'ouvrage rapportés

✓ Ossature façade		Menuiserie extérieure
✓ Revêtement extérieur		Occultation
Charpente / toiture		Balcon
Plancher		Isolation



Avant : 1969

Intervenants

Maître d'ouvrage : Immobilière 3F (75)

Maître d'œuvre : Agence Archétude, Gilles de Koninck (60)

BET structure : BERIM (93)

Lot façades : SISAP Façades (78)

Caractéristiques

Date de livraison : juillet 2010

Durée globale des travaux : 15 mois

Coût total opération : 3 531 722 d HT

Consultation des entreprises : corps d'état séparés

Typologie : logement collectif

Classement incendie : 2^{ème} et 3^{ème} famille A

Performance énergétique : 142 kWhep/m²/an

Certification : Patrimoine Habitat & Environnement

Surface SHON : 10 150 m²

Surface utile : 7 424 m²



Plan cadastral, terrain de 6 959 m², sis rue Bernardin de Saint-Pierre, Quartier La Nacelle à Corbeil-Essonnes.

Source : Direction générale des Finances Publiques - Cadastre ; mise à jour : 2013.



En bref

- Isolation rapportée entre ossature sous bardage bois (façades des bâtiments E, F et G)
- Isolation rapportée sous enduit mince (façades des bâtiments H et I)
- Remplacement des menuiseries extérieures des séjours
- Rénovation des toitures terrasses

• Travaux réalisés en site et logements occupés

Etat de l'existant

Situé dans un quartier peu accueillant, cet ensemble de 100 logements présente de nombreux points à améliorer : façades dépourvues d'isolation, accès aux bâtiments non fonctionnels et espaces communs vétustes.



Nathalie Fèvre, maître d'ouvrage

Y a-t-il eu des réticences à mettre en œuvre du bois ?

«Le choix du bois pour les revêtements extérieurs a en effet été un point à argumenter, particulièrement auprès de notre direction, peu sensibilisée aux possibilités et aux atouts d'un bardage bois, et qui souhaitait voir des panneaux composites, par exemple.

Les réticences liées au vieillissement du bois et au changement de teinte, souvent associées à un sentiment de dégradation, sont notamment des points de vue assez difficiles à faire évoluer. Toutefois, l'envie de donner une nouvelle identité pour les résidents, en bousculant un peu les habitudes, a rapidement convaincu les décideurs en faveur du bois.»

Alexia Tourette, architecte chef de projet

Quel a été le système d'appel d'offres ?

«Il s'agit d'un appel d'offres en corps d'état séparés. Nous avions 11 lots différents et obtenu trois ou quatre réponses d'entreprises pour le lot façade, sans difficultés particulières.

Immobilière 3F préfère mener une politique d'appel d'offres en corps d'état séparés. Cela implique une logique de pilotage du chantier très importante en plus de notre mission d'architecte. Cette coordination complexifie la phase chantier car il faut gérer les entreprises entre elles pour respecter les délais. Une entreprise défaillante peut faire effet boule de neige et faire déraiper les plannings. Globalement, pour ce projet, tout s'est bien déroulé.»



Coûts travaux constatés

Coûts valeur marché janvier 2009

- Total de l'opération : 3 531 722 d HT.
Soit 348 d/m² de SHON. Soit 35 317 d/logements.
- Total façade (enduit et bois) : 670 283 d HT.
Soit 19% du total de l'opération.
Dont façade bois (ossature, isolation et bardage) : 116 343 d HT.
- Installation de chantier / échafaudage : 87 412 d HT
- TVA 5,5%.

Structure : planchers et refends porteurs en béton armé. Façades en voile béton de 26 cm, sans isolation, recevant un traitement d'imperméabilité avec entoilage. En RDC, habillage en brique. Menuiseries extérieures PVC double vitrage avec allèges menuisées bois et panneaux amiante-ciment pour chambre et cuisine. Portes-fenêtres bois simple vitrage pour séjour. Toiture terrasse non accessible.

Equipement : chauffage collectif par chaudière à gaz. Ventilation naturelle basse et haute.

Diagnostics réalisés : aucun désordre particulier n'a été observé sur la structure. Les étanchéités de toiture terrasse ne sont pas conformes. Présence d'amiante sur plusieurs éléments. Chaudière à gaz aux normes. Les radiateurs sont vétustes. Le système de ventilation est à revoir.

La faisabilité

LES OBJECTIFS

Diminution des consommations énergétiques d'au moins 36%

Amélioration du confort des occupants

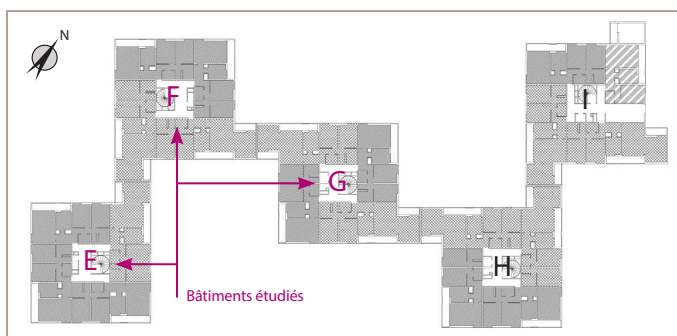
Esthétique moderne

LES CONTRAINTES

Logements occupés

Présence d'amiante

Les accès aux bâtiments doivent rester libres



Bâtiment E : 12 logements, R+3
Bâtiment F : 16 logements, R+4
Bâtiment G : 20 logements, R+5

Bâtiment H : 24 logements, R+6
Bâtiment I : 28 logements, R+7
Pas de logement au RDC, seulement des garages.

Financements des 100 logements

ANRU : 500 000 d TTC

Conseil Régional d'Ile-de-France : 276 200 d TTC

Conseil Général de l'Essonne : 260 000 d TTC

Prêt PRU : 1 326 747 d TTC

Prêt amélioration : 1 000 000 d TTC

Fonds propres : 374 324 d TCC



Avant

Après

Année de livraison	1969	2010
Typologie	5 bâtiments collectifs	5 bâtiments collectifs dont 3 en solution bois
SHON	10 150 m ²	
Performance énergétique	271 kWh/m ² /an	142 kWh/m ² /an



à noter

La première démarche du maître d'ouvrage a été d'établir un bilan technique. Celui-ci, réalisé par un cabinet extérieur, a permis de fournir une appréciation générale de l'état des bâtiments. Par la suite, des diagnostics structurels et thermiques ont été commandés auprès de deux bureaux d'études.

Le projet de réhabilitation

Seuls les 3 bâtiments E, F et G recevant une solution bois sont décrits, soit 48 logements.

Composition de la nouvelle enveloppe

- Préparation des supports existants, par traitement des fissures et calfeutrement des bouches de ventilations.
- Ossature bois secondaire rapportée sur voile béton in situ, isolation en laine minérale de 70 mm fixée mécaniquement par des chevilles étoilées. Bardage bois vertical en peuplier traité à haute température. Localisation : toutes façades, retour loggias, R+1 au R+5.
- Isolation des appuis, linteaux et tableaux avec retour d'isolant en polystyrène. Localisation : chaque ouverture
- Restauration du revêtement des façades en parement briquettes au niveau des RDC.
- Création d'une allège en parpaing montée devant les panneaux menuisés, avec isolation rapportée sous enduit mince.
- Remplacement des menuiseries bois simple vitrage par des menuiseries PVC double vitrage, type rénovation sur dormant conservés. Localisation : séjours.
- Pose de coffres de volet roulant PVC en applique extérieure des fenêtres. Localisation : chambres et séjours.
- Restauration des étanchéités avec isolation en polyuréthane de 80 mm et mise en place d'un complexe de végétalisation. Localisation : toitures terrasses.
- Remplacement des garde-corps. Localisation : toitures terrasses et loggias.
- Isolation des sous-faces de plancher donnant sur l'extérieur en panneaux type « Fibraroc » de 40 mm.



Amélioration des logements

- Remplacement des appareils sanitaires, rénovation de la plomberie, des revêtements peinture et faïence.

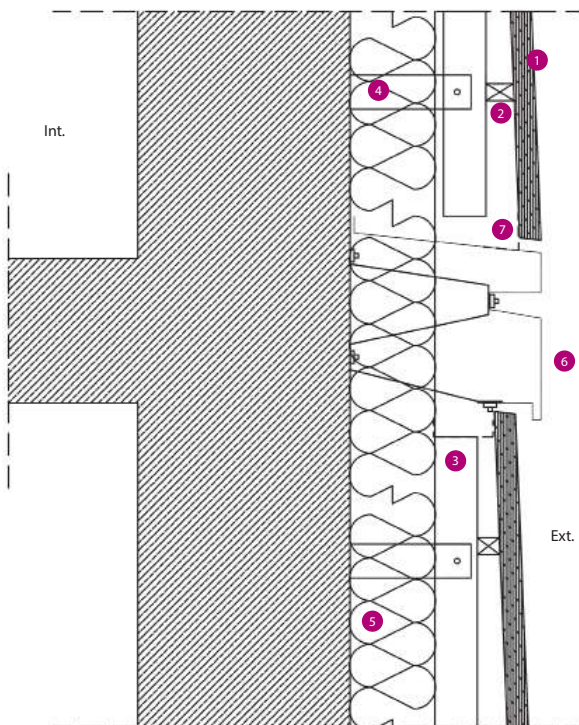
Equipements techniques

- Mise en conformité de l'électricité.
- Remplacement des radiateurs avec robinets thermostatiques.
- Ventilation naturelle assistée avec balayage du logement, améliorée par des inducteurs d'air en partie haute.
- Equilibrage et nettoyage de l'installation de chauffage.
- Calorifugeage des réseaux horizontaux en sous-sol.

Détails techniques façade bois

Coupe verticale sur liaison mur / plancher

Plan EXE - Archétype



- 1_Bardage légèrement incliné en peuplier traité à haute température
- 2_Linteaux bois
- 3_Ossature primaire bois 50x65 mm + lame d'air verticale

- 4_Equerre de fixation
- 5_Isolation laine minérale 70 mm
- 6_Bavette de recouvrement de la lame d'air, y compris laine minérale
- 7_Grille de ventilation pare-insectes



à noter

Une légère inclinaison

est donnée au bardage vertical afin de :

- favoriser un écartement du haut de la lame par rapport à la retombée de la bavette, formant ainsi goutte d'eau.
- limiter le rejaillissement de l'eau en bout de lame.



Réalisation d'un prototype par le façadier permettant de caler tous les détails de pose, de raccord sur l'existant et de constater que l'essence choisie en bardage ne convenait pas.



Focus... Sécurité incendie

Nous retenons le cas le plus exigeant : 3^{ème} famille A.

- Mise en conformité aux obligations de l'arrêté du 31 janvier 1986, chaque fois que cela est possible :
 - Le C+D existant manquait de justification.
 - Au droit des ouvertures, si un bardage bois sur ossature bois avait été rapporté, la masse combustible serait passée à 400 MJ/m² et aurait rendu le C+D insuffisant.
 - Les allèges amiantées type « glasal » existantes ne permettent pas d'atteindre la résistance au feu attendue.
 - La solution d'un mur en parpaing reposant sur les nez de dalle débordants avec ITE et enduit a été validée par le bureau de contrôle.
- Au sens de la circulaire du 13 décembre 1982, recouvrement de la lame d'air derrière la vèture et jusqu'au voile béton par bavette à chaque niveau.
- Pose d'un revêtement brique en RDC pour répondre à la réaction au feu C, s1, d0 et rassurer le maître d'ouvrage des départs de feu possibles depuis les locaux poubelles.

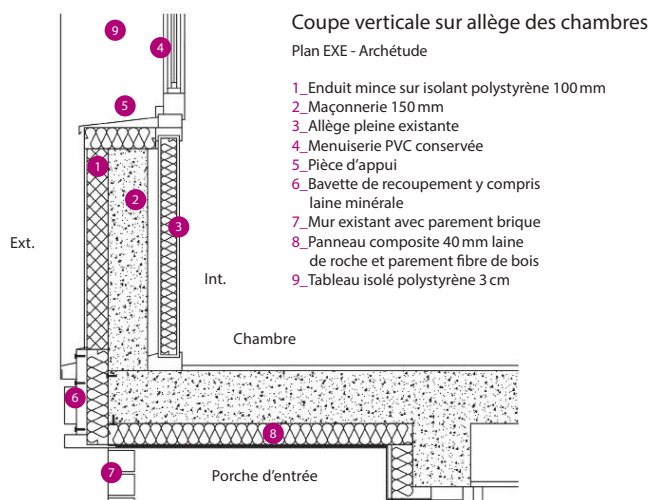
Hervé Marchand, entreprise façades
De quelle manière répondez-vous aux objectifs thermiques ?

« Nous sommes une entreprise d'environ 60 personnes, spécialisée dans le ravalement, l'isolation par l'extérieur, le bardage, les garde-corps et les menuiseries. Pour répondre à ce genre d'opération que nous avons l'habitude de traiter, nous nous devons d'être conformes aux cahiers des charges réalisés par la maîtrise d'œuvre, et nous soumettons des composants d'isolation pour atteindre les résistances thermiques attendues. Sur ce type de prestation, les points cruciaux et essentiels, sont le démarrage et les réglages de tous les détails, et pour cela le prototype nous a bien aidé. Une fois que la mise au point est calée et validée par l'ensemble des acteurs, ce sont des chantiers qui avancent tout seul. »

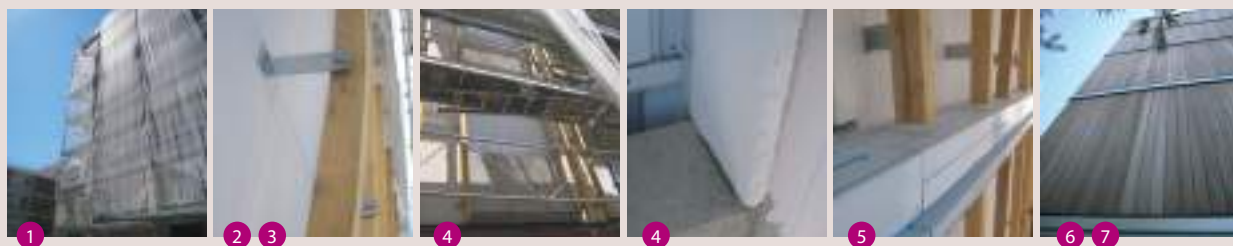
attention



! Le bois traité à haute température ne dispose aujourd'hui d'aucune certification ou d'ATE permettant de justifier de la classe de durabilité atteinte après traitement. En France, ce travail est actuellement en cours, certains industriels ont réalisé des Avis Techniques. Son classement de réaction au feu n'est pas répertorié dans le DTU BOIS FEU 88.



Méthodologie chantier façade bois



Ordonnancement

- 1_ Préparation de chantier, montage des échafaudages, mise en place des protections
- 2_ Traçage des niveaux pour fixation des équerres
- 3_ Mise en place de l'ossature secondaire bois, réglage de l'ensemble pour l'aplomb avant fixation définitive

- 4_ Montage des allèges en parpaing et retour tableau en isolation
- 5_ Mise en place des bavettes de recouvrement
- 6_ Pose de l'isolation laine minérale
- 7_ Pose du bardage

Organisation chantier et planning

- Pour permettre une rotation des échafaudages, les bâtiments sont traités les uns après les autres.
- Les chevrons sont découpés in situ, sur les postes de chantier puis acheminés sur échafaudage.
- Durée globale pour le traitement de l'enveloppe en continu : 7 mois.
- 1 140 m² de façade réalisée.

Moyens matériels et humains

Echafaudage tubulaire de pied.

Ex 2

Hôtel Ibis à Nemours (77) Des chambres qui prennent de la hauteur



Après : 2011

Surélévation et réhabilitation d'un hôtel. R+2

L'hôtel Ibis se situe au carrefour d'axes autoroutiers très fréquentés, ce qui en fait tout son attrait. Cependant, peu visible et vieillissant, l'hôtel connaissait des difficultés de remplissage. Son faible nombre de chambres ne permettait pas une bonne rentabilité au regard des charges et des coûts de fonctionnement importants.

La direction a décidé d'augmenter la capacité d'accueil de son établissement et d'améliorer la performance thermique et acoustique de l'enveloppe existante. Une surélévation naît à l'initiative de l'architecte, venant coiffer la toiture terrasse de 17 chambres, apportant une meilleure visibilité à l'hôtel depuis l'autoroute. S'ajoutent à ces travaux, la mise en place de murs mantaux fixés aux façades existantes.

L'hôtel se compose d'un bâtiment pour l'accueil et le restaurant, les chambres superposées sur trois niveaux sont quant à elles dans l'aile principale, dont nous décrirons la transformation dans cette présente étude de cas. L'ensemble a été réhabilité tout en conservant l'activité de l'hôtel.

Ouvrages existants déposés

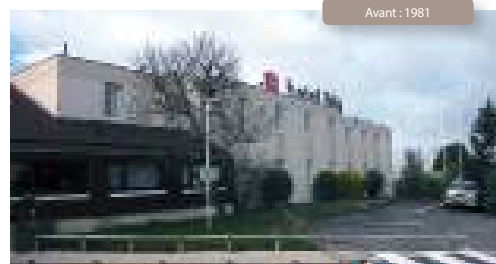
Façade	Menuiserie extérieure
Structure	Occultation
Charpente / toiture	Balcon

Ouvrages rapportés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
✓ Structure	✓ Occultation
✓ Charpente / toiture	Balcon
✓ Plancher	✓ Circulation / ascenseur

Présence du bois dans les éléments d'ouvrage rapportés

✓ Ossature façade	Menuiserie extérieure
✓ Revêtement extérieur	Occultation
✓ Charpente / toiture	Balcon
✓ Plancher	Isolation



Avant : 1981

Intervenants

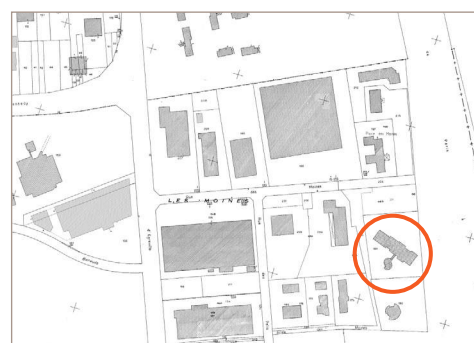
Maître d'ouvrage : Privé
Maître d'œuvre de conception : Paul & Seguin Architectes (38)
Maître d'œuvre d'exécution : MPCA Ingénierie (38)
BET structure bois : BET Yves-Marie Ligot (78)
Entreprise lot bois : Poulingue (27)

Caractéristiques

Date de livraison : mai 2011
Durée globale des travaux : 6 mois
Coût total opération : NC
Consultation des entreprises : corps d'état séparés
Typologie : bâtiment hôtelier
Classement incendie : ERP de 4^{ème} catégorie, type N et O
Performance énergétique : BBC rénovation
Surface SHON : 1 669 m²

Cubage bois

68 m³. Volume estimé à partir des surfaces réelles fournies par le BET bois.
Soit 41 dm³/m² de SHON.



Source : Direction générale des Finances Publiques - Cadastre, mise à jour 2013.

Plan cadastral, sis 2 place des Moines à Nemours.



En bref

- Création de surface plancher par surélévation
- Pose panneau ossature bois préfabriqué
- Pose plancher préfabriqué et support toiture bois
- Accessibilité PMR

• Travaux réalisés en site et chambres occupés

Etat de l'existant

D'aspect vieillot, cet établissement présente des façades en béton, typique des années 80. Le confort n'est plus à la hauteur et la capacité d'accueil n'est pas suffisante. A l'intérieur, la clientèle y trouve un bar, un restaurant, 20 chambres au RDC et 21 chambres à l'étage (sans ascenseur), réparties de part et d'autre d'un couloir central aveugle.



Structure : refends porteurs et façades en voile de 14 cm et planchers de 16 cm en béton armé. Isolation intérieure de 10 cm. Trame entre chambre de 2,70 m. Toiture terrasse avec étanchéité bitumée et gravillons. Menuiseries PVC en bon état, changées 5 ans auparavant.

Equipement : pompe à chaleur air/eau avec ventilo-convecteur dans chaque chambre. VMC simple flux.

Diagnostiques réalisés : un sondage de sol et une reconnaissance de la structure existante, réalisés par un ingénieur béton, ont permis de conforter l'idée qu'une charge rapportée par un volume en ossature bois ne posait aucune difficulté structurelle. Pas de désordre observé sur la structure. L'état de surface de l'enduit est bon. Pas de présence d'amiante.

Eric Seguin, Architecte

Pourquoi avoir fait le choix d'une surélévation ?

« La direction de l'hôtel désirait augmenter la capacité d'accueil de son établissement en créant une extension de 17 chambres. A la solution classique d'une extension en aile, nous avons proposé de réaliser une surélévation d'un étage sur la toiture-terrasse de l'hôtel.

Cette solution, en apparence plus atypique, se révèle une réponse appropriée au regard du contexte de l'intervention. Au-delà d'un positionnement éthique et économique (économie du foncier notamment), le parti pris vise à rationaliser les circulations de l'équipement existant par la création d'un ascenseur desservant l'ensemble des étages depuis le hall. Il propose ainsi une structure fonctionnelle logique facilitant les usages au sein de l'hôtel, par les clients, mais aussi par les employés. Contrairement à l'extension, la surélévation évite également tout risque de vue en vis-à-vis entre chambres. Par ailleurs, le prolongement de l'isolation depuis le débord de la surélévation sur les façades existantes, permet d'envisager une solution thermique globale, compacte et relativement sobre en énergie. Cette cohérence thermique permet de livrer un bâtiment contemporain, lisible et attrayant pour le client. »

Quelles étaient les principales contraintes liées à la liaison entre l'existant et la surélévation ?

« Pour des raisons d'évolution du standard des chambres de l'enseigne, les deux premiers niveaux correspondent à un confort hôtelier deux étoiles des années 80, autorisant une largeur de chambre de 2,70 m. Or, le standard actuel, orienté vers la 3^{ème} étoile, impose une largeur d'environ 3 m. Cette contrainte rendait donc impossible la simple superposition des refends de chambre de la surélévation sur les refends des chambres de l'étage inférieur. L'intégration de cette contrainte par l'ingénieur bois en phase esquisse a permis d'envisager un détramage des refends.

Cette particularité technique a été rendue possible par la création d'un « couloir structurel » reposant sur la dalle de toiture et s'appuyant ponctuellement au droit des refends inférieurs. Ce « couloir porteur » permet ainsi de porter les nouveaux refends, de la façade au couloir, en totale indépendance des trames de chambre de l'étage inférieur. Le changement de trames rendait également impossible la superposition des gaines de salle de bains. Nous avons donc procédé à un calage fin du plan des descentes de chutes et à des dévoilements dans l'interstice entre la toiture existante et le nouveau plancher. »

La faisabilité

L'architecte a dû vérifier certains grands points avant de lancer le projet : l'état de la structure béton, la sécurité incendie plus contraignante due au changement de catégorie et les accessibilités à créer pour répondre à une réglementation plus élevée.

LES OBJECTIFS

Création de nouvelles chambres

Accessibilité aux PMR

Renforcer l'isolation acoustique.
Atteindre 39 dB et 41 dB

Diminution des consommations énergétiques

LES CONTRAINTES

Continuer l'accueil de la clientèle

Travaux à faibles nuisances sonores et visuelles

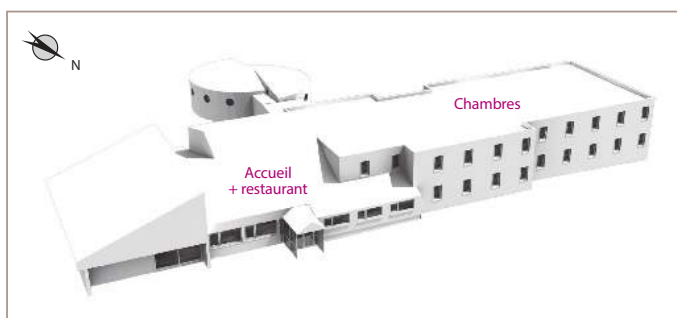
Trame «normée» des chambres passant de 2,70 m à 3,00 m en R+2

Espace de stockage très limité



à noter

Le contexte économique ne permet pas de réaliser une étude thermique complète du bâtiment. Les objectifs visés de l'enveloppe sont du niveau BBC rénovation.



Vue d'ensemble, hôtel avant réhabilitation.



Avant

Après

Année de livraison	1981	2011
Typologie	hôtel 41 chambres	hôtel 57 chambres
Sécurité incendie	ERP de 5 ^{ème} cat.	ERP de 4 ^{ème} cat.
SHON	1 272 m ²	1 669 m ²
Performance énergétique	NC	BBC rénovation
Capacité d'accueil	82 personnes	116 personnes

NB : une chambre a été supprimée au RDC pour l'installation de l'ascenseur.

Le projet de réhabilitation

Les façades sont enveloppées d'une nouvelle peau thermique et la toiture terrasse reçoit une surélévation d'un niveau comprenant 17 chambres. Cette nouvelle capacité d'accueil justifie la création d'un ascenseur et la reprise des escaliers permettant ainsi de desservir les deux nouvelles chambres PMR du dernier niveau.

Composition de la nouvelle enveloppe

Existant RDC et R+1

- Panneaux ossature bois préfabriqués isolés. Montant 45 x 100 mm. Bardage bois traité en autoclave, profil à faux clairevoie, pose verticale. Localisation : toutes façades des niveaux existants y compris pignons.
- Menuiseries extérieures PVC conservées.

Surélévation R+2

- Plancher bois sur la toiture terrasse. Structure en bois lamellé-collé, par poutres simples ou doublées, recevant des caissons planchers préfabriqués isolés. Fixations et descentes de charges sur les refends existants.
- Panneaux ossature bois préfabriqués non isolés. Montant 45 x 120 mm. Bardage bois traité en autoclave, profil à faux clairevoie, pose verticale. Localisation : toutes façades de la surélévation.
- Panneaux ossature bois préfabriqués isolés. Montant 45 x 100 mm. Doubles refends intérieurs. Localisation : murs séparatifs entre chambres.
- Toiture non ventilée. Panneaux bois supports de panneaux sandwichs isolés puis étanchéité.
- Menuiseries extérieures en PVC, avec renforcement phonique.

Equipements techniques

- Désenfumage mécanique dans les circulations horizontales et naturel pour les verticales.
- Mise en place d'un ascenseur desservant les 3 niveaux.
- Ventilation VMC simple flux. Chaque chambre est équipée d'entrée d'air acoustique formant piège à son.
- Chauffage par pompe à chaleur air/eau, avec simple extension du réseau et ventilo-convecteur dans chaque nouvelle chambre.
- Chaudière existante non redimensionnée.
- Cabine salle de bain installée à l'avancement du chantier dans chaque chambre neuve.



Coûts travaux constatés

Non communiqué.

Yves-Marie Ligot, BET

Comment avez-vous appréhendé la sécurité incendie pour ce bâtiment ?

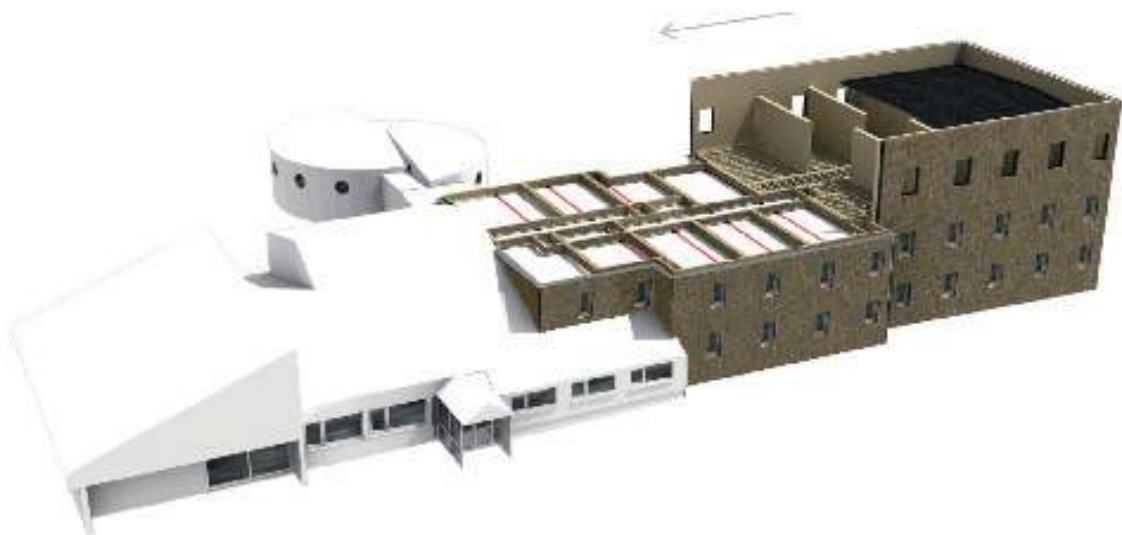
« Grâce au plancher sur-épaissi entre l'existant et la surélévation, nous n'avons eu aucune difficulté à respecter le C+D, avec un « C » surabondant. La bavette, servant de recouplement de la lame d'air, est introduite aux jonctions des panneaux entre l'existant et la surélévation. Pour ce bâtiment, nous sommes sur l'ancien IT 249, aujourd'hui nous la recommanderions en acier, avec une bavette à chaque niveau. Pour avoir l'effet ajouré souhaité par l'architecte, un profil continu à faux clairevoie a été choisi, répondant ainsi à la réaction au feu D-s3,d0 du parement. Pour finir, des portes coupe-feu ont été ajoutées dans les circulations. »

Sadhek Sadoun, entreprise bois

Comment s'est organisée la mise en œuvre de la surélévation ?

« Dans un premier temps, nous avons posé les poutres BLC sur des ferrures intermédiaires fixées aux voiles béton des refends inférieurs au travers de l'étanchéité reprise et sur les acrotères directement. Puis, il y a eu la pose des caissons planchers isolés, des murs extérieurs, des murs de refends qui stabilisent l'ensemble, et celle des éléments de toiture et de couverture.

Grâce à cette méthode d'avancement, l'ensemble du plancher est resté hors d'eau. »



Vue d'ensemble du projet, avec les différentes étapes de mise en œuvre. Les traits en rouge représentent les murs refends des niveaux inférieurs.

Détails techniques

façade bois

Niveau de préfabrication

<input checked="" type="checkbox"/>	STRUCTURE BOIS	<input checked="" type="checkbox"/>	ISOLANT PARE-VAPEUR
<input checked="" type="checkbox"/>	REVETEMENT EXTERIEUR	<input type="checkbox"/>	MENUISERIES EXTERIEURES

Sadhek Sadoun, entreprise bois

Quelle a été l'étape la plus importante ?

« Le calage des équerrres de support des murs-manteaux, comme niveau de référence, puis la fixation de toutes les ferrures sur l'ensemble du bâtiment aux bons endroits, y compris les fixations spécifiques aux acrotères. Cette implantation a été vérifiée minutieusement par nos soins.

C'est en effet cette étape clé qui va donner le rythme à toutes les autres phases. Deux semaines nous ont été nécessaires. Puis nous avons posé tous les panneaux manteaux sur l'existant.

Relevé de cotes

En phase esquisse, l'architecte de conception réalise lui-même ses relevés manuels, lui permettant de bien appréhender la composition de l'existant et ses possibilités de transformation.

En phase PRO, un géomètre expert réalise un relevé précis de la toiture terrasse existante pour repérer les appuis.

En phase EXE, l'entreprise Poulingue fait son relevé complémentaire manuel, avec comme point déterminant, les cotes et emplacements des ouvertures. Elle définit une dimension de chevêtre unique et réalise la modélisation des plans d'exécution en ajustant ce chevêtre dans les panneaux. Pour observer une tolérance de pose entre 2 panneaux, un jeu de 9 mm est respecté.

Méthode de fixation des panneaux

Panneaux ossature bois conçus à la verticale, 6,40 m x 1,20 m et 2,40 m couvrant les deux niveaux de l'existant.

Il y a deux points d'ancrage par panneaux :

- Equerre filante servant d'appui et de niveau de référence, fixée en pied de mur, reprenant l'intégralité des charges verticales.
- Ferrures mécano-soudées fixées avec chevilles chimiques en tête d'acrotère, reprenant le haut des panneaux verticaux inférieurs, faisant la liaison avec les panneaux supérieurs de la surélévation.



Fixation à mi-hauteur des panneaux par équerre afin de les reprendre sur le mur existant.



Ferrures fixées sur l'acrotère, en attente de recevoir les panneaux.



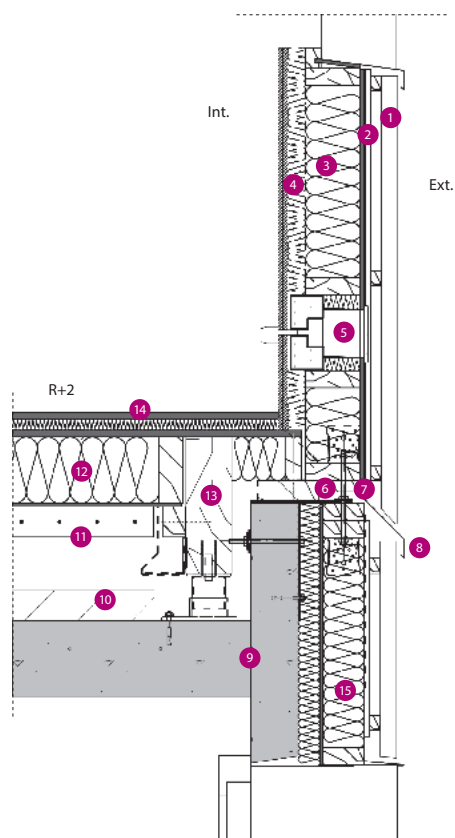
Liaison entre panneaux par platine se faisant sur la face extérieure du panneau. Puis 4 lames de raccord seront posées sur chantier.



Ferrure mécano-soudée, reprenant les panneaux inférieurs et supérieurs. Calage de la lisse de ceinturage.



Plancher caisson et mur ossature posés sur la lisse de ceinturage, liaison par goujon en attente.



Coupe verticale sur liaison mur/ plancher

Plan EXE Entreprise Poulingue

Composition mur surélévation

- 1_Bardage bois vertical + tasseaux 27 x 40 mm + tasseaux 15 x 40 mm
- 2_Pare-pluie + OSB 9 mm
- 3_Montants bois 45 x 145 mm + isolation laine minérale 14 mm
- 4_Pare-vapeur + contre-isolation laine minérale 50 mm + 2 panneaux gypse-cellulose
- 5_Complexe de ventilation
- 6_Lisse BM de ceinturage
- 7_Complexe ferrure mécano-soudée
- 8_Bavette de recouvrement de la lame d'air
- 9_Dalle et mur existants

Composition plancher surélévation

- 10_Etanchéité existante
- 11_Supports caissons de plancher BM 60 x 80 mm
- 12_Caisson BM 65 x 175 mm + isolation 163 mm + OSB 9 mm
- 13_Structure porteuse BLC 120 x 360 mm
- 14_Plancher flottant 18 mm + Domisol LR 30 mm + OSB 18 mm

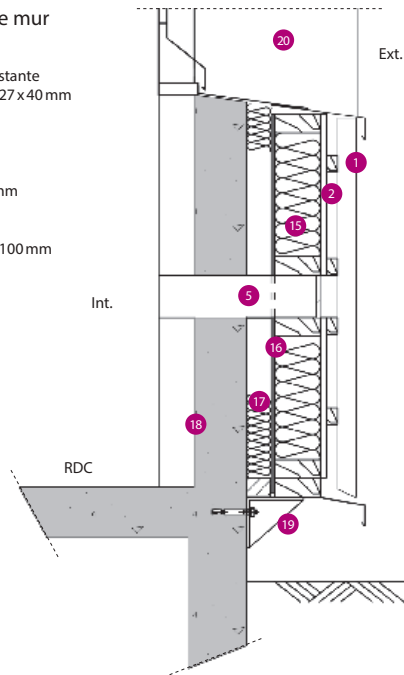


à noter

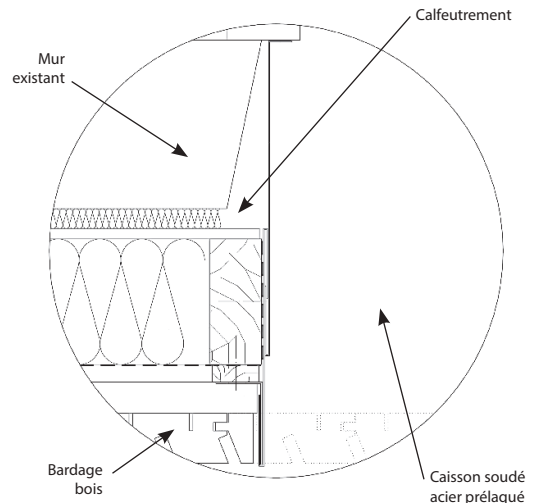
Les panneaux bois de la surélévation sont préfabriqués mais non isolés, afin de pouvoir placer le plancher et la fixation goujon-ferrure sans détériorer une éventuelle étanchéité à l'air. L'isolation et le pare-vapeur ont été mis en œuvre par l'entreprise bois in situ.

Coupe verticale sur pied de mur Plan EXE Entreprise Poulingue

- Composition du mur sur façade existante
- 1_Bardage bois vertical + tasseaux 27 x 40 mm + tasseaux 15 x 40 mm
 - 2_Pare-pluie + OSB 9 mm
 - 5_Complexe de ventilation
 - 15_Montants bois 45 x 110 mm + isolation laine minérale 110 mm
 - 16_OSB 9 mm + vide d'air 57 mm
 - 17_Calfeutrement
 - 18_Façade existante avec isolation 100 mm
 - 19_Ferrure continue de départ
 - 20_Caisson soudé acier prélaqué



Coupe horizontale sur menuiserie extérieure existante Plan EXE Entreprise Poulingue



à noter

Un jeu de calage de quelques centimètres est respecté entre le mur existant aux cotes variables et le mur manteau bois d'aplomb. Pour neutraliser l'air dans ce vide, des calfeutremments ont été réalisés par bande de laine minérale comprimée au pourtour des chevêtres d'ouverture, des entrées d'air et en périphérie des façades.

Focus...

Performance acoustique surélévation

Deux problématiques :

- Isolement par les façades aux bruits aériens compris entre 39 dB et 41 dB, proximité de l'autoroute.
- Isolement entre chambres sans obligation réglementaire car maîtrise d'ouvrage privée. Toutefois, des performances exigeantes car les nuisances sonores peuvent s'avérer préjudiciables dans un hôtel.

Solutions :

- Deux plaques de gypse-cellulose en périphérie.
- Aucun percement du parement intérieur des façades et des murs séparatifs. La distribution électrique se fait par ceinturage en applique.
- Le système d'entrée d'air consiste à installer un boîtier avec filtre acoustique dans l'ossature bois et à prendre l'air neuf derrière le bardage, depuis la lame d'air, y compris calfeutrement. Pour l'existant, ce système vient en prolongement des sorties existantes dans les allèges béton.
- Les parois séparatives des chambres sont constituées de deux murs ossature bois reposant sur deux poutres de plancher, avec entre elles, un vide d'air, évitant ainsi les points de liaisons directs.

Yves-Marie Ligot, BET bois

Les résultats acoustiques sont-ils bons ?

«C'était la première fois que nous réalisons un bâtiment à sommeil avec l'exigence acoustique qui lui correspond. Nous avons donc procédé un peu par tâtonnement. Nous avons fait une recherche documentaire sur ce qu'il existait et nous nous sommes assurés de la conception des parois par une vérification auprès du service acoustique du FCBA. Nous avons essayé de dédoubler au maximum à la fois les murs séparatifs entre chambres mais également les poutres porteuses du plancher afin de limiter les transmissions. Il n'y a pas eu d'effet de vérification in situ. Mais au moment de la commission de sécurité, les pompiers nous ont demandé de rajouter des alarmes, car nous ne les entendions pas assez depuis les chambres. Le niveau de confort acoustique atteint est largement suffisant.»



Le système d'entrée d'air, avec filtre acoustique, est dissimulé dans l'ossature bois pour chaque chambre, évitant ainsi la présence visuelle d'une grille en façade.

Yves-Marie Ligot, BET bois

Pourquoi avoir choisi de poser les panneaux préfabriqués à la verticale ?

«Pour deux raisons. D'une part, si nous avions conçu les panneaux ossature bois à l'horizontale, nous aurions été obligés d'avoir une jonction entre chaque niveau. Leurs raccords n'auraient pas été possibles avec un bardage vertical posé en atelier.

D'autre part, la pose de panneaux verticaux nous a permis d'intervenir sur deux chambres superposées dans la même journée, limitant ainsi les nuisances. Les chambres restaient occupées.»



Méthodologie chantier façade bois



Ordonnement

Phase 1_ La nouvelle enveloppe de l'existant

- 1_ Positionnement des équerres de fixation sur la maçonnerie existante
- 2_ Pose des panneaux bois sur les façades existantes
- 3_ Mise en place de la lisse de ceinturage

Phase 2_ La surélévation

- 4_ Pose des poutres sur la couverture existante
- 5_ Mise en place des planchers-caissons
- 6_ Montage des murs extérieurs, refends et toiture en simultanément
- 7_ Réalisation de l'étanchéité de couverture
- 8_ Pose menuiseries PVC
- 9_ Pour l'ensemble, pose des lames de bardage, jonction de deux panneaux et habillage de fenêtres.



Organisation chantier

- En raison du manque d'espace de stockage, la plupart des panneaux sont posés au fur et à mesure de leur livraison.
- L'intervention sur la reprise de l'étanchéité n'a pas été attribuée à l'entreprise bois, ce qui a rendu cette interface compliquée.

Moyens matériels et humains

- 1 chariot à tourelle de 25 m de flèche
- 2 nacelles élévatoires (16 m et 22 m)
- Echafaudages roulants
- 2 à 11 ouvriers sur chantier

Sadhek Sadoun, entreprise bois

Que retirez-vous de cette expérience ?

«La durée globale du chantier aurait d'avantage été maîtrisée si nous avions pu intervenir en macro-lot ossature bois/menuiseries extérieures et couverture / étanchéité / zinc.

Les points positifs sont multiples. Par exemple, le gabarit assez simple de la construction existante, avec un calepinage de fenêtres répétitif, que nous avons fortement apprécié pour optimiser la préfabrication et la rapidité de mise en œuvre. Les fondations n'ont pas été touchées, le principe de surélévation a été complètement maîtrisé. Le bois a donc été un choix idéal, car en maçonnerie ou autres matériaux, cela aurait été beaucoup plus contraignant. Le propriétaire nous a annoncé que, suite aux travaux, sa clientèle a augmenté et apprécie particulièrement les chambres du dernier étage. Cette expérience est duplicable sur les nombreux hôtels construits sur le même modèle.»

Ex 3

Quartier "Les Turbaudières" à Cholet (49), 146 logements Une réhabilitation maîtrisée, en site occupé



Après : 2013

Réhabilitation thermique de 4 bâtiments.
R+3 à R+7

Situé au sud-ouest de la ville, à l'angle de voies devenues passagères, cet ensemble d'édifices de R+3 à R+7 attire le regard par la complexité de leurs volumes accentuée par l'usage de nombreux matériaux colorés devenus vétustes.

Ces 4 bâtiments sont les plus énergivores du parc de Sèvre Loire Habitat et n'isolent pas des bruits routiers. Malgré une première réhabilitation thermique par l'extérieure entreprise dans les années 80, le niveau de confort thermique n'est toujours pas à la hauteur.

Fort de ces constats, Sèvre Loire Habitat s'engage dans la recherche de solutions innovantes pour maîtriser les charges, réduire les dépenses énergétiques et redonner un confort résidentiel à cet ensemble. Un projet en conception-réalisation est lancé suivant une démarche environnementale.

Les travaux se font en deux tranches pour répondre aux contraintes d'un site occupé.

Ouvrages existants déposés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
Structure	✓ Occultation
Charpente / toiture	Balcon

Ouvrages rapportés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
✓ Structure	✓ Occultation
Charpente / toiture	✓ Balcon
✓ Plancher	Circulation / ascenseur

Présence du bois dans les éléments d'ouvrage rapportés

✓ Ossature façade	Menuiserie extérieure
✓ Revêtement extérieur	Occultation
Charpente / toiture	✓ Balcon / persienne
Plancher	Isolation



Avant : 1977

Intervenants

Maître d'œuvre : Triade Architecture (79)

BET structure : AREST (49)

BET thermique : POUREAU (86)

OPC : ORCOS (85)

Entreprise lot façade bois : CMB, Construction Millet Bois (79)

Caractéristiques

Date de livraison : 2013

Durée globale des travaux :

1^{ère} tranche : 9 mois - 2^{ème} tranche : 9 mois

Coût total opération : 4 152 300 d HT

Consultation des entreprises : marché en conception-réalisation, entreprise mandataire CMB

Typologie : logement collectif

Classement incendie : 3^{ème} famille A

Performance énergétique :

Bâtiment A : 57 kWhep/m²/an

Bâtiments B, C et D : 67 kWhep/m²/an

Surface SHON : 12 938 m²

Cubage bois

425 m³. Volume estimé par l'entreprise CMB.

Soit 33 dm³/m² de SHON



Plan cadastral, Sis, square de Cheverny Quartier Les Turbaudières, à Cholet.

Source : Direction générale des Finances Publiques - Cadastre, mise à jour : 2013.



En bref

- Dépose façade existante
- Pose panneau ossature bois préfabriqué
- Rénovation des toitures terrasses
- Augmentation de la SHON
- Restructuration des balcons

Travaux réalisés en site et logements occupés

Etat de l'existant

Les 4 immeubles, pourvus de parking souterrains, s'organisent en deux lots : le bâtiment A isolé et les 3 autres mitoyens. Ils sont de formes complexes et semblent labyrinthiques. Les logements sont de types T1 à T5, et certains bénéficient de balcons assez petits. Les façades génèrent de nombreux ponts thermiques, de la condensation et une mauvaise isolation phonique.



Panneaux de façade menuisés avec châssis aluminium et allège en panneaux amiante-ciment de 35 mm, posés entre dalles et poteaux béton.



Façades avec ITE des années 80.

Structure :

Poteaux saillants, refends et dalles en béton armé.

En 1980, première rénovation avec ossature bois rapportée, isolation laine minérale de 100 mm et vêtue en plaque de fibres-ciment. Menuiseries d'origine conservées. Toiture terrasse avec isolation 45 mm.

Equipement : chaudière à gaz commune. Distribution des radiateurs en façades. Ventilation à minima, entrée d'air en façade.

Diagnostics réalisés : en l'absence des études antérieures, le BET béton du groupement de conception-réalisation, n'a pu garantir la capacité de résistance des planchers béton à supporter des charges rapportées. De plus, ceux-ci présentaient des flèches de quelques centimètres. Les poteaux béton, quant à eux, étaient très largement dimensionnés.

Une étude thermique a permis de définir le cahier des charges. Les chaudières à gaz conservées sont à redimensionner. Présence d'amiante dans les panneaux de façade.

Daniel Doteau, maître d'ouvrage

Pourquoi avoir opté pour une procédure en conception-réalisation ?

«Pour bien définir nos objectifs, nous avons missionné un bureau d'études ayant réalisé un bilan thermique, identifié le rendement des chaudières déjà remplacées et établi un cahier des charges. Devant la complexité de celui-ci, nous avons préféré partir sur une procédure d'appel d'offres compétitif en conception-réalisation, afin de favoriser l'association bien en amont, d'un architecte et d'une entreprise ayant déjà une technique particulière. Dans le cadre du dialogue compétitif, nous avons fait évoluer le projet grâce aux échanges avec les deux équipes retenues. Toutes deux proposaient des murs manteaux, l'une avec un appui sur les planchers, ce qui remettait en cause la structure du bâtiment, l'autre venant s'accrocher sur les poteaux béton. Notre choix a vite été fait sur cette dernière solution, proposée par l'équipe de l'entreprise CMB.»

Patrice Millet, entreprise bois

En tant que mandataire des lots, comment avez-vous perçu le travail en équipe ?

«Nous avons la responsabilité du suivi de chantier. Mais comme nous avons créé ce groupement, c'est à l'architecte que nous avons remis cette mission, qui lui-même s'est entouré d'une personne assurant l'OPC. Les tâches étaient bien réparties : ils s'occupaient du planning et de l'avancement du chantier, et pour notre part, nous nous occupons de tout ce qui était technique, pour bien nous concentrer sur les problématiques de réalisation.»

La faisabilité

Une enquête de satisfaction confirmant le niveau très bas des confort thermique et acoustique, le maître d'ouvrage lance à l'été 2010 une procédure de conception-réalisation de réhabilitation. L'équipe retenue apporte les solutions pour interchanger les façades dans des temps extrêmement serrés.

LES OBJECTIFS

Performance thermique BBC rénovation (80 kWhep/m²/an) visée à minima

Respect des cibles environnementales

Confort acoustique

Amélioration du confort des logements

Image architecturale plus homogène

LES CONTRAINTES

Pas de reprise de charges possible sur les planchers béton

Intervention hors période de chauffe

Logements occupés

Panneaux de façade amiantés

Configuration des bâtiments complexe

Financements :

FEDER : 290 000 d TTC

ANRU : 470 000 d TTC

Conseil Régional des Pays de la Loire : 580 000 d TTC

ADEME : 120 000 d TTC

Prêt DEXIA : 1 090 000 d TTC

Prêt Caisse des Dépôts :

2 030 000 d TTC



Plan de masse.

1^{ère} tranche : bâtiment A, R+7, 60 logements.
2^{ème} tranche : bâtiments B, C et D, R+3 à R+5, 86 logements.

	Avant	Après
Année de livraison	1977	2013
Typologie	Logements collectifs	
SHON	11 976 m ²	12 938 m ²
Performance énergétique	183 kWhep/m ² /an	Bât. A : 57 kWhep/m ² /an Bât. B, C et D : 67 kWhep/m ² /an

Le projet de réhabilitation

L'équipe mandataire a optimisé la conception de «mur-manteau» en gommant toute structure saillante et ponts thermiques. Une préfabrication poussée a permis un processus rapide d'intervention, une réduction des emprises chantier et une limitation des problématiques de planning d'ouvrages conventionnels. Le matériau bois, évitant de surcharger la structure béton, permet de ne pas justifier l'existant. Orchestration suivant des cibles environnementales.

Composition de la nouvelle enveloppe

- Panneaux ossature bois préfabriqués. Localisation : toutes façades, y compris devant les loggias.
- Revêtements extérieurs à clin fibre-ciment posés en atelier et en cassette zinc posée in situ.
- Menuiseries extérieures en aluminium double vitrage 4/16/4 à lame d'argon et volet roulant électrique.
- Pas d'intervention sur le plancher RDC.
- Renforcement de l'isolation par polystyrène extrudé 160 mm et étanchéité en toiture terrasse.
- Isolation des dalles béton filantes de balcon par laine de roche et mousse polyuréthane, y compris l'extension en plancher bois.
- Structure métallique indépendante supportant les extensions de balcon.
- Persiennes bois coulissantes en balcon.

Equipements techniques

- Optimisation du rendement des chaudières à gaz collectives existantes (consommation divisée par 3).
- Nouveaux radiateurs avec robinet thermostatique, nouvelles distributions en façades.
- VMC simple flux hygro B.
- Rénovation des colonnes d'eau froide.

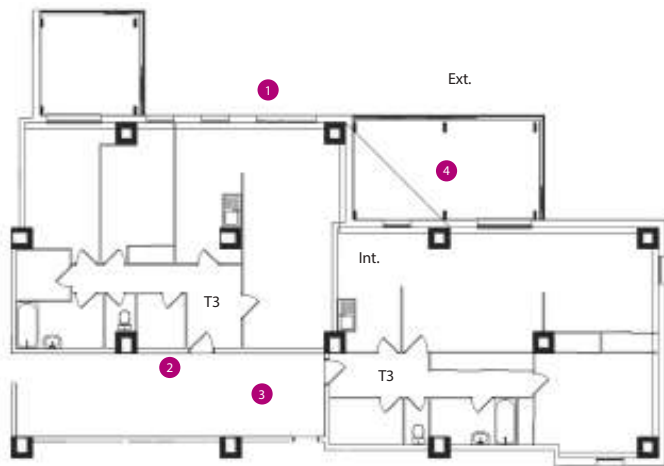


Coûts travaux constatés

Coûts valeur marché 2011

- Total de l'opération : 4 152 300 d HT
Soit 321 d HT / m² de SHON
- Coût total par logement : 28 440 d HT
- Coût conception : 447 700 d HT
- Façade bois (structure, isolation et bardage) :
2 332 170 d HT. Soit 51 % du total de l'opération
- TVA : 19,6%

Exemple de 2 logements T3



1. Nouvelle enveloppe bois déportée
2. Doublage du mur séparatif
3. Circulation
4. Extension de balcon en triangle

Brice Kohler, architecte

Quels sont les points particuliers rencontrés au niveau de l'acoustique ?

« Dans ce genre de rénovation thermique, la problématique de l'isolement acoustique n'est pas à négliger. En effet, lorsque vous isolez énormément par rapport aux bruits extérieurs, de voiries, etc..., et bien la perception des bruits intérieurs entre logements et espaces communs s'amplifie, votre voisin devient insupportable. Ayant anticipé ce point, nous avons doublé entièrement les parties communes et cages d'escalier en travaillant ainsi sur le phonique, et de ce fait, nous avons amélioré la thermique. »

Votre parti architectural ?

« Les volumes étaient très complexes, avec des décrochements, des différences de hauteurs et des balcons en triangle. Nous avons souhaité rendre de la lisibilité en travaillant avec deux matériaux, le bardage à clin et le zinc, de différents tons. Le ton clair identifie « le corps » du bâtiment alors que le ton plus foncé sert à décrocher des volumes particuliers. Nous avons réécrit les volumes, par l'effacement des poteaux saillants, et en rendant les balcons rectangulaires pour leur donner un meilleur usage. Ce parti architectural a été conforté par l'obtention du permis de construire en 15 jours. Nous avons eu entière satisfaction à rénover ce bâtiment plutôt que de se dire « on abandonne, on met tout par terre et on recommence ». C'est une expérience vraiment intéressante. »

Patrice Millet, entreprise bois

Pouvez-vous décrire vos activités ?

« Construction Millet Bois, entreprise familiale à capitaux créée en 1986, assure la continuité de l'entreprise paternelle créée en 1946. Nous nous sommes fortement développés sur la structure bois depuis une quinzaine d'années, en réalisant des chantiers de plus en plus importants, dans le secteur grand Ouest et la Région Parisienne. Aujourd'hui, nous sommes une centaine de personnes. Nous avons un chiffre d'affaires d'environ douze millions d'euros, avec des activités dans le neuf et la rénovation, pour tout type de bâtiment. »



à noter

Les travaux n'ont eu aucune incidence sur les loyers. Les charges, chauffage collectif et ascenseur, ont diminué de moitié. La SHON augmentant par logement, le ratio est meilleur.

Détails techniques

façade bois

Niveau de préfabrication



NB : le plancher bois pour l'extension de balcon est préfabriqué.

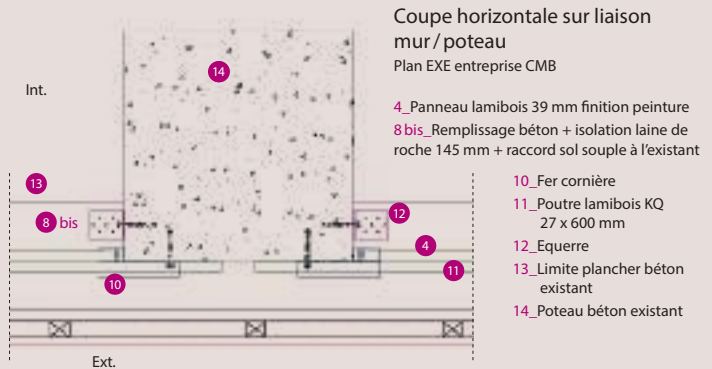
Relevé de cotes

En phase projet, un relevé réalisé par une entreprise extérieure permet de comprendre l'organisation des volumes, de la structure et d'établir les premiers plans.

En phase exécution, le relevé millimétrique réalisé par l'entreprise façade bois par tachéomètre, permet de réaliser les plans d'exécution de chaque panneau, au fur et mesure de l'avancement du chantier.

Méthode de fixation des panneaux

- Panneaux ossature bois positionnés devant les poteaux béton venant se fixer à un fer cornière.
- La liaison entre panneaux se fait par une équerre de guidage et une fixation lardée depuis l'extérieur.
- Pour les joints verticaux et horizontaux entre panneaux, jeu de 2 cm rempli de laine de roche HD comprimée acceptant les déformations possibles.
- Raccord de l'étanchéité à l'air depuis l'intérieur.



Fer cornière (platine de démarrage).



Calfeutrement des panneaux inférieurs par bande adhésive.



Installation de la laine de roche et de l'équerre de guidage qui sera glissée dans la réservation prévue dans le panneau supérieur.



Le béton vient combler la réservation entre la laine de roche et la dalle existante. L'emprise de l'ancienne façade est à ce stade visible.

Brice Kohler, architecte

Quelle a été la méthode utilisée pour le relevé de cotes ?

«Nous avons sous-traité à une entreprise les relevés de l'ensemble des appartements et des façades. Tout d'abord, il fallait démonter les plaques sur ITE de la première rénovation, pour voir ne serait-ce que les flèches au niveau des planchers. Tout n'était pas visible au départ. Ensuite, à l'avancement du chantier, l'équipe CMB, grâce à un relevé très précis, vérifiait les cotes avant de lancer la fabrication de chaque panneau. Cela se jouait sur un intervalle d'une semaine. La répartition des poteaux entre 4 et 6 m, ne se présentant pas en trame très régulière, chaque panneau est adapté et est différent. Pour le bâtiment A, le relevé s'est fait manuellement, de façon un peu archaïque. Pour la deuxième tranche, l'entreprise CMB s'est équipée d'un tachéomètre.»



à noter

Une surface de plancher d'environ 7 m² par logement est créée, grâce au décalage des panneaux bois passant devant les poteaux béton. Cette avancée est comblée par un remplissage en béton, assurant un isolement acoustique aux transmissions verticales et un isolement au feu.

Focus...

Panneaux de façade préfabriqués

Chaque panneau d'étage est auto porteur et est conçu par analogie comme une poutre caisson. Ils restent indépendants les uns des autres. Côté intérieur, le panneau de lamibois, type KERTO en 39 mm, fixé sur ossature, assure :

- la partie structurelle du panneau d'ossature bois,
- la résistance au feu d'1h, de l'intérieur vers l'extérieur, associé à une poutre porteuse de lamibois 27 x 500 mm derrière celui-ci, garantissant la tenue de l'ensemble au-delà d'1h de flambée,
- un isolement acoustique au bruit aérien,
- une surface de finition peinture possible en atelier,
- le passage des gaines des VR électriques en atelier.

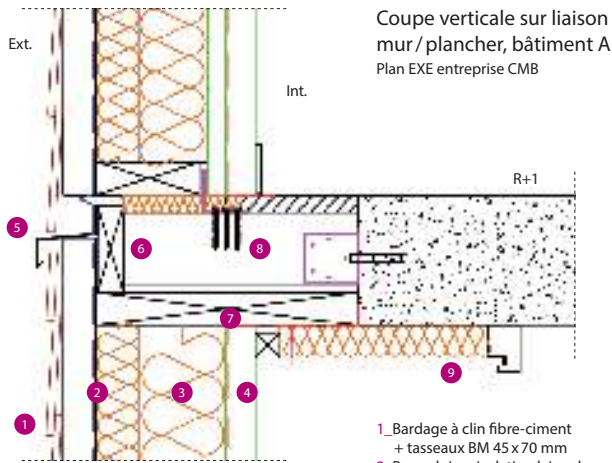
Les dispositions constructives sont conformes à l'IT249 du 24 mai 2010 et ont favorisé la validation d'une telle conception par le bureau de contrôle. Le C+D à minima de 1,10m est respecté. Le parement CEDRAL est conforme au moins à la réaction au feu C-s3, d0.



Panneaux de 4 à 12 m x 2,80 m, couvrant à minima la longueur d'une trame de poteau. Poids de 600 kg à 1,1 tonnes.

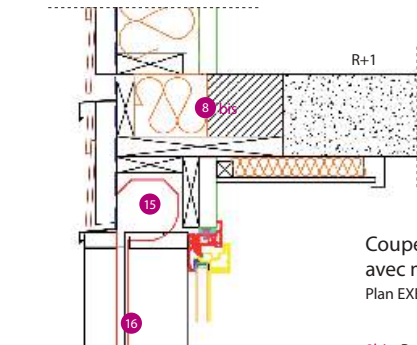


Parement lamibois côté intérieur. Réservation pour le passage d'un poteau qui laisse devenir la poutre porteuse en lamibois horizontale, assurant également la liaison entre les deux parties d'ossature et le pare-vapeur.



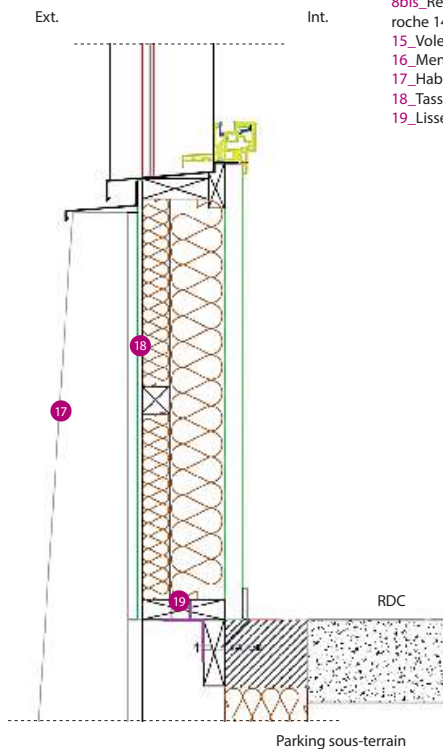
Coupe verticale sur liaison mur / plancher, bâtiment A
Plan EXE entreprise CMB

- 1_Bardage à clin fibre-ciment + tasseaux BM 45 x 70 mm
- 2_Pare-pluie + isolation laine de roche 60 mm entre tasseaux
- 3_Montant BM 45 x 120 mm + isolation laine de roche 120 mm + pare-vapeur
- 4_Panneau lamibois 39 mm finition peinture
- 5_Bavette de recouvrement
- 6_Solive de rive BM 35 x 120 mm
- 7_Lisse lamibois 45 x 345 mm
- 8_Poutre BLC 90 x 100 mm entraxe 2 m, support d'équerre
- 9_Coffre contreplaqué 10 mm + isolation laine de roche



Coupe verticale sur mur avec menuiserie
Plan EXE entreprise CMB

- 8bis_Remplissage béton + isolation laine de roche 145 mm + raccord sol souple à l'existant
- 15_Volet roulant électrique
- 16_Menuiserie aluminium double vitrage
- 17_Habillage panneau préfabriqué béton
- 18_Tasseaux BM 20 x 45 mm + OSB 9,5 mm
- 19_Lisse lamibois 45 x 180 mm



Patrice Millet, entreprise bois
Comment avez-vous réalisé les balcons ?

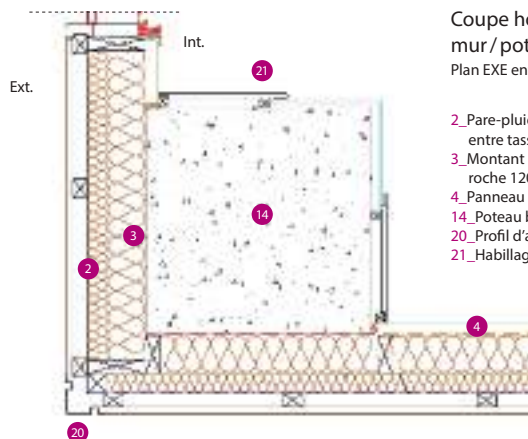
«Nous avons prévu de couper les balcons triangulaires d'origine, pour mettre des balcons complètement préfabriqués. Mais il s'est avéré qu'après calculs et vérifications des plans, le bureau d'études béton n'a pas validé cette solution. Nous avons donc ajouté sur les balcons d'origine un triangle préfabriqué. Pour éviter les ponts thermiques, nous avons été contraints de réaliser une isolation sur toute la surface, dalle existante et nouveau plancher.»

Pouvez-vous nous décrire la composition de la façade ?

«Les façades sont porteuses. Le panneau de 39 mm travaillant à froid, sert de structure et reprend tous les efforts entre les poteaux, sur 7 m de portée. Au bout d'une heure de flambée, quand il n'y a plus de panneaux de 39 mm, c'est une petite poutre en KERTO placée derrière et travaillant à chaud, qui maintient l'ensemble du panneau à sa place, l'empêchant de s'effondrer.»

En termes d'organisation de chantier, y-a-t-il eu des ajustements entre les deux phases ?

«Pour la 2^{ème} phase, nous avons préféré prendre des échafaudages tubulaires sur pied. En effet, les bi-mâts élévateurs équipés d'une seule plateforme, utilisés pour la phase 1, ne nous permettaient pas de réaliser des tâches simultanées sur différents étages à la fois. De plus, ils étaient trop lents et très bruyants, occasionnant une gêne pour les résidents. En termes de coûts, les deux approches sont à peu près identiques. Nous pouvons dire que globalement, l'expérience de la 1^{ère} phase nous a bien guidée pour améliorer et optimiser la 2^{ème} phase.»



Coupe horizontale sur liaison angle mur / poteau
Plan EXE entreprise CMB

- 2_Pare-pluie + isolation laine de roche 60 mm entre tasseaux
- 3_Montant BM 45x120 mm + isolation laine de roche 120 mm + pare-vapeur
- 4_Panneau lamibois 39 mm finition peinture
- 14_Poteau béton existant
- 20_Profil d'angle en acier
- 21_Habillage CTBX 18 mm

Méthodologie chantier façade bois



Ordonnancement

- 1_ Déconstruction de la 1^{ère} ITE
- 2_ Mise en place des cloisons provisoires côté intérieur afin d'assurer la sécurité des locataires
- 3_ Dépose et désamiantage des façades d'origine et évacuation des réseaux de chauffage et radiateurs
- 4_ Pose des panneaux ossature bois préfabriqués
- 5_ Tranche 1 : plateforme élévatrice bi-mâts
- 6_ Tranche 2 : échafaudage tubulaire de pied
- 7_ Raccords et finitions extérieures entre panneaux
- 8_ Pose du voligeage et revêtement en zinc
- 9_ Mise en œuvre de la structure pour l'extension de balcon

Daniel Doteau, maître d'ouvrage
 Votre retour sur une telle expérience ?

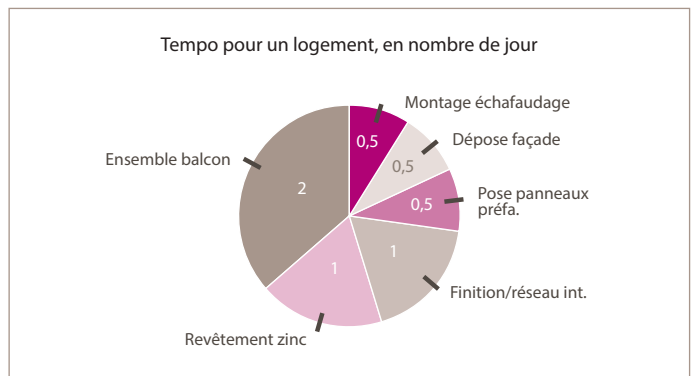
«Le contexte des logements occupés est difficile, car les appartements sont encombrés et les locataires ne veulent pas d'ouvriers chez eux. Au quotidien, c'est un vrai travail de médiation. L'entreprise mandataire l'a fait intelligemment avec son conducteur de travaux, et nous avons dédié une personne à temps plein, ainsi qu'un gardien.

Pour remercier les résidents, nous leur avons fait cadeau d'un mois de loyer. C'est un geste qui coûte bien moins cher que de payer un déménagement. La livraison du 1^{er} bâtiment a permis de constater les résultats et de rassurer les résidents. Nous avons déjà fait 48% d'économie d'énergie sur la première année de chauffe. Notre prochaine étape sera la mise en place d'un réseau de chaleur, afin de baisser encore de 20% les charges de chauffage.»



🕒 Planning

- 6 500 m² de façade traitée pour les 4 bâtiments.
- La préfabrication des panneaux est lancée en atelier une semaine avant leur mise en œuvre, après vérification des cotes de l'existant. Par jour, 4 panneaux sont posés, soit 85 m² environ.
- Tranche 1, bâtiment A : avril à décembre 2011.
- Tranche 2, bâtiments B, C et D : avril 2012 à décembre 2012. Octobre de chaque année, remise en chauffe.



Organisation chantier

- Cibles environnementales : chantier à faibles nuisances sonores, olfactives et visuelles, limitation des déchets et tri des matériaux de déconstruction.
- Equipe pilotant les interventions : mission OPC, architecte, conducteur de travaux CMB, représentant de la maîtrise d'ouvrage et gardien.

Moyens matériels et humains

- Plateforme élévatrice bi-mâts : bâtiment A.
- Echafaudage tubulaire de pied : bâtiments B, C et D.
- Grue à tour de 50 m de flèche
- Nacelles élévatoires

Ex 4

271 chambres étudiantes à Paris (75) Une réhabilitation de haute voltige



Après : 2012

Restructuration et traitement des façades de deux bâtiments accolés. R+14 et R+15

Ces tours jumelles omniprésentes se situent dans le 13^{ème} arrondissement de Paris, en cœur d'îlot d'un quartier très résidentiel et populaire. L'une abrite une résidence pour étudiants de 182 chambres, l'autre un foyer pour jeunes travailleurs de 156 chambres. Ces deux édifices, marqués par «l'urbanisme de dalle» de l'époque, sont traversants en leur niveau RDC et 1er étage, et accessibles facilement depuis la voirie. Cet éclatement des cheminements piétons posait de gros problèmes d'organisation de flux et d'insécurité.

Les chambres de 9 m² trop exigües et dépourvues d'équipements individuels, ne répondaient plus aux normes actuelles. Le CROUS, gestionnaire, comme les élus, souhaitaient fortement une restructuration complète permettant d'offrir des prestations de confort aux étudiants.

Le maître d'ouvrage, Paris Habitat et l'équipe de maîtrise d'œuvre, relèvent le défi en transformant les 338 chambres en 271 chambres et métamorphosant ainsi cet ensemble de 15 étages.

Ouvrages existants déposés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
✓ Structure	✓ Occultation
Charpente / toiture	Balcon

Ouvrages rapportés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
✓ Structure	✓ Occultation
Charpente / toiture	Balcon
✓ Plancher	Circulation / ascenseur

Présence du bois dans les éléments d'ouvrage rapportés

✓ Ossature façade	✓ Menuiserie extérieure
Revêtement extérieur	Occultation
Charpente / toiture	Balcon / persienne
Plancher	Isolation



Avant : 1971

Intervenants

Maître d'ouvrage : Paris Habitat (75)
Architecte : SCP Beguin & Macchini (75)
BET façades : AR-C (75)
Entreprise restructuration : SICRA IDF (94)
Entreprise lot façade bois : SETAL (25)
Entreprise curage désamiantage : DDC Ecomate (75)

Caractéristiques

Date de livraison : juillet 2012
Durée globale des travaux : 25 mois
Coût total opération : 12 938 000 d HT (Hors lot curage désamiantage)
Consultation des entreprises : 2 appels d'offres, curage désamiantage et réhabilitation entreprise générale
Typologie : logement collectif
Classement incendie : 4^{ème} famille
Performance énergétique : 71 kWh/m²/an
Surface SHON : 9 594 m²
Surface utile : 7 102 m²
Cerqual Patrimoine Habitat et Environnement, Plan Climat de la Ville de Paris

Cubage bois

50 m³. Volume estimé par le BET AR-C
Soit 5 dm³/m² de SHON



Plan cadastral, Sis, 29 et 35 rue Daviel à Paris 13^{ème}.

Source : Direction générale des Finances Publiques - Cadastre : mise à jour : 2013.



En bref

- Dépose façade existante
- Pose panneau ossature bois préfabriqué
- Rénovation des toitures terrasses
- Augmentation de la SHON

Travaux réalisés en site non occupé

Etat de l'existant

Deux niveaux de sous-sol de parking. La tour Daviel abrite un foyer de travailleurs pour 182 chambres en R+15 et une résidence étudiante composée de 156 chambres en R+14. Les locaux communs se rejoignent au RDC et 1^{er} étage. Les étages supérieurs ne communiquent pas. Les cellules chambres ont pour dimensions 2,30m x 4,00m.

Structure : refends porteurs et planchers de 15 cm en béton armé. Trames entre chambre de 2,30 m. Façades de composition hétérogène, avec des matériaux lourds, brique et béton. Toitures terrasses non accessibles. Menuiseries extérieures simple vitrage.

Équipement : chauffage urbain CPCU, par le sol. Un lavabo individuel par chambre. Cuisines, toilettes et douches communes par étage.

Diagnostiques réalisés : la reconnaissance de la structure existante a été confiée à la maîtrise d'œuvre qui s'est adjointe de la compétence du BET CEBTP Solen. Une première reconnaissance effectuée en phase étude, bâtiment occupé, complétée d'une deuxième en phase chantier de curage désamiantage. Une reconnaissance destructive réalisée par l'entreprise SICRA pendant la phase de réhabilitation, et des sondages réalisés au niveau des fondations. Ces diagnostics révèlent une impossibilité de surcharger la structure existante et d'intervenir sur les fondations sur pieux.



Stéphane Dauvois, maître d'ouvrage
Comment avez-vous monté le projet ?

« Au départ, le gestionnaire souhaitait que nous réalisions des travaux de réhabilitation pour offrir de meilleures prestations aux jeunes résidents. Seulement, aucun organisme ne souhaitait financer des travaux d'ampleurs avec des chambres de 9 m² sans commodités. Il nous paraissait donc évident de faire évoluer le projet, et de repenser le programme. Il était hors de question de démolir un tel édifice dans un quartier aussi dense, et nous n'aurions pas eu l'autorisation de reconstruire autant de surface, ni aussi haut. Travailler sur la volumétrie du bâtiment et sa transformation était la seule solution. Face à la contrainte de ne pas toucher aux fondations, des structures légères à rapporter paraissaient la seule solution. L'équipe de maîtrise d'œuvre nous a proposé le matériau bois, ce qui nous a conquis d'emblée. Nous étions convaincus que le bois pouvait s'adapter aux contraintes incendie pour un tel ouvrage et nous n'avons eu que des satisfactions. »

Jean-André Macchini, architecte
Comment avez-vous guidé vos choix architecturaux ?

« A travers cette réhabilitation, nous souhaitions redonner une nouvelle image avec l'utilisation d'un matériau contemporain et permettre aux façades de réagir à l'incidence du soleil. Nous avons choisi 3 types de polycarbonate alvéolaire laissant apparaître plus ou moins la tôle jaune posée derrière. Le jeu de calepinage se fait avec des panneaux blanc opaque, translucide blanchâtre et translucide. Sur le pignon sud, nous sommes face à l'école de la Ville de Paris, bâtiment en R+2. La volonté étant de pouvoir un jour prochain surélever celui-ci, nous n'avons pas été autorisés à créer des percements sur ce pignon. Nous avons proposé d'habiller ce mur par 410 m² de panneaux photovoltaïques et ainsi conforter le bilan thermique. »

	Avant	Après
Année de livraison	1971	2012
Typologie	Logements étudiants et foyer de jeunes travailleurs 338 chambres de 9 m ²	Logements étudiants 271 chambres de 16 m ²
SHON	7 856 m ²	9 594 m ²
Performance énergétique	NC	71 kWep/m ² /an *

La faisabilité

Le choix des matériaux légers et des techniques de préfabrication en filière sèche sont déterminants pour la faisabilité du projet.

LES OBJECTIFS

Chambres de 16 m² avec SdB et kitchenette privées

Plan climat de la ville de Paris (80 kWep/m²/an)

Réorganiser les flux intérieurs

Logements pour handicapés, accessibilités PMR

Fournir un bilan carbone

LES CONTRAINTES

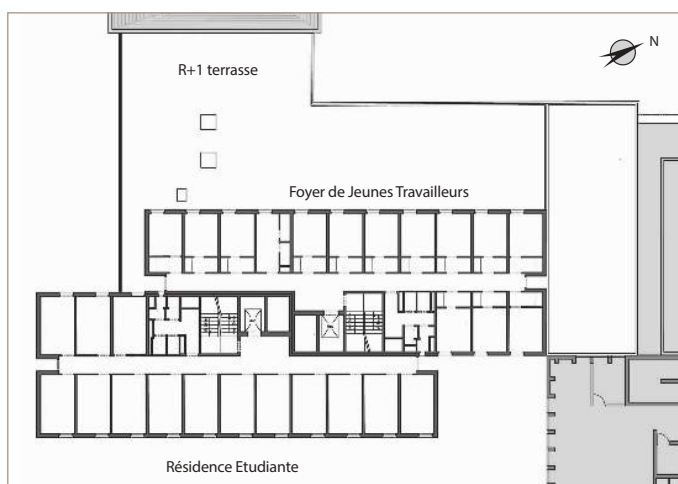
Pas de démolition possible de la structure

Pas de surcharge possible sur la structure béton

Pas d'accessibilité pour les engins de levage

Amiante dans les panneaux de façade

Pas de nuisances sonores pour les riverains



Plan état de l'existant, étage courant.

Financements :

Ville de Paris : 9 520 245 d

Conseil Général : 412 959 d

Conseil Régional : 1 628 700 d

Prêt PLUS : 8 155 625 d

Intérêts de préfinancements PLUS : 569 161 d

* Les panneaux photovoltaïques rentrent dans le calcul thermique réalisé par AB Environnement. 410 m², opacité 70%, puissance crête/m² 119kw, pose verticale sur façade sud.

Le projet de réhabilitation

Le RDC et 1^{er} étage regroupent locaux techniques, salles d'activités, administration et 3 logements de fonction. Les deux entités sont réunies permettant d'effectuer un bouclage des circulations, des traversées sont créées à chaque niveau. Création de 2 logements à partir de 3 cellules chambres. Le bâtiment s'épaissit par l'ajout de plancher en périphérie des façades principales.

Composition de la nouvelle enveloppe

- Panneaux ossature bois préfabriqués. Localisation : façades nord-ouest et sud-est.
- Ossature bois rapportée sur voile béton. Localisation : mur pignon nord-est.
- Revêtement extérieur en polycarbonate alvéolaire, devant une plaque en acier laquée jaune. Façades nord-ouest et sud-est.
- Revêtement par panneaux photovoltaïques, couvrant 410 m². Mur pignon sud-ouest.
- Menuiseries extérieures bois-aluminium (44,2 silence / 14 lame d'argon / 4 Neutralux). Localisation : parties courantes.
- Menuiseries extérieures en profil acier à rupture de pont thermique (44,2 silence / 8 lame d'argon / 6 Vetroflam). Localisation : allège pare-flamme 1/2h.
- Pas d'intervention sur le plancher RDC.
- Renforcement de l'isolation en toiture terrasse, polyuréthane 100 mm.

Extension plancher

- Extension de 1,60 m à chaque étage. Localisation : façades nord-ouest et sud-est.
- Poutre en U métallique moisée sur voile béton intérieur.
- Plancher métallique collaborant, type Cofradal[®] de 26 cm d'épaisseur.

Equipements techniques

- CPCU de la ville de Paris, réseau de chaleur urbain.
- Radiateurs à robinets thermostatiques.
- Ventilation simple flux.
- Cabine salle de bain préfabriquée.



Plan après réhabilitation, étage courant.

Extension des façades NO et SE de 1,60 m. Transformation de 3 chambres de 9 m² pour la création de 2 chambres de 16 m². Adaptation de 5% des logements à l'accessibilité handicapé, soit 17 chambres de 25 m².



Plan après réhabilitation, chambre type.

1. Les voiles béton existants ont été évités et conservés comme mur séparatif pour la salle de bain et comme poteaux marquant la limite de l'ancienne façade.
2. Double cloison légère séparative.

Denis Gallois, BET façade

Pourquoi avoir opté pour une enveloppe bois ?

« La principale contrainte du projet étant de ne pas surcharger le bâtiment existant, nous avons utilisé un matériau léger. En fin de la phase conception des façades, nous avons fait le choix de remplacer l'ossature métallique à profil à froid initialement prévue, par une ossature en bois. Le bois permet d'améliorer considérablement la thermique du bâtiment, tout en respectant une certaine inertie et le poids autorisé à rapporter, même si celui-ci est plus lourd. De plus, ce choix a été conforté par la simplicité de pré-fabrication des panneaux ossature bois, par une démarche environnementale forte et par la capacité de résistance au feu du bois.

Nous avons osé nous lancer dans cette aventure, sachant qu'aucune opération de ce type n'avait jamais été réalisée pour un bâtiment R+14. Concevoir des façades bois pour un bâtiment de 4^{ème} famille était une première. Notre proposition a bien été accueillie par l'architecte ravi de cette innovation et le maître d'ouvrage nous a fait confiance. »



Coûts travaux constatés

Coûts valeur marché novembre 2009
(Hors lot curage désamiantage)

- Total de l'opération : 12 398 000 d HT
Soit 1 292 d/m² de SHON
- Enveloppe bois (ossature, isolation, gypse-cellulose, revêtement extérieur et menuiseries extérieures) : 2 273 245 dHT
Soit 18 % du total de l'opération
- TVA : 19,6 %



Chaque chambre a fait l'objet d'un aménagement spécifique avec un mobilier bois réalisé sur mesure, s'intercalant entre les voiles bétons de la limite de l'ancienne façade.

Détails techniques

façade bois

Niveau de préfabrication

<input checked="" type="checkbox"/>	STRUCTURE BOIS	<input checked="" type="checkbox"/>	ISOLANT PARE-VAPEUR
<input type="checkbox"/>	REVELÈMENT EXTERIEUR	<input checked="" type="checkbox"/>	MENUISERIES EXTERIEURES

NB : la préfabrication comprend le parement intérieur BA18 et la plaque acier laquée jaune.

Relevé de cotes

En phase projet, un relevé manuel réalisé par un géomètre expert permet de palier à de nombreuses incohérences entre les DOE analysés et l'existant. Durée : 3 mois. Coût : 17 700 d HT

En phase curage-désamiantage, le maître d'œuvre et l'entreprise générale complètent les relevés à tous les niveaux par tachéométrie. L'entreprise SICRA poursuivra en phase réhabilitation.

Méthode de fixation des panneaux

- Panneau ossature bois courant de 2,25 m x 3,60 m (5 m pour les plus grands). Charge maximum de 65 kg/m², soit un poids de 530 kg environ.
- Accroche des panneaux entre deux ferrures mécano-soudées fixées au plancher bas et haut.
- La liaison entre panneaux est assurée aux jonctions verticales.
- Raccord du pare-vapeur par recouvrement grâce au BA18 laissé en attente au droit des liaisons de mur ossature bois.



Pare-pluie laissé en attente pour recouvrement protégeant des intempéries le Fermacell des nez de dalle, conformément à son avis technique. L'intégration des menuiseries et des VR en atelier est plus facile à réaliser et assure une parfaite étanchéité à l'air et à l'eau sur un bâtiment d'une telle hauteur.

Denis Gallois, BET Façade

Pouvez-vous nous décrire la démarche pour mettre au point les façades ?

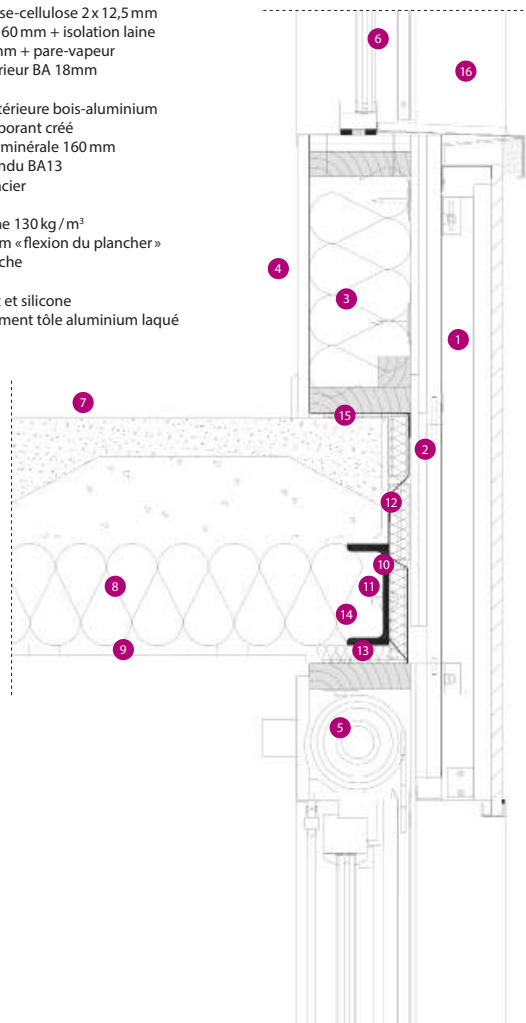
« En premier lieu, nous avons proposé un mur rideau avec des façades bois passant devant les nez de dalle. Cela permettait d'avoir une parfaite continuité de l'enveloppe. Comme à l'époque l'ancienne IT 249 ne nous autorisait pas à concevoir ce type de façade, le contrôleur technique nous a orientés vers la réalisation d'un ATEX, ce que la maîtrise d'ouvrage a refusé pour des raisons de planning et de coûts. Nous nous sommes dirigés vers une conception de panneaux posés entre dalles, légèrement en débord pour y placer un complément d'isolation au niveau des nez de dalle, afin de traiter au mieux les ponts thermiques et le calfeutrement acoustique et feu.

L'entreprise SETAL a mis en œuvre des panneaux entièrement préfabriqués. Les méthodes d'assemblages des bois d'ossature, des parements et étanchéités sont assez simples et ne demandent pas d'investissement très lourd. Même les menuiseries et volets roulants ont été intégrés. Cette intervention de précision qui permet d'assurer de parfaites étanchéités à l'eau et à l'air sur un ouvrage aussi haut, est plus aisée à plat et à l'abri dans l'atelier. L'entreprise SETAL spécialisée dans la conception et la réalisation d'enveloppe pour des bâtiments importants, a su parfaitement adapter ses installations, ses hommes et son savoir-faire aux façades bois. Je crois même que cette expérience lui a donné satisfaction pour se positionner sur d'autres marchés bois. »

Coupe verticale sur liaison mur / plancher

Plan EXE entreprise SETAL

- 1_ Revêtement extérieur Danpalon® 16 mm sur connecteur métallique + lame d'air ventilée + tasseaux bois 40 x 30 mm + tôle acier jaune + pare-pluie
- 2_ Plaque de gypse-cellulose 2 x 12,5 mm
- 3_ Montant 40 x 160 mm + isolation laine de verre 160 mm + pare-vapeur
- 4_ Parement intérieur BA 18 mm
- 5_ Volet roulant
- 6_ Menuiserie extérieure bois-aluminium
- 7_ Plancher collaborant créé
- 8_ Isolation laine minérale 160 mm
- 9_ Plafond suspendu BA13
- 10_ Poutre en U acier
- 11_ Fer de rive
- 12_ Laine de roche 130 kg / m³
- 13_ Jeux de 20 mm « flexion du plancher » + laine de roche
- 14_ Flocage
- 15_ Fond de joint et silicone
- 16_ Joue / ébrasement tôle aluminium laqué



Cabines salle de bain, préfabriquées aux cotes des nouvelles chambres, 90 cm intérieur.

Focus...

Sécurité incendie

attention
9 f f e u f i o u

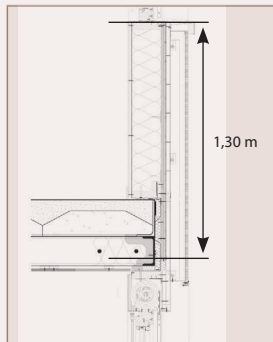


! Les dispositions constructives étant antérieures à l'IT 249 du 24 mai 2010, les points particuliers sont :

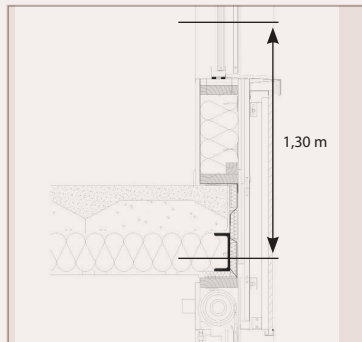
- La solution de mur rideau aurait obligé un ATEX.
- Les bavettes de recouvrement de la lame d'air sont autorisées tous les trois niveaux.

Le bureau de contrôle valide la solution d'une pose de façade entre dalles, avec un recouvrement possible d'un tiers, pour favoriser la performance thermique.

Le C+D doit être \geq à 1,30 m. Deux cas de figure :



- Isolation A2s3,d0 et BA 18 fixé sur ossature sans lame d'air.



- Châssis fixe acier PF 1/2h avec PV + avis de chantier pour support bois.
- Retournement du Fermacell sur la lisse haute.

- Au droit des nez de dalle, laine de roche comprimée et continuité des plaques de Fermacell, posées in situ.
- Sous le plancher collaborant, flocage de la poutre en U de rive pour un CF 1h puis calfeutré par un BA18.
- Entre la poutre en U de rive et la lisse haute du panneau inférieur, laine de roche pour compenser la flexion du plancher.
- Aux jonctions verticales des panneaux ossature bois, deux joints mousse CF 10 min.
- Le polycarbonate alvéolaire assure à minima une réaction au feu Cs3, d0 (M2).
- La plaque en acier laquée jaune ne participe pas au C+D. Elle est uniquement esthétique.

Jean-André Macchini, architecte
Avez-vous eu assez de temps d'étude ?

«Pour un tel projet, dont les engagements financiers sont très importants, nous avons généralement un an à un an et demi d'études. Pour cette opération, les délais ont été réduits à 6 mois seulement et tout a eu tendance à se faire dans la précipitation. Le curage désamiantage attaqué bien en amont lors d'un premier appel d'offres, nous a permis de prendre un peu de recul et de bien appréhender la configuration du bâtiment, de comprendre sa structure et de retenir les entreprises pour la réhabilitation.»

Quelles ont été les contraintes acoustiques ?

«Dans le cadre d'une réhabilitation, nous ne sommes pas tenus de respecter une législation, et le bureau de contrôle ne nous a rien imposé. Toutefois, nous avons souhaité apporter le confort acoustique requis dans l'habitation. Sur les cloisons séparatives des chambres, nous avons doublé le voile béton sur un des côtés et entre salle de bain mis en place des doubles cloisons type placoplac.»

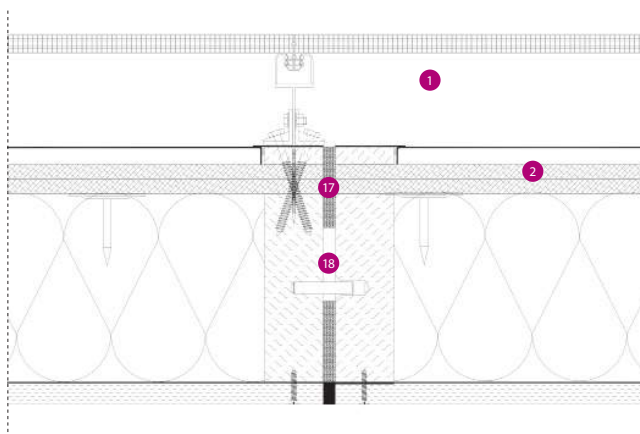


Pose inversée des plaques de Danpalon[®] sur des connecteurs métalliques fixés aux tasseaux bois. La face lisse se trouve côté extérieur. Une plaque reprenant 3 niveaux, avec bavette de recouvrement.



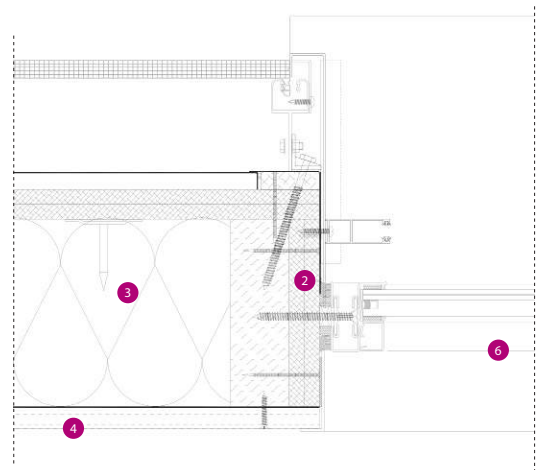
Coupe horizontale sur liaison mur / mur et mur / menuiserie

Plan EXE entreprise SETAL



- 1_ Revêtement extérieur Danpalon[®] 16 mm sur connecteur métallique + lame d'air ventilée + tasseaux bois 40x30 mm + tôle acier jaune + pare-pluie
- 2_Plaque de gypse-cellulose 2x12,5 mm

- 3_Montant 40x160 mm + isolation laine de verre 160 mm + pare-vapeur
- 4_Parement intérieur BA 18 mm
- 6_Menuiserie extérieure bois



- 17_Joints coupe-feu, côté intérieur et extérieur
- 18_Doigt de centrage acier

Méthodologie chantier façade bois



Ordonnement

- 1_Evacuation des menuiseries existantes
- 2_Fixation des poutres en U sur voiles intérieurs. Passage à travers les ouvertures existantes
- 3_Pose d'un filet de protection à la poussière
- 4_Dépose des allèges existantes par l'intérieur
- 5_Mise en place des bacs métalliques et coulage des planchers bétons, depuis les bi-mâts

- 6_Acheminement des cabines salle de bain par les plateformes bi-mâts
- 7_Acheminement des murs ossatures bois par les bi-mâts. Ils sont posés en quinconce pour permettre l'accrochage du treuil de levage en nez de dalle
- 8_Pose du Fermacell et recouvrement du pare-pluie
- 9_Pose du complexe de revêtement extérieur ventilé de type Danpalon*



Jean-André Macchini Architecte

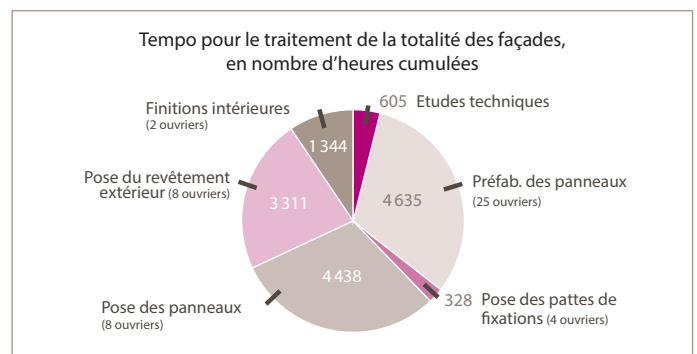
Avec le recul, quelles sont vos impressions ?

« Cette réalisation a été très intéressante à mener car elle démontre qu'il est possible de positionner le matériau bois sur des opérations de grande hauteur. J'espère que cette réalisation a pu contribuer en partie à faire évoluer la réglementation sécurité incendie et en particulier pour le traitement de murs rideaux maintenant intégrés à l'IT 249.

Il s'agit d'un projet assez complexe nécessitant beaucoup de dessins et de concertations en phase études. Nous avons voulu nous adjoindre des compétences d'un bureau d'études spécifique sur les façades, car il nous semblait plus risqué de travailler avec un bureau généraliste qui nous aurait certainement détournés de nos objectifs avec le matériau bois. Nous connaissons les habitudes de travail de Ar-c, car nous avions déjà réalisés plusieurs opérations ensemble. A tous les niveaux, nous avons eu des bons intervenants, aussi bien l'entreprise générale, le façadier que le bureau de contrôle qui s'est révélé très pertinent. »

🕒 Planning

- 2 759 m² de façades bois traitées, pour un total de 219 panneaux ossature bois.
- Démarrage du chantier : juin 2010.
- Livraison de l'opération : juillet 2012.
- Durée totale de la pose des façades : 28 semaines.
- Dépose des façades existantes + percements des voiles + montage des extensions de plancher : 40 semaines.



Organisation chantier

- Livraison des MOB depuis la rue Daviel par camion.
- Moyenne de 70 panneaux livrés par semaine.
- Le peu de surface de stockage optimise l'excellente organisation de stockage des panneaux, protégés par film, rangés dans l'ordre de pose.

Moyens matériels et humains

- Chariot élévateur prenant les panneaux stockés jusqu'à la plateforme des bi-mâts.
- Deux plateformes élévatrices bi-mâts par façade.
- Treuil fixé au plancher assurant la translation depuis la plateforme jusqu'à leur position finale entre les nez de dalle.
- Echafaudage tubulaire de pied : pignons
- 8 ouvriers/jour pour la pose des panneaux ossature bois.
- 6 ouvriers/jour pour la pose des châssis, cassettes et panneaux photovoltaïques.

Ex 5

Ecole élémentaire Henri Wallon à Montreuil (93) Une nouvelle peau pour un gain thermique



Après : 2012

Restructuration d'une école élémentaire. R+2

Cet établissement scolaire est excentré du cœur de la ville de Montreuil et se situe dans une zone classée PRUS, Projet de Renouvellement Urbain et Social, avec toutes les difficultés qu'il peut connaître.

Au delà du caractère économique, la municipalité souhaitait impulser un geste fort en programmant sa rénovation, montrant son attachement aux quartiers les plus éloignés. En septembre 2007, la Ville de Montreuil lançait son programme de rénovation avec, outre, des objectifs d'amélioration de l'enveloppe, une restauration globale du bâtiment.

A la suite du changement de municipalité et des engagements politiques, les études reprennent seulement en mai 2009 avec une demande de la Ville d'augmenter les exigences thermiques à atteindre. L'élaboration du projet a été revue dans ce sens.

Ouvrages existants déposés

Façade	✓	Menuiserie extérieure
Structure	✓	Occultation
Charpente / toiture		Balcon

Ouvrages rapportés

✓ Façade	✓	Menuiserie extérieure
Structure	✓	Occultation
Charpente / toiture		Balcon
Plancher	✓	Circulation / ascenseur

Présence du bois dans les éléments d'ouvrage rapportés

✓ Ossature façade	✓	Menuiserie extérieure
✓ Revêtement extérieur	✓	Occultation
Charpente / toiture		Balcon / persienne
Plancher		Isolation



Avant : 1960

Intervenants

Maître d'ouvrage : Ville de Montreuil (93)
Maître d'œuvre : LEM+ Architectes (75)
BET structure : Ibat (94)
Entreprise lot façade bois : Nogues (89)
Mission OPC : IPCS

Caractéristiques

Date de livraison : avril 2012
Durée globale des travaux : 8 mois
Coût total opération : 1 760 000 d HT
Consultation des entreprises : corps d'état séparés
Typologie : bâtiment d'enseignement
Classement incendie : établissement de type R, 3^{ème} catégorie
Performance énergétique : RT 2005 Existant
Surface SHON : 3 492 m²

Cubage bois

50 m³. Volume estimé par l'entreprise Nogues.
Soit 14 dm³/m² SHON.



Plan cadastral, sis rue Henri Wallon à Montreuil.

Source : Direction générale des Finances Publiques - Cadastre ; mise à jour : 2013.



En bref

- Dépose menuiserie existante
- Pose panneau ossature bois préfabriqué (façades principales)
- Pose isolation rapportée entre ossature sous revêtement bois (façades pignons)
- Accessibilité PMR

Travaux réalisés en site occupé

Etat de l'existant

Cette école de 22 classes présente une volumétrie simple de 64 m x 18 m. Le RDC est consacré au préau, sanitaires et réfectoire. Aux R+1 et R+2, les salles de classes sont desservies par de grands couloirs centraux et par 3 circulations verticales. Les performances thermiques et acoustiques sont quasiment inexistantes. L'école n'est pas accessible aux personnes à mobilité réduite (seuil de 8 cm et étages desservis par escaliers).



Structure : poteaux, poutres, planchers et refends porteurs en béton armé. Façades composées de panneaux menuisés avec châssis bois simple vitrage et allèges en panneaux amiante-ciment. Toiture en bac acier simple peau sur charpente bois, avec une isolation en laine de roche de 10 cm.

Equipement : chaufferie à gaz commune. Pas de système de ventilation spécifique, ventilation naturelle.

Diagnostics réalisés : pas de désordre observé sur la structure. Les essais réalisés sur les prélèvements de béton traduisent de bonnes caractéristiques mécaniques. Présence d'amiante sur plusieurs éléments qui seront évacués ou confinés. Les installations techniques sont aux normes.

Cédric Brégeot, maître d'ouvrage

Comment ce programme de réhabilitation est né et pourquoi avoir choisi le bois ?

« Il y a 6 ans, le programme initial, doté d'un budget plus conséquent qu'aujourd'hui, prévoyait une réfection de la toiture, des façades, des équipements et de l'intérieur du bâtiment. Suite à un changement de municipalité, le budget du chantier a été divisé par deux.

Nous avons donc pris la décision de ne restaurer que les façades. Les architectes, nommés dès le début de l'opération, revoient le projet dans ce sens et partent sur un système de murs rideaux en aluminium. De nouveau, changement de municipalité, nouvelle impulsion des élus décidant de réaliser les façades en bois. Patiente, l'agence LEM+ révisé le DCE en conséquence.

Les architectes apportent comme solution technique des façades préfabriquées en ossature bois, sur le même modèle que le système alu. Le choix du bois a donc été initié par la maîtrise d'ouvrage. »

Jean Dagregorio, entreprise bois

Vous êtes une entreprise de métallerie à la base, pourquoi avoir développé une compétence bois ?

« Notre entreprise familiale a été fondée en 1922 et emploie 90 personnes, réparties dans trois départements. Le 1^{er} concerne la charpente métallique (structure, couverture et bardage), qui est le cœur de l'entreprise. Le 2^{ème}, NMI, Noguès Maintenance Industrielle, assure un service de serrurerie et de maintenance de machines. Et enfin, NCB, Noguès Construction Bois, que nous avons créé depuis peu. En effet, nous nous sommes rendu compte que le bois devenait complémentaire aux autres matériaux grâce à ses nombreux avantages, en particulier pour répondre aux exigences de la RT 2012. Aujourd'hui, ce département bois est en train de s'étoffer face à la demande croissante.

Je soulignerai également le rôle important qu'a joué notre bureau d'étude pour la conception des façades et de notre savoir-faire sur les processus de préfabrication en charpente métallique, retranscrite dans la conception des panneaux ossature bois. Notre philosophie est la préfabrication au maximum, afin d'offrir la meilleure qualité à nos clients, en garantissant rapidité, efficacité et qualité, à l'abri des intempéries. »

La faisabilité

LES OBJECTIFS

Diminution des consommations énergétiques

Gagner en confort thermique d'hiver et d'été

Esthétique contemporaine

Accessibilité aux PMR

LES CONTRAINTES

Présence d'amiante non friable dans les façades

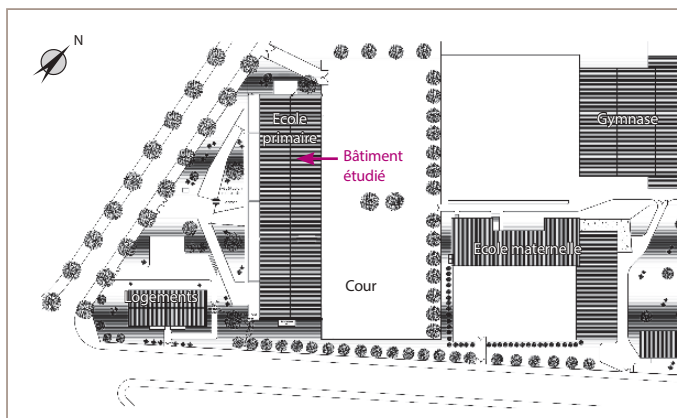
Site occupé

Planning très contraint par les périodes scolaires

Financements

ANRU et PRUS : 390 000 d TTC

Conseil Régional d'Ile de France : 1 030 000 d TTC



Plan de masse. Le groupe scolaire comporte une école primaire, une école maternelle, un gymnase et des logements de fonction. Seule l'école primaire est réhabilitée.



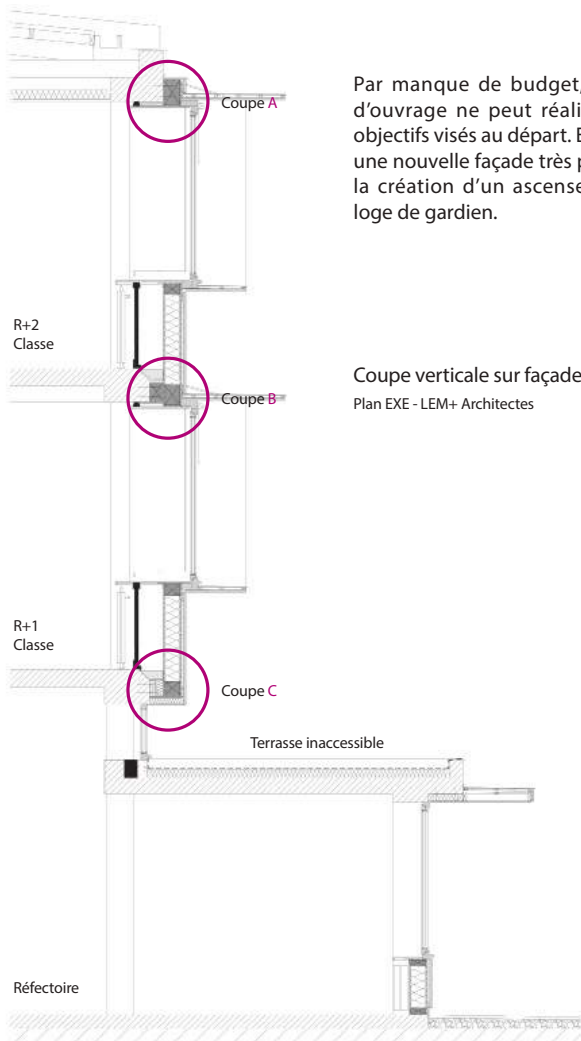
Avant

Après

Année de livraison	1960	2012
Typologie	Bâtiment d'enseignement de 22 classes	
SHON	3 470 m ²	3 492 m ²
Performance énergétique	NC	RT 2005 Existant

NB : l'augmentation de la SHON est due à la création d'une loge de gardien dans le bâtiment.

Le projet de réhabilitation



Par manque de budget, la maîtrise d'ouvrage ne peut réaliser tous les objectifs visés au départ. Elle privilégie une nouvelle façade très performante, la création d'un ascenseur et d'une loge de gardien.

Coupe verticale sur façade sud-ouest
Plan EXE - LEM+ Architectes

Composition de la nouvelle enveloppe

- Panneaux ossature bois préfabriqués, pose verticale sur la hauteur des R+1 et R+2. Localisation : façades principales sud-ouest et nord-est.
- Ossature bois rapportée sur voile béton. Localisation : murs pignons nord-ouest et sud-est, façades des blocs-sanitaires au RDC.
- Revêtement par panneaux bois 3 plis, finition lasure microporeuse.
- Menuiseries extérieures bois double vitrage à lame d'argon 4/16/4.
- Brise-soleil verticaux et horizontaux en panneaux bois 3 plis.
- Store extérieur en toile à enroulement manuel.
- Vérification de la couverture et des descentes d'eaux pluviales.

Equipements techniques

- Mise en conformité de l'accessibilité des PMR : création d'un ascenseur, aménagements des seuils de portes et traitement des pentes en extérieur (rampe d'accès).
- Système de ventilation inchangé.



Coûts travaux constatés

Coûts valeur marché novembre 2010

- Total de l'opération : 1 760 000 d HT.
Soit 504 d/m² de SHON
- Total traitement des façades : 1 130 000 d HT.
Soit 64% du total de l'opération
- TVA 19,6%

Bertrand Meurice, maître d'œuvre

Comment vous êtes-vous adapté au bâtiment existant ?

« La structure de ce bâtiment était très tramée avec un système constructif qui s'apparentait déjà à une sorte de mur rideau entre planchers. Il s'agissait donc de reconduire ce profil et de suivre le pas de cette trame répétitive, qui se prêtait bien à concevoir des panneaux ossature bois préfabriqués. Cela répondait à nos attentes esthétiques et surtout permettait de réduire considérablement le temps d'intervention sur chantier.

Aussi, avons nous beaucoup travaillé sur le rythme et la profondeur des brises-soleil horizontaux et verticaux, pour faire face à l'ensoleillement fortement contraignant pour les façades principales. »

Cédric Brégeot, maître d'ouvrage

Pourquoi avoir fait le choix de ne pas déposer les façades existantes ?

« Ce choix répond à deux contraintes. D'une part, les façades amiantées présentaient une dépose trop lourde à gérer en site occupé avec des flux d'enfants et de parents d'élèves. D'autre part, la distribution des réseaux de chaleur et la fixation des radiateurs en allège nous obligeait à revoir toute la distribution du chauffage, et donc d'intervenir sur l'intérieur des salles de classe. Comme nous devons soulager notre budget et trouver des pistes d'économie, nous avons pris le parti de conserver les façades et d'intervenir par l'extérieur. »



à noter

Le gain énergétique moyen par rapport à l'existant est de l'ordre de 90%. Aucune étude thermique n'a été réalisée afin de déterminer la consommation prévisionnelle du bâtiment. Pour des raisons de contraintes budgétaires, l'effort a été porté uniquement sur le traitement des façades, sachant que dans les prochaines années, il est prévu d'isoler la toiture.



Détails techniques façade bois

Niveau de préfabrication



STRUCTURE
BOIS



ISOLANT
PARE-VAPEUR



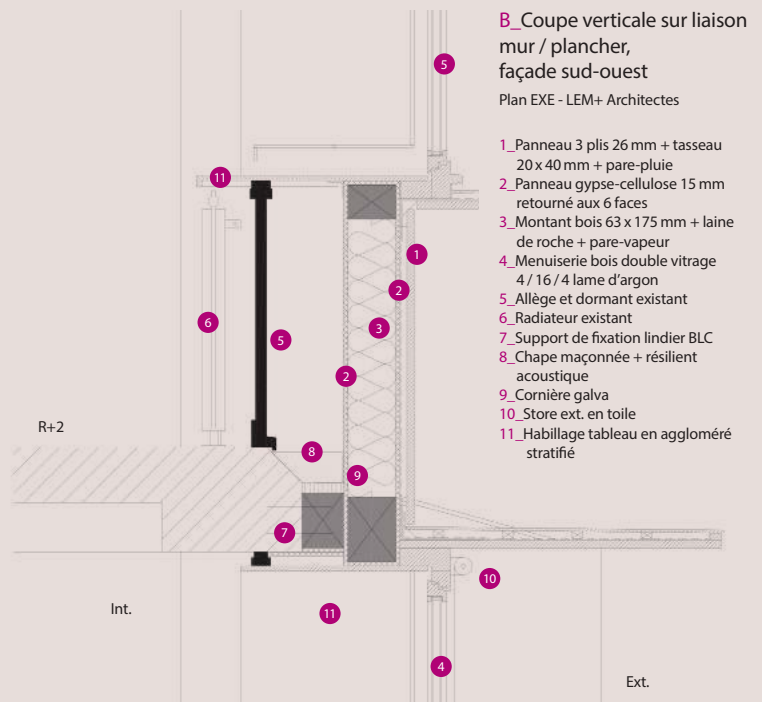
REVETEMENT
EXTERIEUR



MENUISERIES
EXTERIEURES

Relevé de cotes

En phase EXE, l'entreprise de façade réalise un premier relevé manuel, complété d'un relevé par scan 3D laser lui apportant les précisions au millimètre. Habituee des traitements de façade, celle-ci possède son propre matériel.



Jean Dagregorio, entreprise bois
Quelles ont été les fortes contraintes rencontrées ?

« Sur ce site resté en activité scolaire, une bonne planification de nos tâches sur chantier était primordiale. Nos interventions étaient programmées pendant les périodes creuses, week-ends et vacances. Nous intervenions 15 jours, pour nous arrêter 2 mois. Le coordonnateur, gérant les interfaces avec tous les corps d'état, a été un vrai pilier pour le pilotage du chantier.

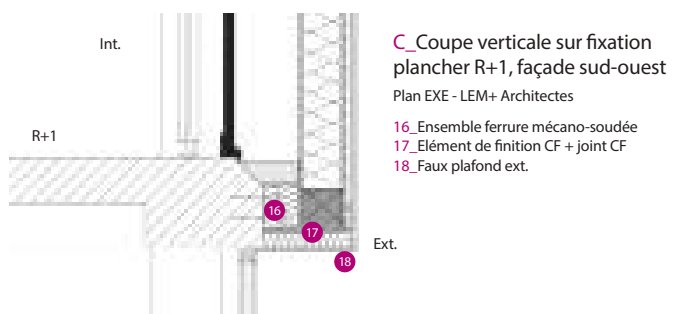
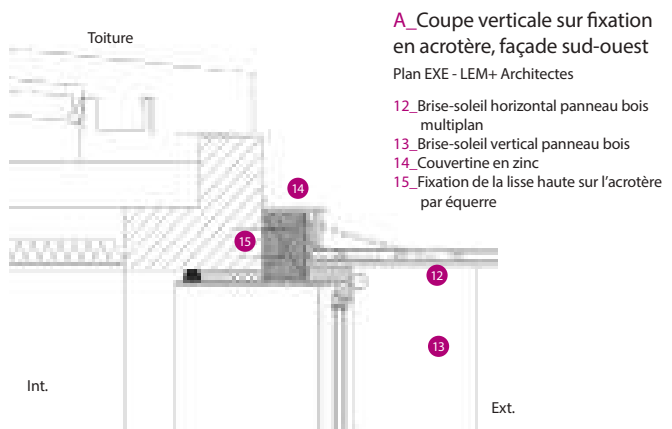
Le manque de diagnostic structure est apparu comme un inconvénient. En effet, même si l'état des bétons semblait correct, à la phase de fixation des points d'ancrage, les essais à l'arrachement réalisés ont montré que notre solution de départ n'était pas satisfaisante. Nous avons donc proposé une autre solution pour nous adapter à cette problématique, mais avec des conséquences sur le budget. »

Méthode de fixation des panneaux

Les panneaux de 7 m x 1,75 m sont posés verticalement, reprenant la hauteur des 2 niveaux supérieurs. Les fixations s'effectuent par l'extérieur avec des chevilles chimiques.

Il y a trois points d'ancrage par panneau :

- ferrure mécano-soudée prenant appui en about du plancher R+1, reprenant la charge du panneau. L'alignement vertical avec l'acrotère est repris par une pièce BLC fixée en partie basse du panneau.
- support intermédiaire en poutre BLC fixée en rive de plancher R+2 reprenant l'alignement vertical avec l'acrotère. Pièce massive et filante assurant le calfeutrement du vide d'air.
- équerre métallique fixée en acrotère reprenant la lisse haute du panneau.



Les supports intermédiaires BLC sont fixés préalablement sur les nez de plancher, simultanément à la dépose des fenêtres.



Jean Dagregorio, entreprise bois
 Pouvez-vous nous en dire plus sur les panneaux ossature bois mis en place ?

« Même si la trame paraissait répétitive, nous avons conçu les panneaux avec des dimensions différentes, jouant sur des variations de 5 et 10 mm.

La structure du panneau est composée de montants en Epicéa de 175x65 mm, d'un remplissage de laine de roche et de renforts en lamellé-collé par endroits pour la résistance.

La problématique des panneaux n'est pas uniquement liée à leur stabilité en place, mais surtout au moment du levage. Il faut avoir une résistance suffisante pour éviter toute déformation et permettre une manutention précise par grue.

Les panneaux sont préfabriqués, on peut dire à 100%, assurant ainsi une enveloppe parfaitement étanche et finie dès la pose, à l'exception des éléments de brise-soleil et habillages des tableaux intérieurs, réalisés in situ. »

Sécurité incendie

Dispositions constructives conformes à l'IT 249 du 24 mai 2010.

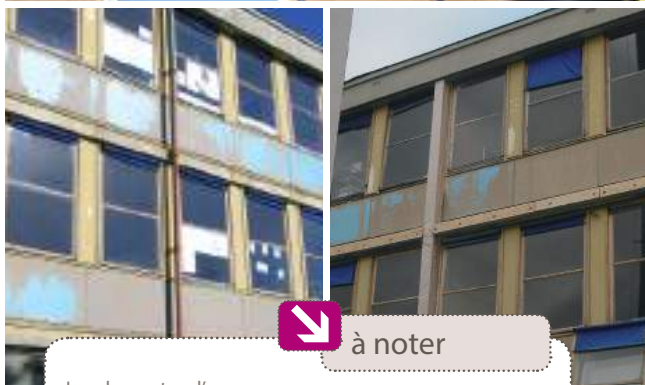
- C+D ≥ 1,3 m.
- Plaque de gypse-cellulose de 15 mm encoffrant les six faces de l'ossature bois pour un CF de 1h.
- Au plancher R+2, le vide entre la façade neuve et la façade existante est recoupé par une poutre en BLC massive encoffrée de plaque de gypse cellulose, évitant l'effet cheminée. Cette même poutre est dimensionnée pour obtenir une résistance au feu.
- Joints intumescents s'expansant à la chaleur, assurant les écarts de quelques millimètres au droit des poutres en BLC.



Les tableaux des menuiseries sont habillés de panneaux multiplis prédécoupés en atelier.



Les panneaux arrivent sur chantier entièrement préfabriqués, avec les menuiseries intégrées, sauf cas particuliers. A minima, les dormants sont intégrés.



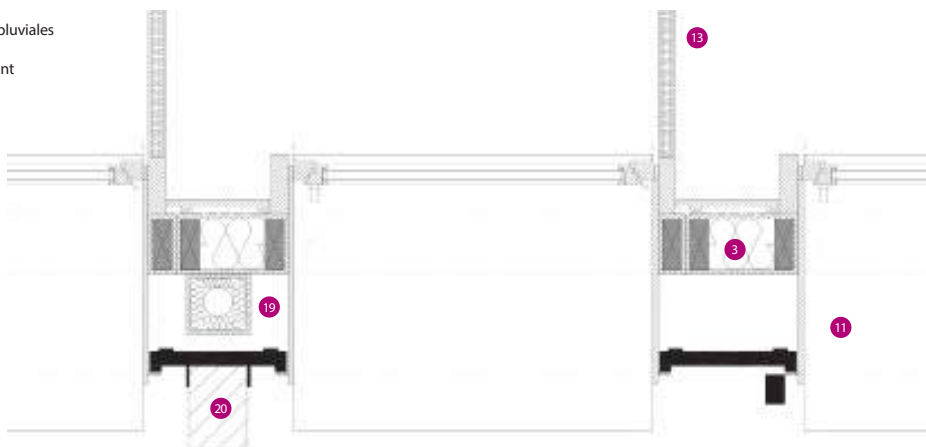
à noter

Les descentes d'eaux pluviales existantes sont laissées en place et encoffrées avant la pose des panneaux ossature bois.

Coupe horizontale sur façade sud-ouest

Plan EXE - LEM+ Architectes

- 19_ Descente des eaux pluviales encoffrée
- 20_ Poteau béton existant



Méthodologie chantier façade bois



Ordonnement

- 1_Mise en place des supports de fixations sur les nez de plancher et encoffrement des descentes d'EP
- 2_Dépose des menuiseries existantes
- 3_Mise en œuvre des panneaux ossature bois préfabriqués
- 4_Pose de l'ossature bois rapportée sur voile béton (murs pignons)
- 5_Fixation des brise-soleil
- 6_Réalisation de l'habillage intérieur des tableaux et voussures



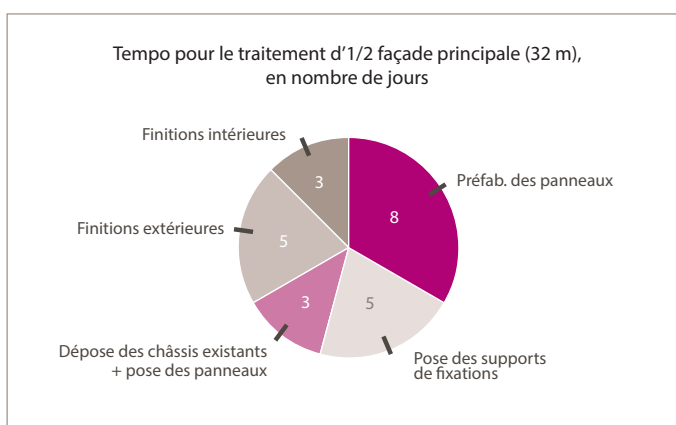
Bertrand Meurice, maître d'œuvre
Quelles conclusions pouvez-vous tirer de cette réalisation ?

«Pour nous, cette opération est une réussite. Les panneaux ossature bois, que nous n'avions pas l'habitude de mettre en œuvre, sont un principe constructif vraiment intéressant permettant de réaliser une architecture à l'esthétique soignée et contemporaine.

Nous pouvons noter tout de même un point négatif. La difficulté a été la coordination entre chaque corps d'état. Pour améliorer, il conviendrait de faire un groupement d'entreprises. C'est néanmoins une expérience que nous aimerions bien renouveler.»

🕒 Planning

- Intervention en 2 phases, chacune neutralisant une moitié de bâtiment.
- Modélisation 3D des façades existantes : 1 semaine.
- Études EXE et carnet de détails de préfabrication : 12 semaines.
- Temps de pose pour les deux façades principales, toutes finitions : 2 mois
- Durée globale de l'opération : 15 mois.



Organisation chantier

- Déménagement du centre de loisirs dans une autre école, permettant de loger une partie des enfants, l'autre restant dans une moitié du bâtiment.
- Zone de chantier installée sur la moitié de la cour.
- Panneaux entreposés à plat avant levage pour plus de précision au levage.
- 66 panneaux préfabriqués en atelier.

Moyens matériels et humains

- 2 grues mobiles 50 t et 16 t.
- 3 nacelles élévatrices.
- 6 ouvriers.

Lycée Auguste Pavie à Guingamp (22) Des travaux sans contrainte pour les lycéens



Après : 2006

Traitement des façades du bâtiment de l'Internat. R+6

Inscrit dans un parc arboré, le Lycée Auguste Pavie offre un environnement de qualité pour l'enseignement général et technologique à près de 800 élèves et accueille 180 internes. Le bâtiment de l'Internat construit dans les années 60, impressionnant par sa taille, est bien connu des Guingampais pour être l'immeuble le plus haut de la ville. Marquant véritablement le paysage, celui-ci devait subir rapidement une transformation esthétique, alliant confort thermique et fonctionnel.

Dans le processus global de rénovation, le maître d'ouvrage a engagé, préalablement au traitement des façades, d'importants travaux de réaménagement intérieur et de mise en sécurité. Cette intervention sur les façades, lourde et complexe, devait donc préserver l'état flambant neuf de ces travaux intérieurs tout en conservant les activités scolaires.

Ouvrages existants déposés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
Structure	✓ Occultation
Charpente / toiture	Balcon

Ouvrages rapportés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
Structure	✓ Occultation
Charpente / toiture	Balcon
Plancher	Circulation / ascenseur

Présence du bois dans les éléments d'ouvrage rapportés

✓ Ossature façade	Menuiserie extérieure
✓ Revêtement extérieur	Occultation
Charpente / toiture	Balcon
Plancher	Isolation



Avant : 1965

Intervenants

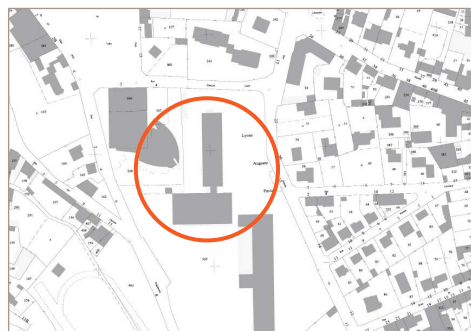
Maître d'ouvrage : Conseil Régional de Bretagne (35)
Maître d'œuvre : Cabinet d'Architecture Fauquert (22)
BET structure bois : QSB, Quemper Structures Bois (22)
Entreprise lot façade bois : Turmel Frères (22)

Caractéristiques façades

Date de livraison : novembre 2006
Durée globale des travaux : 21 mois
Coût total traitement des façades : 1 627 815 d HT
Consultation des entreprises : lot unique traitement des façades
Typologie : bâtiment d'enseignement et d'internat
Classement incendie : NC
Performance énergétique : RT 2005 Existant
Surface SHOB : 7 700 m²
Surface utile : 5 400 m²
Surface habitable : 6 600 m²

Cubage bois

188 m³. Soit 24 dm³ / m² SHOB.
Volume estimé par le BET structure bois.



Plan cadastral, sis rue Anatole Le Braz à Guingamp.

Source : Direction générale des Finances Publiques - Cadastre - mise à jour : 2013.



En bref

- Dépose panneau de façade menuisé
- Pose panneau ossature bois préfabriqué
- Travaux réalisés en site occupé

Etat de l'existant

Ce bâtiment, de forme compacte et rectangulaire, en impose avec ses 66 m de longueur et 26 m de hauteur. Il accueille salles de classe et CDI sur les trois premiers niveaux, internat aux quatre niveaux supérieurs avec des chambres de quatre lits, sanitaires communs et logements de fonction.

Structure : poteaux, poutres et dalles en béton armé. Les panneaux de façade menuisés avec châssis aluminium simple vitrage et allège en panneaux amiante-ciment, sont fixés entre plancher et entre poteaux avec un léger retrait par rapport au nez de dalle. La trame entre les poteaux est non régulière. La structure béton des planchers a été renforcée par des poutres métalliques lors des travaux de mise en sécurité. De plus, l'isolation de la toiture terrasse a été améliorée avec 200 mm de laine de verre.



Diagnostics réalisés : aucun désordre particulier observé sur la structure. La qualité de finition des bétons en façade est médiocre. Présence d'amiante dans les panneaux d'allège des façades.

Laurent Thoraval, architecte

Comment s'est fait le choix de panneau ossature bois préfabriqué ?

« La maîtrise d'ouvrage nous a consulté sans imposer un procédé. Après avoir étudié plusieurs schémas possibles, voire avec d'autres matériaux, le bois s'est imposé naturellement.

Ce choix a été renforcé par une première expérience de réhabilitation d'un collège en structure béton, transformé en logements, que nous avons enveloppé de bois pour ne pas charger la structure et pour couper tous les ponts thermiques.

De plus, les classes et l'internat refaits lors de la première réhabilitation, nous imposaient une solution d'intervention sur l'enveloppe sans impacter l'intérieur du bâtiment. »



Avant Après

Année de livraison	1965	2006
Typologie	Bâtiment mixte d'enseignement et internat	
SHOB	7 700 m ²	
Performance énergétique	-	RT 2005 Existant

NB : la surface de plancher augmente légèrement car la nouvelle enveloppe passe devant les nez de dalle. Cependant, elle n'est pas comptabilisée par le maître d'ouvrage.



La faisabilité

LES OBJECTIFS

Diminution des consommations de chauffage

Effacer la monotonie grise et sans relief des façades

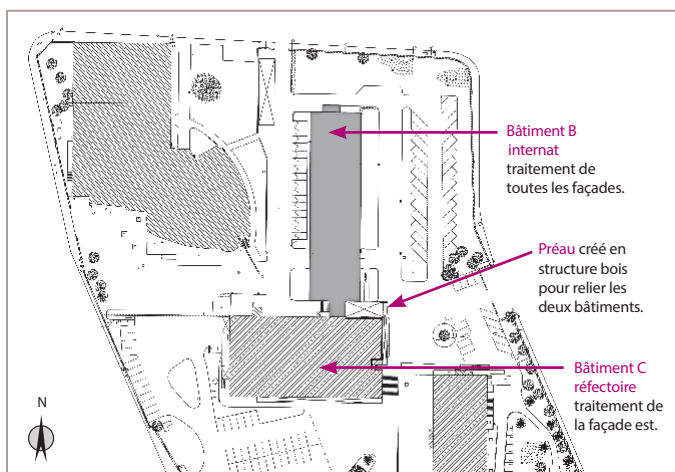
LES CONTRAINTES

Site occupé et délais restreints

Ne pas endommager les finitions intérieures

Volume important du bâtiment

Installation de chantier très limitée



Plan de masse. Bâtiment B étudié.

Le projet de réhabilitation

Le traitement des façades consiste à déshabiller la structure béton pour la revêtir aussitôt d'une nouvelle peau thermique en panneaux ossature bois préfabriqués. Le revêtement extérieur, quant à lui, prend forme directement sur site.

Composition de la nouvelle enveloppe

- Panneaux ossature bois préfabriqués. Localisation : toutes les façades, y compris les pignons.
- Revêtement extérieur en panneaux fibre-ciment.
- Menuiseries extérieures oscillo-battantes en aluminium à rupture de pont thermique, vitrage peu émissif.
- Occultations par volets roulants en PVC.



Coûts travaux constatés

Coûts valeur marché février 2005

- Coût total traitement des façades : 1 627 815 d HT
Soit 211 d/m² de SHOB
- Dépose façades : 130 011 d HT
- Façade bois (ossature, isolation et vêtiture) : 943 803 d HT
- Menuiseries aluminium : 475 000 d HT
- Gros œuvre : 4 500 d HT
- Peinture : 74 500 d HT
- TVA 19,6 %

Détails techniques

façade bois

Niveau de préfabrication



Relevé de cotes

En phase conception, l'architecte réalise un relevé manuel et rapide, afin de définir les cotes principales de la structure pour l'élaboration des premiers plans.

En phase étude, le BET structure bois réalise une succession de relevés plus précis :

- Relevé systémique de la trame poteau-dalle par 4 points formant une maille
- Définition des niveaux des planchers en se calant sur une bavette métallique extérieure
- Vérification des épaisseurs de planchers par la trémie d'escalier
- Modélisation en 3D de l'ensemble de la structure
- Vérification des points singuliers (différentiels) par de nouvelles mesures.

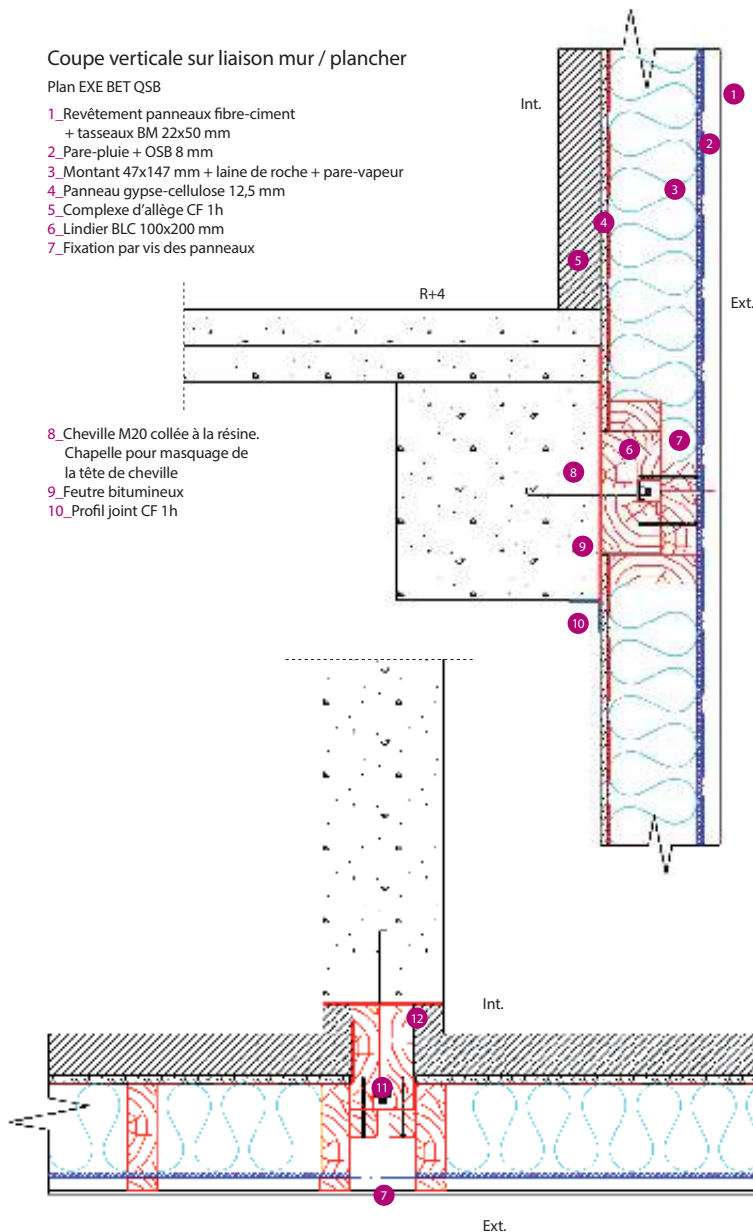
L'ensemble des mesures, réalisé par tachéométrie, a duré 3 jours.

Coupe verticale sur liaison mur / plancher

Plan EXE BET QSB

- 1_ Revêtement panneaux fibre-ciment + tasseaux BM 22x50 mm
- 2_ Pare-pluie + OSB 8 mm
- 3_ Montant 47x147 mm + laine de roche + pare-vapeur
- 4_ Panneau gypse-cellulose 12,5 mm
- 5_ Complexe d'allège CF 1h
- 6_ Lindier BLC 100x200 mm
- 7_ Fixation par vis des panneaux

- 8_ Cheville M20 collée à la résine. Chapelle pour masquage de la tête de cheville
- 9_ Feutre bitumineux
- 10_ Profil joint CF 1h



Coupe horizontale sur fixation mur / poteau

Plan EXE BET QSB

- 7_ Fixation par vis des panneaux
- 11_ Lindier BLC 100x175 mm
- 12_ Cheville M12 collée à la résine. Chapelle pour masquage de la tête de cheville

Thierry Urvoit, entreprise bois
Pouvez-vous nous décrire votre entreprise et votre intervention ?

« Notre entreprise de 11 salariés possède deux ateliers de fabrication, l'un pour le lamell-collé, l'autre pour les panneaux ossature bois. Situé à 45 km de nos ateliers, le chantier a duré environ 18 mois et a sollicité 5 compagnons.

Nous avons beaucoup travaillé avec le bureau d'étude QSB, qui avait tout étudié en amont, réalisé le relevé de cotes précis et mis au point les systèmes de fixation. Cela nous a permis de tout préfabriquer et pré-percer en atelier. Au final, nous n'avons rencontré aucune difficulté particulière et l'expérience est donc à renouveler sans problème. »



à noter

L'entreprise de charpente est mandataire du lot unique « traitement des façades » qui englobe six postes. Elle assure directement « l'Ossature bois-parements » et « Peinture », et pilote les postes « Dépose façades », « Menuiseries aluminium », « Etanchéité » et « Gros-œuvre ». Elle s'appuie entièrement sur les compétences du BET structure bois pour les missions DCE, EXE et CHANTIER.



Le calepinage de la vèture ne correspondant pas aux dimensions des panneaux bois, les panneaux fibre-ciment sont posés in situ.

Denis Pistiaux, BET bois

Comment avez-vous réalisé les relevés de cotes ?

« Au préalable, nous avons donné un repère à chaque maille du poteau poutre. Une maille étant définie par le rectangle inscrit entre deux dalles superposées et deux poteaux successifs. Sur site, nous avons mesuré, depuis un repère d'origine que nous nous étions fixés, les coordonnées des quatre points des angles du rectangle pour chacune des mailles. Ce relevé précis nous a permis ensuite de modéliser la façade en 3D sur notre logiciel CAO et de nous apercevoir que la trame du poteau poutre était irrégulière. La précision des mesures était fondamentale puisque notre maquette 3D servait ensuite de base à la préfabrication des panneaux à ossatures bois. Nous avons utilisé une station totale sur trépied. Nous avons préféré cet outil aux scanners 3D de l'époque car ils nécessitaient beaucoup de travail en post traitement afin d'évacuer les données superflues. Aujourd'hui les scanners 3D sont incontournables, ils disposent d'ailleurs d'une interface directe avec certains logiciels de CAO.»

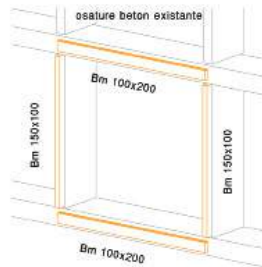
Quels ont été les dispositifs de préparation du support existant ?

«L'état de surface des nez de dalle a fait l'objet d'une reprise à l'aide d'un enduit. Les singularités restantes étaient absorbées par la bande de calefournement interposée entre la structure béton et la structure bois. Les linders ont été entièrement préfabriqués et pré-perçés en atelier. Une chapelle a été usinée au droit de chaque perçage pour permettre d'intégrer les têtes de chevilles afin de ne pas gêner le positionnement des panneaux. Cette disposition permettait également de réduire la sollicitation en flexion de la cheville. La trame irrégulière du poteau-poutre nous a imposé de réaliser des panneaux uniques, un panneau correspondant à une maille. Les panneaux n'assurent pas le contreventement du bâtiment. Ils sont maintenus verticalement par les linders horizontaux et au basculement par les linders verticaux ancrés aux poteaux béton.»

Méthode de fixation des panneaux

Préalablement à toutes déposes des façades existantes, les nez de dalle sont repris pour retrouver une parfaite planimétrie de surface et un aplomb acceptable sur la hauteur du bâtiment. Des linders en Douglas fixés sur les nez de dalle et les poteaux, sont ancrés par des chevilles chimiques sur les bétons, dont la résistance a été testée par des essais à l'arrachement.

Ces linders forment un cadre, respectant les cotes de la structure existante et deviennent support de chaque panneau ossature bois préfabriqué aux dimensions exactes de celui-ci. Les panneaux ont donc des gabarits variables.



à noter

Les supports de fixation tout bois évitent l'usage d'équerre métallique et augmentent le volume de bois. Conjugée à un petit gabarit de panneau préfabriqué, cette méthodologie semble adaptée à une structure d'entreprise de taille modeste.

attention



! Les dispositions liées à la sécurité incendie sont antérieures à l'IT 249 de mai 2010. Ici, il y a une absence de bavette de recoupement en acier pour assurer la coupure de la colonne d'air derrière le revêtement extérieur, qui aujourd'hui est rendue obligatoire.

Méthodologie chantier façade bois



1



2 3



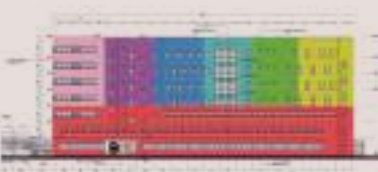
4 5

Ordonnancement

- 1_Pose et ancrage des linders sur la structure existante débordante
- 2_Dépose des façades existantes

- 3_Acheminement des panneaux ossature bois et mise en place le jour même. Protection du bâtiment par bâche pendant la nuit
- 4_Mise en place des menuiseries aluminium
- 5_Pose du revêtement extérieur et habillage des tableaux

Organisation chantier et planning



Les couleurs symbolisent les zones d'intervention. Principe répété pour toutes les façades.

- Travaux fractionnés par zone d'intervention, sollicitant simultanément tous les postes « traitement des façades ».
- En rythme normal, il faut compter 1h pour fixer 1 panneau.
- Par jour, la surface remplacée est de 3 étages par 3 panneaux en longueur, soit 9 panneaux.
- Durée globale de 4 mois d'études et de 15 mois de travaux pour le remplacement des façades, y compris les interruptions programmées.

Moyens matériels et humains

- 1 grue mobile.
- 1 plate-forme élévatrice mono-mât de 12 m.
- 1 nacelle ciseaux.
- 4 ouvriers pour la fabrication des panneaux en ateliers.
- 3 ouvriers pour la pose des panneaux et du revêtement extérieur.

Ex 7

Centre de formation Copernic à Angers (49) Une restructuration rondement menée



Après : 2013

Restructuration d'un bâtiment d'enseignement. R+1

Après 40 années de bons et loyaux services, le bâtiment d'enseignement de l'Association Ouvrière des Compagnons du Devoir du Tour de France (AOCDTF) nécessitait une profonde réhabilitation.

Ce bâtiment est implanté sur l'un des sites de formation de l'AOCDTF, composé également d'un atelier pour la formation pratique et d'un immeuble hébergeant une centaine de jeunes. Situé en front de rue passante dans une zone résidentielle dense, il se démarque aujourd'hui par ses façades bois incurvées, reflet de l'implication de ses acteurs pour une intégration dynamique à l'environnement.

Afin de limiter la perturbation des activités, 2 phases de travaux ont été nécessaires. Elles concernent uniquement la restructuration complète du bâtiment principal d'enseignement et d'administration, sujet de la présente étude de cas.

Une 3^{ème} phase consacrée à la rénovation intérieure de l'immeuble d'hébergement, sera réceptionnée en septembre 2013.

Ouvrages existants déposés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
Structure	✓ Occultation
Charpente / toiture	Balcon

Ouvrages rapportés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
Structure	✓ Occultation
Charpente / toiture	Balcon
Plancher	✓ Circulation / ascenseur

Présence du bois dans les éléments d'ouvrage rapportés

✓ Ossature façade	Menuiserie extérieure
✓ Revêtement extérieur	✓ Occultation
Charpente / toiture	Balcon
Plancher	Isolation



Avant : 1971

Intervenants

Maître d'ouvrage : AOCDTF (49) / Service du Patrimoine de l'AOCDTF (75)

Maître d'œuvre : Snap Architecture (75)

Economiste OPC : SC Marchand Bodin (49)

BET structure : AVES (91)

Entreprise lot façade bois : ACB (49)

Entreprise menuiseries extérieures : Ouest Serrurerie (49)

Caractéristiques

Date de livraison : 2013

Durée globale des travaux : 17 mois

Coût total opération : 2 370 000 d HT

Consultation des entreprises : corps d'état séparés

Typologie : bâtiment d'enseignement

Classement incendie : 5^{ème} catégorie de type R

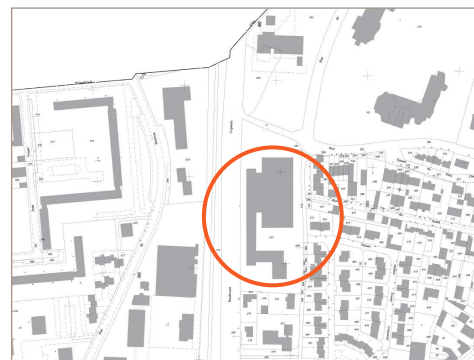
Performance énergétique : RT 2005 existant

Surface SHON : 2850 m²

Cubage bois

130 m³. Soit 46 dm³/m² SHON.

Volume estimé par l'entreprise bois.



Plan cadastral, terrain de 11 000 m², sis 25 boulevard Copernic à Angers.

Source : Direction générale des Finances Publiques - Cadastre : mise à jour : 2013.



En bref

- Dépose panneau de façade menuisé
- Pose panneau ossature bois préfabriqué
- Augmentation de la SHON
- Accessibilité PMR

• Travaux réalisés en site occupé

Etat de l'existant

Ce bâtiment rectiligne, d'une emprise au sol de 100 m x 10 m, est dépourvu de tout confort fonctionnel, thermique, acoustique et visuel. Il accueille réserves et salles de réception au sous-sol semi-enterré, salles de classe et bureaux administratifs sur les grands plateaux cloisonnés du RDC et R+1.



Structure : poteaux tramés tous les 3,60 m, poutres et planchers en béton armé. Les panneaux de façade menuisés avec châssis simple vitrage et allèges en panneaux amiante-ciment, sont en retrait de 40 cm par rapport aux nez de dalles. Plancher haut formant la toiture terrasse. Les poutres transversales ont une retombée importante de 41 cm à chaque niveau.

Équipement : ventilo-convecteurs avec batterie eau chaude et convecteurs électriques.

Diagnostics réalisés : pas de désordre observé sur la structure. Les bétons hétérogènes présentent localement de fortes variations de résistance.

Présence d'amiante non friable sur plusieurs éléments : panneaux d'allèges des façades, certaines gaines techniques et faïences des sanitaires.

Christian Pons, maître d'ouvrage

Comment avez-vous identifié vos besoins ?

« Nous nous sommes entourés des compétences d'un AMO, le cabinet A2MO, à qui nous avons confié le diagnostic, l'analyse du besoin et le cahier de propositions. Ces dossiers, très précis, ont accompagné notre demande de financement auprès du Conseil Régional, qui par ailleurs a salué ce travail réalisé sur nos objectifs clairement identifiés. Aussi, il nous a beaucoup aidés à transmettre la commande au cabinet d'architecture. C'était la première fois que nous avions cette démarche et cela nous a été tout à fait salutaire. »

Anne-Charlotte Goût, architecte

Avez-vous rencontré des difficultés à obtenir des réponses des entreprises bois ?

« Nous avons fait un appel d'offres ouvert avec publication dans la presse locale. Les réponses suffisantes pour tous les lots, y compris le lot bois, nous ont permis de déclarer l'appel d'offres fructueux. Plusieurs entreprises bois ayant répondu à cet appel d'offres, nous avons pu comparer les propositions et voir leur adéquation avec les prix proposés par l'économiste. »

Avant de lancer l'appel d'offres et afin de nous rassurer, nous avons interrogé plusieurs entreprises au préalable qui nous ont manifesté leur désir de répondre.

Nous sommes dans une région où les professionnels du bois sont bien représentés. »

François Hibert, entreprise bois

Pouvez-vous nous décrire votre entreprise ?

« ACB, spécialisée dans la charpente construction bois, est une société que j'ai créée en 1999 en reprenant la suite d'une entreprise de charpente menuiserie n'ayant pas de successeur. Aujourd'hui nous comptons une trentaine de personnes. Notre groupe comprend 3 entités, une de menuiserie-agencement, une sur les marchés de la maison individuelle et la dernière qui répond aux marchés public et aux projets de plus grandes envergures, dont le logement collectif et la réhabilitation. J'ai souhaité développer une forte compétence sur la maîtrise de l'énergie en gérant les études et en nous équipant pour faire tous nos tests d'étanchéité à l'air. Ce qui nous permet de maîtriser et de qualifier notre production. »

La faisabilité

LES OBJECTIFS

Diminution des consommations énergétiques

Maîtrise des apports solaires

Confort acoustique

Esthétique moderne

Accessibilité aux PMR

LES CONTRAINTES

Site occupé

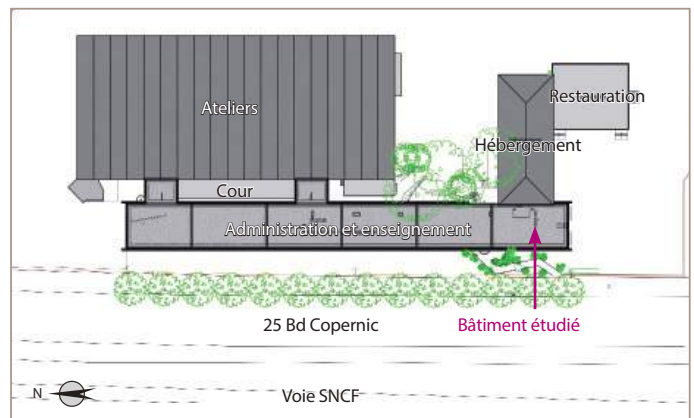
Installation de chantier limitée

Amiante non friable dans les allèges

Hétérogénéité des bétons

Hauteur sous poutre de 2,41 m

Financements : plusieurs partenaires apportent des subventions à hauteur de 71 % du coût global : le Conseil Régional des Pays de la Loire (60 %), la ville d'Angers, la CAF de l'Anjou, l'ADEME et autres (11 %).

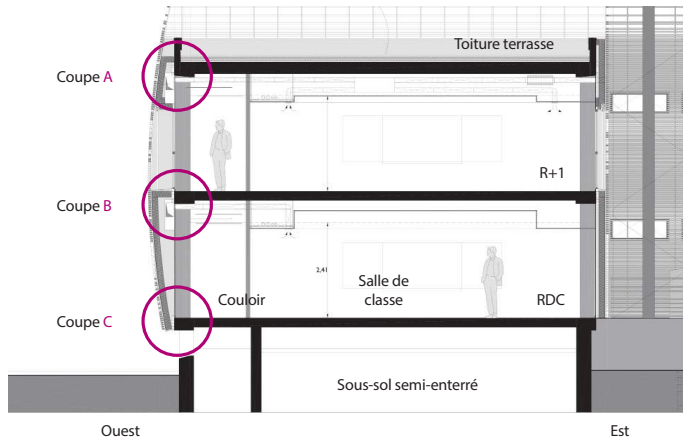


Plan de masse du site de formation.

	Avant	Après
Année de livraison	1972	2013
Typologie	Bâtiment d'enseignement et administratif	
SHON	2 700 m ²	2 850 m ²
Performance énergétique	-	RT 2005 existant

Le projet de réhabilitation

La structure, mise à nue, reçoit une nouvelle peau thermique en panneaux ossature bois et bardage bois sur toutes les façades. Seul le boulevard profitera d'une façade cintrée. Les plateaux, libérés de toutes cloisons intérieures, sont entièrement repensés en fonctionnalité.



Composition de la nouvelle enveloppe

- Panneaux ossature bois et bardage bois. Localisation : RDC, R+1 et acrotère, toutes façades y compris pignon en voile béton.
- Menuiseries extérieures en aluminium double vitrage peu émissif, lame d'argon. Renforcement phonique sur la façade ouest.
- Occultation par store déroulant côté extérieur.
- Isolation rigide posée sur l'étanchéité existante de la toiture terrasse puis pose d'un géotextile et gravillons.
- Pas d'isolation rapportée au niveau du sous-sol semi-enterré habité. Les calculs thermiques ne justifient pas la nécessité d'isoler les murs extérieurs ni le plancher bas.

Equipements techniques

- Chaudière à gaz. Complément par CTA, en faux plafond pour les classes et radiateurs pour les bureaux et parties communes.
- VMC simple flux couplée à des détecteurs de présence dans les salles de classes.
- Chauffage et éclairage gérés par des détecteurs de présence et supervisés par une GTB depuis Paris.



Coûts travaux constatés

Coûts valeur marché septembre 2011

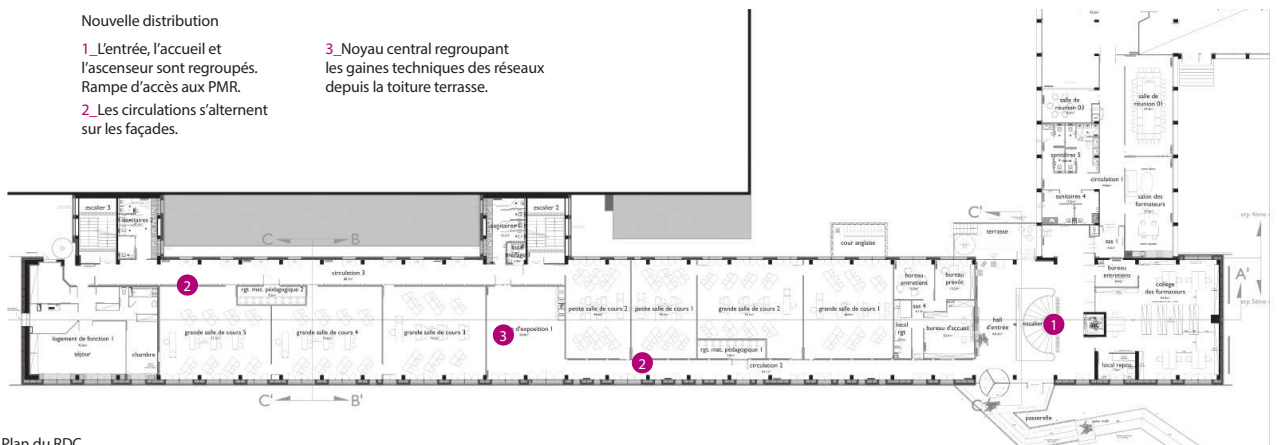
- Total de l'opération : 2 370 000 d HT.
Soit 832 d/m² de SHON.
- Façade bois (ossature, isolation et bardage) :
450 000 d HT. Soit 19 % du total de l'opération
- TVA 19,6 %

Nouvelle distribution

1_ L'entrée, l'accueil et l'ascenseur sont regroupés. Rampe d'accès aux PMR.

2_ Les circulations s'alternent sur les façades.

3_ Noyau central regroupant les gaines techniques des réseaux depuis la toiture terrasse.



Plan du RDC

Anne-Charlotte Goût, architecte

Pourquoi avoir choisi le bois pour traiter les façades ?

« Pour répondre aux problématiques d'un site occupé, éviter les nuisances sonores, réduire les temps de chantier et intervenir par phase, la préfabrication était la solution retenue par l'ensemble des parties prenantes.

Cela nous a également permis d'apporter une souplesse architecturale pour répondre de façon contemporaine. Les façades sont identifiées par le jeu de tasseaux glissant et passant devant les fenêtres. Ce jeu de glissement a été étudié, calculé et vérifié avec des modélisations réalisées par notre agence. Il sert à filtrer l'ensoleillement pour éviter les gênes, tout en maîtrisant les justes apports solaires en hiver. Clin œil également à la vitesse du TGV, adjacent au boulevard et au bâtiment. »



à noter

Les nouvelles façades déportées à l'extérieur des nez de dalles permettent de gagner 150 m² de surface plancher.



Façade est, donnant sur la cour intérieure.



Façade ouest, tasseaux bois formant brise-soleil. Les allèges vitrées redonnent une vue aux élèves en position assise.

Façade nord, escalier existant.

Détails techniques façade bois

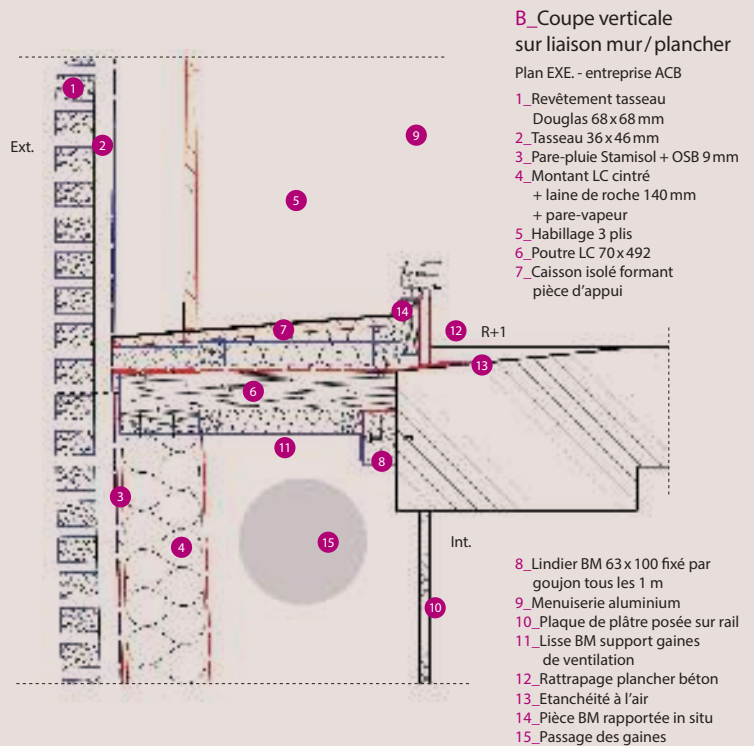
Niveau de préfabrication



NB : bien que le bardage soit posé in situ, ses éléments sont préfabriqués.

Relevé de cotes

En phase étude, l'entreprise bois réalise le relevé avec des instruments de mesures classiques (mètre, télémètre et niveau) sans difficulté particulière, les différentes parties d'ouvrage étant facilement accessibles et d'aplomb.



François Hibert, entreprise bois

La fixation sur la structure vous a-t-elle posé problème ?

« La maîtrise d'ouvrage, avait selon moi, sous-évalué l'importance de la qualité de supports existants pour l'accroche de nos murs.

En effet, en phase de réalisation, nous avons réalisé des campagnes d'essais pour nous apercevoir que les bétons étaient trop hétérogènes pour permettre un chevillage classique comme prévu à l'initial. La proposition des chevilles chimiques a été validée par le bureau de contrôle, mais sous condition de réaliser en plus des tests à l'arrachement. De plus, la quantité des chevilles a été augmentée parfois aux endroits manquants de justification. »

Méthode de fixation des panneaux

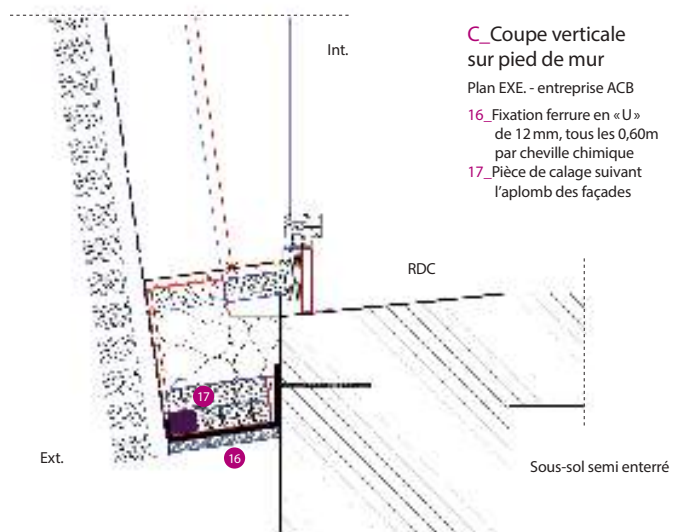
- Dimensions des panneaux : 8 m à 10 m de longueur sur 3 m de hauteur, pour une charge d'environ 1 t.
- Trois panneaux horizontaux, un par étage courant et un plus petit pour l'acrotère formant garde-corps.
- Reprise de l'inclinaison des abouts de dalle par chape.
- Ferrures en « U », fixées au nez de la dalle du RDC, reprenant l'intégralité des charges verticales.
- Lindiers bois fixés en continu aux nez de dalle des 2 niveaux supérieurs reprenant la fixation haute des panneaux.

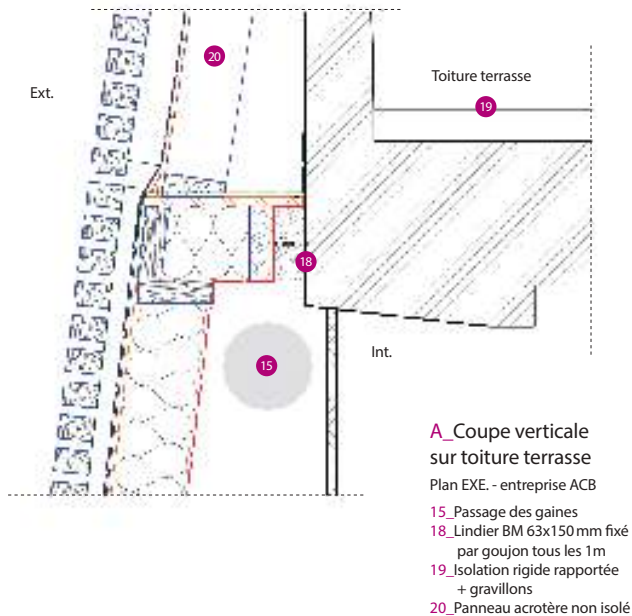
Etanchéité de la façade

- Le pare-vapeur, posé en atelier, est continu sur tous les éléments d'ouvrages constituant les panneaux.
- Le pare-pluie Stamisol, spécifique aux bardages ajourés, est très cassant à la mise en œuvre. Il était plus facile ici de le poser à la verticale, évitant ainsi les jonctions horizontales.
- En phase chantier, 2 tests d'étanchéité à l'air permettent de vérifier la parfaite perméabilité de la façade neuve et d'ajuster des joints sur certaines menuiseries extérieures.
- En phase livraison, une analyse thermographique par infrarouge confirme une parfaite continuité de l'isolation.



En pied de façade, les panneaux sont ancrés sur des ferrures en « U ».





à noter

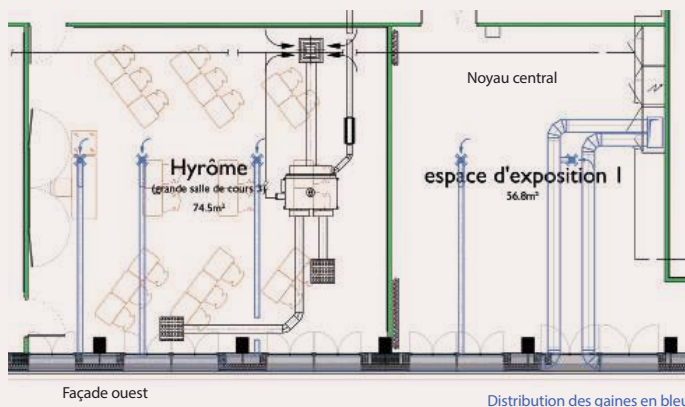
Pour les locaux à risques :

- pose en parement intérieur de BA25 + BA13,
- pose des châssis vitrés aluminium sur support béton existant ou talonnette rapportée, le châssis sur support bois manquant de PV pour justifier d'une tenue au feu importante.

Focus...

Façade cintrée

La distribution des réseaux ne pouvait pas être réalisée à l'intérieur du bâtiment. En effet, la faible hauteur sous poutre de 2,41 m aurait contraint à la mise en place d'un faux plafond trop bas pour le confort des occupants.



Cette distribution se fait donc dans la partie concave de l'enveloppe, entre le pare-vapeur et le parement intérieur. Les réseaux sont fixés sous la lisse bois du R+1 et de la toiture terrasse. Les réseaux démarrent depuis la centrale installée en toiture et descendent dans le noyau central. Les gaines circulent horizontalement dans l'épaisseur de la façade. Les réseaux secondaires, perpendiculaires, distribuent les salles en passant entre les poutres.



- Montants des panneaux en lamellé-collé courbe avec un entraxe de 60 cm.
- Les retours droits formant les cadres de fenêtre sont isolés.
- Installation du pare-vapeur en atelier.

Anne-Charlotte Goût, architecte

Quelles solutions avez-vous apportées pour répondre aux règles de sécurité incendie ?

« Le premier point était d'être conforme à l'IT 249. Nous sommes venus rajouter des pièces de bois massif entre le RDC et le R+1 afin d'avoir une bonne isolation au feu entre les étages, phase non prévue au départ.

Le deuxième point concerne certains locaux dits à risque, pour lesquels nous devons être coupe-feu. Nous n'avons pas pu mettre de châssis vitrés « fixé sur ossature bois » puisqu'il n'est pas défini ainsi dans les bases de données du bureau de contrôle. C'est regrettable, on sent qu'il y a un décalage entre la ressource documentaire des bureaux de contrôle et les bâtiments que nous construisons aujourd'hui. »

François Hibert, entreprise bois

Pouvez-vous nous décrire la préfabrication ?

« Comme à notre habitude, nous avons préfabriqué au maximum les éléments, ce qui nous paraissait encore plus évident sur cette opération car nous étions en site occupé. Il était donc impératif de limiter les temps d'intervention sur le chantier et ainsi de passer le maximum de temps en atelier.

La fabrication de l'enveloppe s'est déroulée en plusieurs phases. Tout d'abord nous avons assemblé toutes les ossatures cintrées en lamellé-collé, comme une ossature bois traditionnelle.

En parallèle, nous avons fabriqué des éléments droits, sortes de modules de redressement isolés, destinés à recevoir les menuiseries d'aplomb. Ces pré-cadres ont été fixés au voile cintré. Puis nous avons fixé toutes les pièces de bois servant de jonction à la structure existante. Seulement après, nous avons agrafé le pare-vapeur de façon à assurer une vraie continuité de la membrane d'étanchéité.

Enfin, ces éléments préfabriqués partaient sur le chantier, prêts à être fixés sur les ferrures en attente. »

Méthodologie chantier façade bois



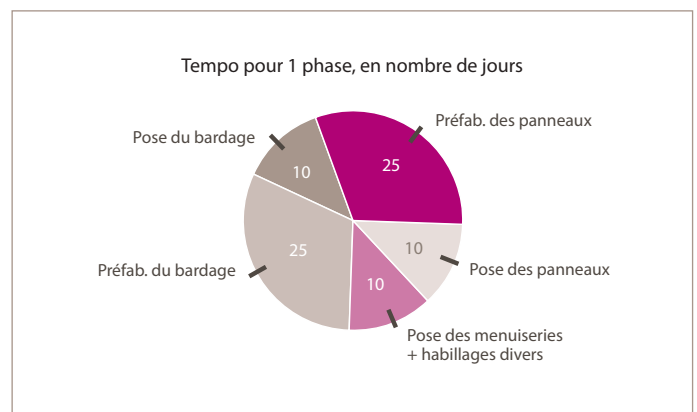
Ordonnancement

- 1_ Fabrication des panneaux en atelier avec l'isolation et le pare-vapeur intégrés
- 2_ Dépose des façades existantes, protection par bâches
- 3_ Pose des ferrures et lisses bois sur les nez de dalle de la structure existante
- 4_ Mise en place des panneaux ossature bois, RDC, R+1 et acrotère
- 5_ Pose du pare-pluie Stamisol collé en continu. Puis pose des menuiseries extérieures depuis l'intérieur, protection par le pare-pluie
- 6_ Habillage des tableaux des menuiseries extérieures
- 7_ Pose des éléments préassemblés du revêtement extérieur
- 8_ Phase 1 terminée. La phase 2 est en attente



🕒 Planning

- Intervention en 2 phases, chacune neutralisant une moitié de bâtiment avec une interruption de 3 mois pour permettre aux autres corps d'état d'avancer sur l'aménagement intérieur, et de libérer les locaux de la deuxième phase.
- 1 650 m² de façade traitée pour les 2 phases.
- Durée globale pour le remplacement des façades, y compris les interruptions programmées : 17 mois.



Christian Pons, maître d'ouvrage
Quels points importants voulez-vous souligner ?

« Le fait d'avoir décalé et cintré la façade principale est un réel avantage sur plusieurs points. Tout d'abord, cela nous permet de gagner en surface et ainsi de pouvoir améliorer le confort et l'aménagement intérieur des locaux. Ce n'est pas négligeable pour un maître d'ouvrage. Ensuite, nous avons pu passer les réseaux dans la partie concave de la façade et ainsi éviter une hauteur sous plafond trop faible si les gaines passaient dans celui-ci.

J'aurai tendance à préconiser ce principe sur d'autres opérations où nous serions dans la même configuration. Autrement dit, sans contrainte de limite de propriété et donc en capacité d'épaissir le bâtiment pour ne pas être prisonnier de l'enveloppe existante. »

Organisation chantier

- Dépose des façades menuisées, évacuation des panneaux amiantés et démolition des cloisons intérieures réalisées par une entreprise spécialisée.
- Pour atteindre la façade côté est donnant sur la cour intérieure, le levage des panneaux se fait au-dessus du bâtiment.

Moyens matériels et humains

- 1 grue mobile 30 t.
- 1 nacelle ciseaux.
- Echafaudage tubulaire de pied pour la façade arrière.
- 3 à 6 ouvriers sur chantier.

Espace Affaires Polidrome à Reims (51) Une peau végétale pour un complexe de bureaux



Après : 2013



Avant : 1973

Reconversion d'un site bancaire en un espace d'affaires tout-en-un. R+3

Dans le quartier de l'hippodrome de Reims, la seconde vie de ce bâtiment omniprésent, donne un point d'ancrage à la qualification d'un complexe immobilier novateur s'étendant sur une emprise foncière de 2 hectares et conjuguant multiples activités.

Ce nouvel espace d'affaires de 13 000 m² se divise en 15 locaux d'archivage en sous-sol et 33 espaces modulables sur 4 niveaux, disponibles à la vente comme à la location pour les entreprises, centres de formation etc... et répond aux normes de sécurité et d'accessibilité pour accueillir jusqu'à 1 500 personnes.

A l'avenir, 119 logements collectifs, 7 maisons BBC en accession à la propriété en structure bois et une micro-crèche viendront s'élever autour de ce bâtiment. Une démarche de développement durable fortement prononcée par la revalorisation de cette ancienne structure.

Ouvrages existants déposés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
✓ Structure	✓ Occultation
✓ Charpente / toiture	Balcon

Ouvrages rapportés

✓ Façade	✓ Menuiserie extérieure
Structure	✓ Occultation
✓ Charpente / toiture	Balcon
✓ Plancher	✓ Circulation / ascenseur

Présence du bois dans les éléments d'ouvrage rapportés

✓ Ossature façade	Menuiserie extérieure
✓ Revêtement extérieur	Occultation
Charpente / toiture	Balcon
Plancher	Isolation

Intervenants

Maître d'ouvrage : Plurial L'effort Rémois (51)

Maître d'œuvre : Axis Architecture (77)

Entreprise lot façade bois : Le Bâtiment Associé (51)

Entreprise menuiseries extérieures : France 2000 (10)

Caractéristiques

Date de livraison : juin 2013

Durée globale des travaux : 22 mois

Coût total opération : 12 957 142 d HT

Consultation des entreprises : corps d'état séparés

Typologie : bâtiment administratif à usage privé

Classement incendie : ERP 2^{ème} catégorie

de type N, R, X et W

Performance énergétique : BBC rénovation

Surface SHON : 15 101 m²

Surface utile : 15 030 m²

Cubage bois

120 m³. Volume estimé par l'entreprise

Le Bâtiment Associé. Soit 8 dm³ / m² de SHON.



Plan cadastral, terrain de 22 000 m² sis, avenue Robert Schuman à Reims

Source : Direction générale des Finances Publiques - Cadastre - mise à jour : 2013.



En bref

- Dépose façade existante
- Pose panneau ossature bois préfabriqué façades sud, est et ouest
- Pose mur rideau, façade nord
- Création d'un patio central
- Création de surface par plancher intermédiaire

• Travaux réalisés en site non occupé

Etat de l'existant

Ce bâtiment volumineux d'une emprise au sol de 63 m x 81 m est conçu pour des zones de stockage situées au RDC bas et haut et au R+1, différenciées des espaces bureaux au R+2. Au R+3 se situent les locaux techniques. De par sa principale destination ce bâtiment, d'un aspect austère, est déperditif d'un point de vue thermique et consommateur en éclairages artificiels. En effet, la lumière naturelle ne peut pas pénétrer jusqu'au cœur du bâtiment.



Structure : poteaux, poutres et dalles en béton armé. Façades rideaux en aluminium et verre. Toiture terrasse accessible type bac acier.

Équipement : chauffage par sous station du type chauffage urbain. Ventilation par centrale de traitement d'air. Rafraîchissement par climatisation.

Diagnostics réalisés : pas de désordre observé sur la structure. Les essais réalisés sur les prélèvements de béton traduisent de bonnes caractéristiques mécaniques.

Présence d'amiante sur plusieurs éléments qui seront évacués. Tous les équipements techniques doivent être changés, excepté la sous-station qui fera l'objet d'une étude.

Christophe Courtaillier,
maître d'ouvrage

En quoi consiste ce programme de
réhabilitation ?

«Ce site acheté en 2010 vivait en autarcie par rapport au quartier. Nous avons donc souhaité monter une opération avec une grande mixité et créer un mini éco-quartier en nous engageant dans une vraie démarche de développement durable. Concilier sur un même site de l'habitat, quelques petits logements temporaires ou logements en pleine propriété, des services comme la restauration, une micro-crèche ou encore un projet de salle de sport, le tout à côté des bureaux, correspondait à une volonté de satisfaire les demandes extérieures. En tant que bailleur social, le service aux entreprises fait partie de nos priorités. En souhaitant accueillir des structures importantes en termes d'occupation de l'espace, grâce à des grands plateaux aménageables, nous voulions nous différencier des structures de bureaux proposées sur Reims.»

Tanguy Rodier, architecte

Comment s'est passé l'appel d'offres ?

«Il s'agit d'un appel d'offres européen, qui tout d'abord a été lancé en entreprise générale et déclaré infructueux car nous n'arrivions pas à rentrer dans le budget. Celui-ci a donc été relancé en corps d'état séparés ce qui nous a permis d'obtenir des offres intéressantes dont les lots ossatures bois et végétalisation, sans soucis particuliers.»

Bruno Rigaud, entreprise bois

Pouvez-vous nous décrire votre entreprise ?

«Le Bâtiment Associé existe depuis plus de 35 ans, présent sur toute la Champagne-Ardenne. L'entreprise possède 150 employés et est organisée en trois pôles : gros-œuvre, taille de pierre pour les monuments historiques et charpente ossature bois avec un atelier de 2 500 m².»



à noter

La première hypothèse était la déconstruction totale du bâtiment. Mais le bon état de la structure d'origine et un délai de chantier trop important si déconstruction/reconstruction, ont conduit à une réhabilitation lourde.

La faisabilité

LES OBJECTIFS

Performance thermique
BBC rénovation visée à minima

Nouvelle enveloppe légère

Modularité des espaces intérieurs
en favorisant un éclairage naturel

Esthétique moderne

Accessibilité aux PMR et normes
ERP

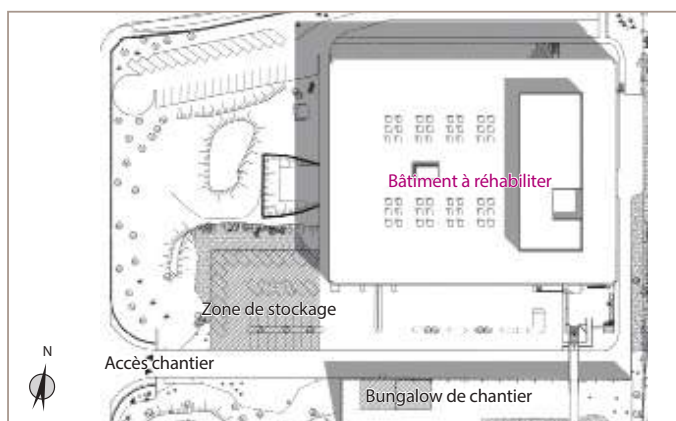
LES CONTRAINTES

Grand volume de béton armé
(salles des coffres et imprimerie)

Faiblesse des abouts de dalles,
béton en léger porte-à-faux
des poutres

Présence importante d'amiante

Financements : privés.



Plan de masse. Bâtiment existant et installation de chantier.



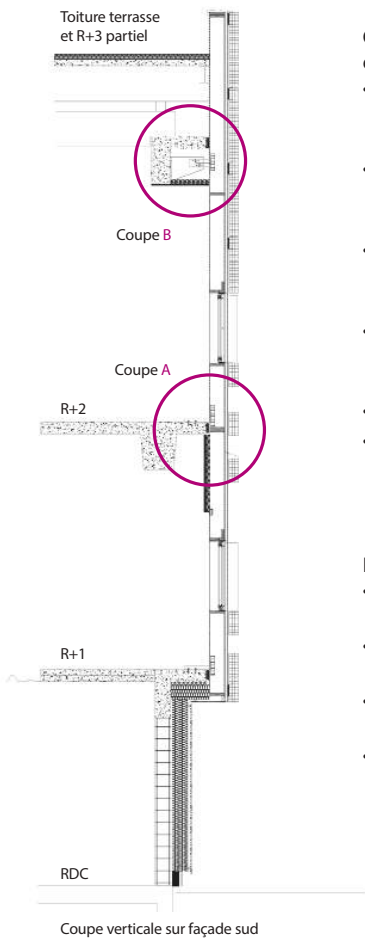
Avant

Après

Année de livraison	1973	2013
Typologie	Site bancaire : bureau et stockage	Espace d'affaires : établissement de formation, bureaux, caféteria
SHON	12 357 m ²	15 101 m ²
Performance énergétique	NC	BBC rénovation

Le projet de réhabilitation

La structure est mise à nue. La hauteur de 8 m sous plafond des locaux de stockage a permis de créer un plancher intermédiaire, s'alignant sur le niveau du plancher RDC haut déjà existant. Le nouveau bâtiment se compose d'un sous-sol, RDC, R+1, R+2 et R+3 partiel avec toiture-terrasse accessible.



Composition de la nouvelle enveloppe

- Ossature bois rapportée sur voile béton neuf et bardage vertical en Western Red Cedar. Localisation : RDC.
- Panneaux ossature bois préfabriqués et revêtement extérieur composite. Localisation : R+1 et R+2.
- Menuiseries extérieures aluminium double vitrage, occultation par store intérieur.
- Mur rideau aluminium et verre. Localisation : façade nord, toute hauteur.
- Isolation de la toiture terrasse.
- Végétalisation sur grillage rapporté devant le revêtement extérieur type Fundermax'. Localisation : façade sud et ouest.

Equipements techniques

- Chauffage urbain par sous-station existante remise en conformité.
- Ventilation double flux commune pour chaque bureau.
- Climatisation pour les locaux techniques.
- Distributions verticales des réseaux fluides et électriques par les escaliers et ascenseurs situés aux quatre angles du patio.

Tanguy Rodier, architecte

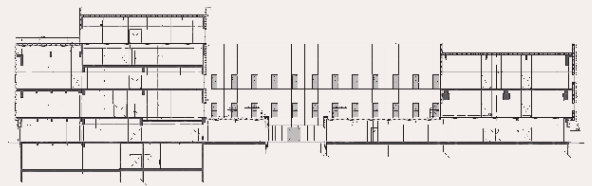
Pouvez-vous nous décrire les aspects architecturaux du nouveau bâtiment ?

« Nous n'avions pas de contrainte particulière au niveau du PLU. Le souhait du maître d'ouvrage était fortement marqué par une image rajeunie, changer du grand cube en verre et concevoir une nouvelle architecture valorisante pour attirer les acquéreurs.

Nous sommes partis sur des volumes simples et façades lisses pour des contraintes économiques, mais dans l'optique que ce grand volume n'ai pas une allure trop homogène.

L'idée de la végétalisation sur les façades sud et ouest a permis de redonner du corps au bâtiment.

La façade vitrée côté nord fait le lien avec l'hippodrome en face et donne un effet miroir. Le choix d'un bardage bois en verticalité en RDC, donne un aspect chaleureux au droit des accès en résonance avec la végétalisation en hauteur. »



Coupe verticale sur niveaux



Façade sud, panneau composite et végétalisation.



Façade nord, aluminium et verre.

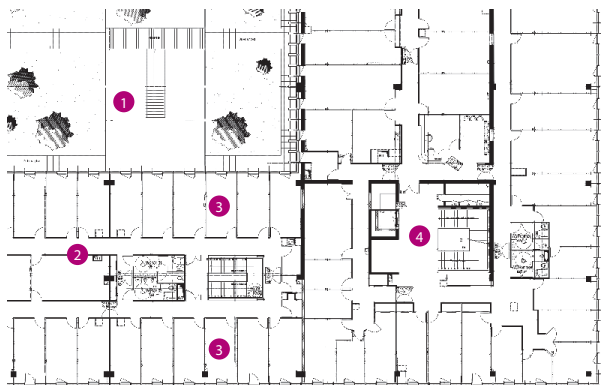


Image de synthèse du projet global.

Coûts travaux constatés

Coûts valeur marché mai 2011

- Total de l'opération : 12 957 142 d HT. Soit 858 d/m² de SHON.
- Enveloppe bois (ossature, isolation, gypse-cellulose et revêtement extérieur, hors végétalisation) : 1 500 000 d HT. Soit 12% du total de l'opération.
- Végétalisation : 259 000 d HT.
- TVA : 19,6%.



Plan 1^{er} étage

- 1_Création d'un patio de 900 m².
- 2_Couloirs situés au centre des nouvelles ailes.
- 3_Tous les bureaux bénéficient d'une lumière naturelle.
- 4_Ouverture de trémies pour ascenseurs et escaliers.

Détails techniques

façade bois

Niveau de préfabrication

- STRUCTURE BOIS
- ISOLANT PARE-VAPEUR
- REVETEMENT EXTERIEUR
- MENUISERIES EXTERIEURES

Relevé de cotes

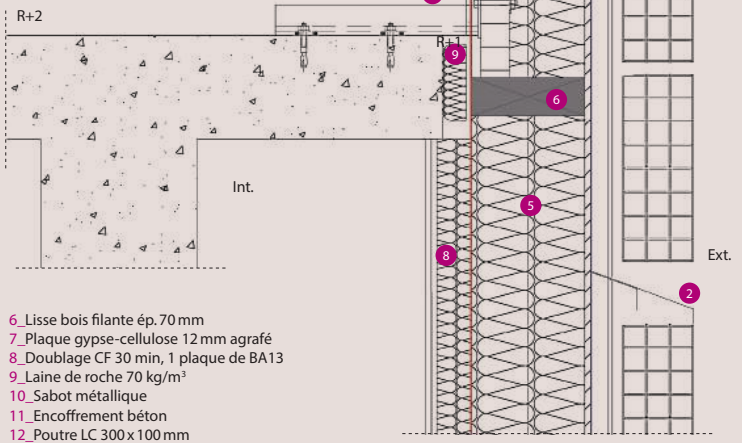
En phase conception, la maîtrise d'œuvre réalise un relevé complet en s'appuyant sur les plans existants. Méthode du relevé manuel.

En phase EXE, l'entreprise bois aidée d'un géomètre expert, réalise des compléments de relevés de cotes et d'altimétries afin de vérifier tous les alignements et aplombs de la structure. Méthode par tachéomètre.

A_Coupe verticale sur liaison mur / plancher

Plan EXE - entreprise Le Bâtiment Associé

- 1_Complexe végétalisation
- 2_Profil recoupement lame d'air
- 3_Revêtement panneau Fundermax® + tasseau 38x60
- 4_Pare-pluie + OSB 12 mm
- 5_Montant BM 45x220 mm + laine de roche 2x 120 mm + pare-vapeur



Méthode de fixation des panneaux

Panneaux ossature bois conçus à la verticale, 11 m x 3 m, couvrant deux niveaux et l'acrotère.

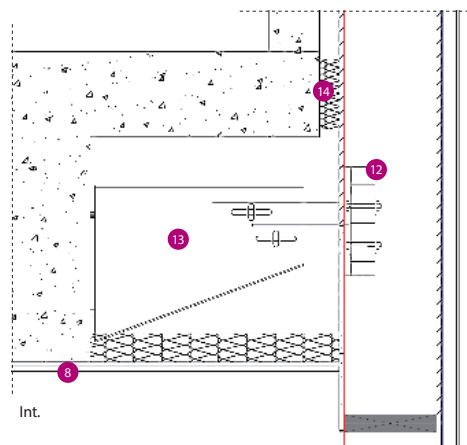
Il y a six points d'ancrage au total par panneau, deux par niveau :

- grosses ferrures réglables de 250 mm situées sur la poutre maîtresse en partie haute du bâtiment reprenant les charges au maximum.
- ferrures métalliques fixées sur les abouts de dalle aux étages inférieurs stabilisant les panneaux et minimisant leur rôle de reprise de charges.



10_Fixation par sabot métallique, RDC et R+1

13_Fixation par console métallique soudée, R+2.



B_Coupe verticale sur fixation haute des panneaux du R+2

Plan EXE - entreprise Le Bâtiment Associé

- 8_Doublage CF 30 min, 1 plaque de BA13
- 12_Poutre LC 300x100 mm
- 13_Console métallique soudée
- 14_Laine de roche 70 kg/m³ ép. 80 mm



Réservations dans les panneaux ossature bois pour fixation.



Fixation des panneaux en partie haute et basse.

à noter

Les trop grandes différences de cotes d'alignement de la structure existante qui ont été relevées, ont déclenché la mise au point de ferrures spécifiquement conçues pour s'adapter aux intolérances. Elles sont réglées in situ et suspendent ainsi les nouvelles façades avec aplomb.

Sécurité incendie

- La nouvelle destination du bâtiment « anciennement sous le code du travail », relève de la réglementation incendie des ERP.
- Dispositions constructives conforme à l'IT 249 du 24 mai 2010. L'enveloppe non porteuse doit répondre à une résistance au feu d'1H, avec un C+D $\geq 1,30$ m.
- Encoffrement des équerres métalliques du R+1 et R+2 par plot béton.
- Encoffrement des ferrures de la poutre maîtresse par un habillage CF 1H.



à noter

Plusieurs réunions et visites ont été nécessaires avec le service instructeur des sapeurs-pompiers pour vérifier leur capacité d'intervention dans le site, et valider les propositions techniques et réglementaires des façades.



La distribution des réseaux se fait en apparent, car la façade est fermée, sans contre cloison technique.

Encoffrement en béton des ferrures.

Focus...

Végétalisation des façades sud et ouest

- Des cornières métalliques dentelées, placées au droit des joints des panneaux Fundermax et fixées dans l'ossature bois, reçoivent des grillages métalliques dans lesquels sont installées les cassettes du complexe de végétalisation, substrat et plante.
- Afin de limiter le poids rapporté sur les façades bois, le substrat est présent uniquement sur des bandes de grillage d'une largeur de 1 mètre. Entre celles-ci, les plantes se développeront en s'agrippant à ces grillages extensifs de 2 m de largeur, répartis par intervalle.
- Système d'arrosage automatique par bassin récupérateur d'une capacité de 80 m³ et pompe de relevage situés dans les locaux techniques. Récupération de l'excédent des eaux d'arrosage en pied de façade.



Cuve de 80 m³ installée pour la récupération des EP sur le plancher existant du R+3.



Cassettes végétalisées.

Tanguy Rodier, architecte

Pourquoi avoir fait le choix de la végétalisation ?

«Ce choix a d'abord été motivé par le rendu contemporain et esthétique qu'apporte la végétalisation en façade. De plus, il offre de réels avantages en termes de thermique d'été. En effet, la partie en substrat va absorber et conserver une partie de la chaleur qui ne sera donc pas diffusée à travers la façade. Les feuilles vont quant à elles réfléchir la lumière et ainsi protéger la façade du rayonnement solaire.

Par ailleurs, la lame d'air qui se trouve entre le feuillage et la façade crée une ventilation qui contribue à limiter les besoins en rafraîchissement. Ce principe de végétalisation, bien que performant, ne peut toutefois pas être pris en compte dans les calculs thermiques car sa modélisation reste difficilement réalisable.»

Tanguy Rodier, architecte

La façade bois rapportée vous semble-t-elle judicieuse ?

«L'énorme avantage de ce système rapporté sur structure existante est que nous pouvons travailler sur site tout en continuant à travailler en atelier. Pas besoin d'attendre que le gros-œuvre livre son ouvrage pour que le charpentier réceptionne et commence à préfabriquer.

Là, les choses sont faites en temps masqué. Les panneaux sont livrés d'un seul tenant, positionnés et fixés sur les points d'ancrage. C'est spectaculaire, même si la solution de réglage des ferrures pour caler les aplombs n'a pas été facile à trouver par l'entreprise. La légèreté du système est aussi un point appréciable. Je le referais de la même façon sans hésiter.»

Bruno Rigaud, entreprise bois

Quelles ont été les contraintes ayant guidé vos choix techniques ?

«Premièrement, nous devons connaître la résistance de la structure existante, et reprise possible sur celle-ci. Les essais béton étaient bons. Puis, s'est posée la question de la reprise de charge sur un, deux ou trois points des nouvelles façades qui allaient se situer à 3 m du sol, sachant que les anciennes faisaient plus de 11 m de haut.

Nos calculs nous ont guidés vers une accroche principale sur la poutre maîtresse en partie haute, puis une descente de charge répartie sur les deux étages inférieurs, solution validée par le bureau de contrôle.»



Méthodologie chantier façade bois



Ordonnement

- 1_ Dépose des murs rideaux existants
- 2_ Démolition de la structure béton et création du patio
- 3_ Mise en place des nouveaux planchers
- 4_ Pose des ferrures sur la poutre maîtresse en partie haute puis sur les abouts de dalle des 2 niveaux inférieurs
- 5_ Mise en place des panneaux ossature bois
- 6_ Pose des menuiseries extérieures puis du revêtement extérieur
- 7_ Mise en place de la végétalisation

Christophe Courtaillier,
maître d'ouvrage

Quelles étaient les performances thermiques à atteindre ?

« Pour les premières ventes des bureaux, nous avons réalisé des DPE qui ont montré que le bâtiment est classé A avec de très bons résultats. Cela nous a conforté dans nos choix de faire un bâtiment très performant sans passer par la labellisation.

Nous voulions en effet éviter les actions gadgets et les coûts périphériques qui n'auraient rien apporté de plus à la qualité du bâti, à la qualité de vie intérieure et aux charges de chauffage bien inférieures dont pourront profiter les acquéreurs et locataires. »

Bruno Rigaud, entreprise bois

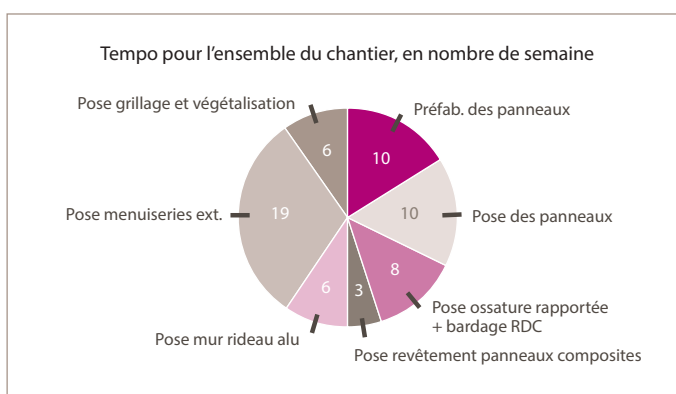
Etes-vous satisfait de cette opération ?

« Ce chantier vitrine a bien lancé notre unité de production récemment installée. Le maître d'ouvrage nous faisant confiance, nous tenions fermement à tenir nos engagements et à réaliser un ouvrage de qualité, dans les délais.

L'importance et la complexité de l'opération pas évidentes au départ, nous ont obligé à se relever au lieu d'avoir toujours le « nez dans le guidon », de se poser les bonnes questions, d'anticiper, d'être rapide dans nos décisions et de bien s'organiser. A la phase chantier, les panneaux se sont posés sans incidences majeures et très rapidement, ce qui a surpris un peu tout le monde, et nos gars étaient fiers de cette bonne intervention. »

🕒 Planning

- La pose des panneaux s'est étalée sur environ 3 mois, avec une moyenne de 6 panneaux par jour.



Organisation chantier

- Réception des terrains obligatoire pour installer les moyens de levage.
- Livraison des panneaux 11 x 3 m par convoi exceptionnel, posés à plat.

Moyens matériels et humains

- 2 nacelles élévatoires.
- 1 plateforme élévatoire.
- 1 grue mobile 100 t.

2^{ème} PARTIE

Les enseignements de ces 8 retours d'expériences

Ces 8 retours d'expériences ont permis de compiler une matière riche d'enseignements, que nous avons synthétisée autour de plusieurs thèmes :

- L'essentiel des 8 opérations. page 48
- Technique des systèmes rapportés. page 50
- La réglementation thermique. page 52
- La réglementation sécurité incendie. page 54
- Le relevé de cotes. page 58
- Les revêtements extérieurs. page 60
- La réglementation acoustique. page 62
- Le volume de bois. page 62
- Conclusion. page 63

Réhabilitation solutions bois

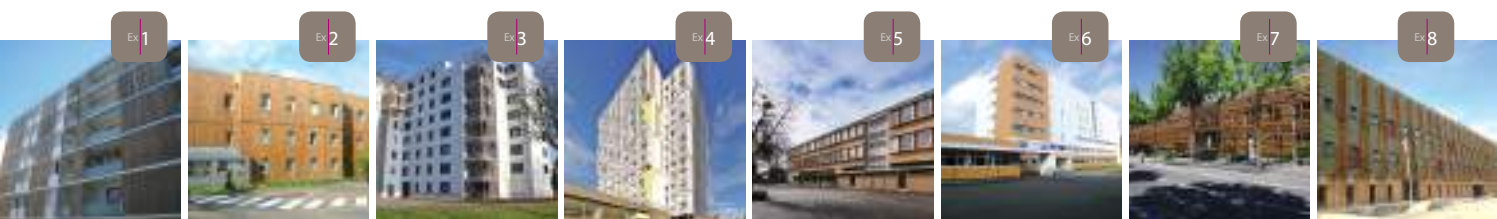


La compilation de ces retours d'expériences, offre aux professionnels des pistes pour leurs propres opérations. Il faut toutefois rappeler que le domaine de la réhabilitation offre un cadre réglementaire encore incomplet. Les professionnels doivent s'appuyer sur les textes existants (en particulier les DTU, les règles Bois Feu 88, les Euroclasses, l'IT249, etc.) et surtout rester à l'écoute des travaux en cours, comme l'élaboration d'un DTU pour les façades rapportées, qui permettront prochainement d'amener des solutions validées.

L'essentiel des 8 opérations

Les principales caractéristiques

Opération	Typologie	Nombre de niveaux	Année d'origine	Année de réhabilitation	Site occupé	Durée chantier
Ex 1 Corbeil-Essonnes	Logement collectif	R+3 à R+5	1969	2010	oui	15 mois
Ex 2 Nemours	Bâtiment hôtelier	R+2	1981	2011	oui	6 mois
Ex 3 Cholet	Logement collectif	R+3 à R+7	1977	2013	oui	18 mois
Ex 4 Paris	Logement collectif étudiant	R+14 et R+15	1971	2012	non	25 mois
Ex 5 Montreuil	Bâtiment d'enseignement	R+2	1960	2012	oui	8 mois
Ex 6 Guingamp	Bâtiment d'enseignement et d'internat	R+6	1965	2006	oui	21 mois
Ex 7 Angers	Bâtiment d'enseignement	R+1	1971	2013	oui	17 mois
Ex 8 Reims	Bâtiment administratif	R+3	1973	2013	non	22 mois



Les surfaces

Les augmentations de surface dans les bâtiments sont de plus en plus recherchées. En effet, elles permettent d'éviter l'étalement urbain, d'optimiser la densité, d'écartier les fonciers chers et les mauvais sols, de redonner de l'espace aux occupants, d'optimiser le coût global d'une réhabilitation, etc...

5 des opérations étudiées ont augmenté leur surface. Comment ?

- En construisant de nouveaux niveaux
Pour Nemours, le plancher en structure bois de la surélévation se pose sur la toiture terrasse existante et couvre la totalité du bâtiment principal.
- Pour Reims, la hauteur d'origine de 8 m sous plafond, des locaux de stockage, a permis de créer un plancher intermédiaire collaborant.

- En déportant la nouvelle enveloppe
Pour Cholet, les panneaux ossature bois passent devant les poteaux béton. Cela permet de créer, à chaque niveau, un prolongement des planchers de l'ordre de 20 cm en périphérie des bâtiments.

Opération	SHON avant réhabilitation	SHON après réhabilitation	Création de surface	Surface façade ⁽¹⁾
Ex 1 Corbeil-Essonnes	10 150 m ²	10 150 m ²	Non	1 140 m ²
Ex 2 Nemours	1 272 m ²	1 669 m ²	397 m ²	863 m ²
Ex 3 Cholet	11 976 m ²	12 938 m ²	962 m ²	6 500 m ²
Ex 4 Paris	7 856 m ²	9 594 m ²	1 738 m ²	2 759 m ²
Ex 5 Montreuil	3 470 m ²	3 492 m ²	22 m ² ⁽²⁾	1 722 m ²
Ex 6 Guingamp	7 700 m ² ⁽³⁾	7 700 m ² ⁽³⁾	Non ⁽⁴⁾	5 148 m ²
Ex 7 Angers	2 700 m ²	2 850 m ²	150 m ²	1 650 m ²
Ex 8 Reims	12 357 m ²	15 101 m ²	2 744 m ²	NC

(1) Surface estimée.

(2) La SHON augmente par l'attribution d'une loge de gardien, sans création de plancher.

(3) SHOB.

(4) La façade bois rapportée passe devant les nez de dalles, créant de nouveaux m² de plancher. Ils ne sont pas comptabilisés par le maître d'ouvrage.

Pour Paris, un ensemble planchers collaborants et panneaux ossature bois vient se greffer à la structure existante, afin d'épaissir les deux façades principales.
Pour Guingamp, les panneaux ossature bois, fixés devant la structure béton existante, permettent de gagner quelques centimètres.

Pour Angers, les panneaux d'ossature bois sont fixés devant la structure béton. Le cintrage de la façade principale prolonge significativement le plancher R+1 et permet l'intégration des réseaux.
Pour Cholet et Angers, présentant des caractéristiques similaires, c'est respectivement 8% et 5% de surfaces supplémentaires.

La consultation des entreprises

Parmi les opérations observées, 4 formules de consultation différentes ont été rencontrées.

• Corps d'état séparés : 5 opérations

La gestion de l'interface entre les corps de métiers est très importante pour éviter tout désordre. Le respect de l'OPC est encore plus accru pour la réhabilitation.

• Conception-réalisation : Cholet

Dès le départ, le maître d'ouvrage a favorisé l'association des savoir-faire de l'entreprise bois mandataire et de l'architecte tout en restant partie prenante. Cette formule est intéressante pour des travaux d'ampleur et en site occupé.

• Lot unique « traitement des façades » : Guingamp

L'entreprise ossature bois est mandataire du lot unique « traitement des façades ». Elle assure l'Ossature bois-parements et Peinture, et pilote les 4 autres postes façades. Elle est responsable des interventions liées à l'enveloppe.

Opération	Type de consultation	Type d'entreprise	BET bois interne à l'entreprise	BET bois externe à l'entreprise
Ex 1 Corbeil-Essonnes	Corps d'état séparés	Façadier	✓ ⁽¹⁾	
Ex 2 Nemours	Corps d'état séparés	Charpente bois	✓	✓
Ex 3 Cholet	Conception réalisation	Charpente bois	✓	
Ex 4 Paris	Entreprise générale	Façadier ⁽²⁾	✓	✓ ⁽¹⁾
Ex 5 Montreuil	Corps d'état séparés	Charpente bois et métal	✓ ⁽¹⁾	
Ex 6 Guingamp	Lot unique « traitement des façades »	Charpente bois		✓
Ex 7 Angers	Corps d'état séparés	Charpente bois	✓	
Ex 8 Reims	Corps d'état séparés	Charpente bois	✓	

(1) BET façade, généraliste. (2) Sous-traitant.

• Entreprise générale : Paris.

L'entreprise générale assure tous les corps de métiers, à l'exception du lot curage désamiantage. Elle sous-traite le poste façade bois.

Pour Paris et Montreuil, les deux entreprises de façade sont spécialisées dans les ouvrages métalliques. Pour répondre à des solutions bois, elles ont simplement adapté leur savoir-faire

d'études, de relevés de cotes, de préfabrication et d'intervention.

Pour Guingamp, l'entreprise charpente bois, de taille artisanale, s'est entourée des compétences d'un bureau d'études bois. Celui-ci, a conçu les panneaux et mis en place une logique d'intervention en fonction des capacités humaines et matérielles de l'entreprise.

Les coûts travaux constatés

Les opérations, et particulièrement l'ampleur des travaux réalisés, étant difficilement comparables, il est délicat de tirer de réelles conclusions.

Opération	Total réhabilitation d HT ⁽¹⁾	Total réhabilitation d HT/m ² de SHON ⁽¹⁾	Total façade d HT ⁽²⁾	Total façade d HT/m ² de façade ⁽³⁾
Ex 1 Corbeil-Essonnes	3 531 722 d	348 d	1 163 433 d	102 d
Ex 2 Nemours	NC	NC	NC	NC
Ex 3 Cholet	4 152 300 d	321 d	2 332 170 d	359 d
Ex 4 Paris	12 398 000 d	1 292 d	2 273 245 d	824 d ⁽⁴⁾
Ex 5 Montreuil	1 760 000 d	504 d	1 130 000 d	656 d
Ex 6 Guingamp	1 627 815 d	211 d ⁽⁵⁾	943 803 d	183 d
Ex 7 Angers	2 370 000 d	832 d	450 000 d	273 d
Ex 8 Reims	12 957 142 d	858 d	1 500 000 d ⁽⁶⁾	208 d ⁽⁶⁾

- (1) Coûts travaux de tous les lots (hors coûts des honoraires).
 (2) Comprend structure bois, isolation et revêtement extérieur.
 (3) Surface façade estimée.
 (4) Y compris menuiseries extérieures.
 (5) d HT/m² de SHOB.
 (6) Sans la végétalisation.

Nous pouvons classer en trois grandes familles les types de travaux effectués et y associer les coûts travaux HT/m² de SHON.

- Traitement de l'enveloppe et finitions intérieures. Guingamp 211 d, Montreuil 504 d.
- Traitement de l'enveloppe et réfections intérieures partielles. Corbeil-Essonnes 348 d, Cholet 321 d.
- Restructuration totale. Paris 1 292 d, Angers 832 d, Reims 858 d.



à retenir

L'approche par m² de façades fait apparaître un coût moyen de 372 d/m² et un coût médian de 273 d/m².

NB : le coût médian écarte les deux opérations extrêmes Corbeil-Essonnes et Paris.



Technique des systèmes rapportés

Ex 1

100 logements collectifs R+3 à R+5 à Corbeil-Essonnes (91)

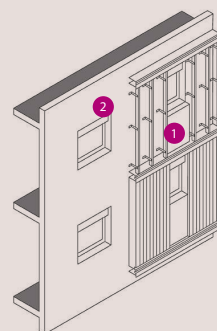


Intervention : pose ossature bois, isolant et bardage bois in situ.

Temps moyen de pose : 10 m²/jour.

Sécurité vis-à-vis du feu : l'allège est traitée en parpaings + ITE + enduit pour participer au C+D ①.

Fixations : par équerres sur la maçonnerie ②.



Ex 2

Hôtel Ibis R+2 à Nemours (77)



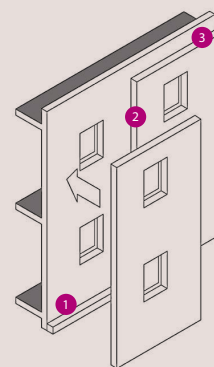
Intervention : pose de panneaux ossature bois verticaux avec isolant, OSB et bardage bois.

Dimension des panneaux : 1,20m ou 2,40m de longueur, sur 6,40m de hauteur.

Temps moyen de pose : NC

Fixations : une pièce filante en pied de mur ① porte les charges verticales. Des équerres latérales accrochent le panneau sur le mur et des platines liaisonnent les panneaux ②.

Des ferrures mécano-soudées fixées aux acrotères liaisonnent les panneaux de la surélévation au mur manteau ③.



Ex 3

146 logements collectifs R+3 à R+7 à Cholet (49)



Intervention : pose de panneaux ossature bois horizontaux avec isolant, pare-vapeur, parement intérieur et bardage fibre-ciment.

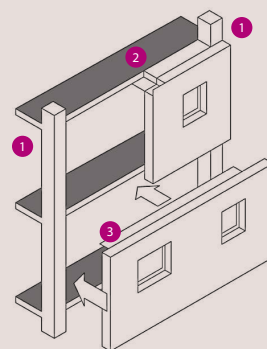
Dimension des panneaux : 6 à 12m de longueur, sur une hauteur d'étage.

Temps moyen de pose : 85m²/jour.

Fixations : les dalles béton ne peuvent pas porter de charges,

les panneaux sont donc repris sur les poteaux verticaux ① par des fers cornières ; le panneau de Kerto côté intérieur participe à la raideur du composant. Pour assurer la continuité de la dalle jusqu'au panneau, tout en gardant ses propriétés coupe feu et acoustique, un béton complété d'une laine de roche ② est placé sur un fond de coffrage ③ prévu dans la préfabrication des panneaux.

Sécurité vis-à-vis du feu : le panneau de Kerto qui reste apparent côté intérieur permet d'atteindre une résistance au feu de 1 heure. Au delà, c'est la poutre de Kerto en doublure qui assure la tenue de l'ensemble.



Ex 4

271 chambres étudiantes R+14 et R+15 à Paris (75)



Intervention : les voiles verticaux existants sont moisés avec des poutres U ①, qui portent ensuite un plancher Cofradalle® ②.

Pose de panneaux ossature bois avec isolant, pare-vapeur, Fermacell et tôle acier, posés entre les nouveaux planchers ③.

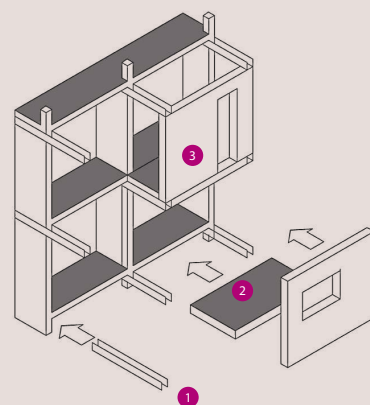
Le Danpalon® est posé in situ.

Dimension des panneaux : de 3,60 m à 5 m de longueur, sur 2,25 m de hauteur.

Temps moyen de pose : 110 m²/jour.

Fixations : des ferrures fixées aux nez des planchers prennent en sandwich chaque panneau. Une liaison mécanique assure la jonction verticale des panneaux.

Sécurité vis-à-vis du feu : les parois avec ouverture sont doublées face extérieure de 2 plaques de Fermacell de 12,5 mm et face intérieure d'un BA18. Les châssis fixes en acier participant au C+D ont un PV et avis de chantier pour support bois. Joints coupe feu aux liaisons verticales entre panneaux.



Ex 5 Ecole élémentaire Henri Wallon R+2
à Montreuil (93)

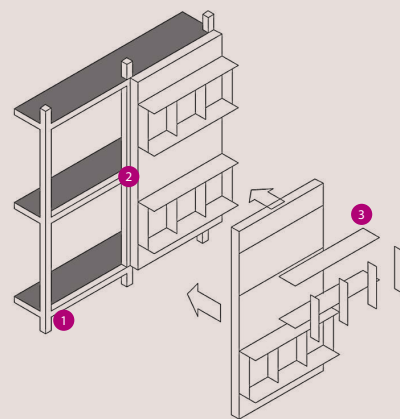


Intervention : pose de panneaux ossature bois verticaux avec isolant, pare-vapeur, Fermacell et panneaux bois.
Dimension des panneaux : 1,75 m de longueur, sur 7 m de hauteur.

Temps moyen de pose : 75m²/jour.

Fixations : un lindier en lamellé-collé fixé au R+1 permet de reprendre l'aplomb de l'acrotère, des ferrures mécano-soudées fixées sur celui-ci reprennent la charge des panneaux ①. Les brise-soleil sont posés in situ ③.

Sécurité vis-à-vis du feu : une plaque de Fermacell de 15 mm encapsule les 6 faces du panneau pour un coupe feu de 1h. Une poutre en lamellé-collé ② recoupe la lame d'air au droit du R+2, complétée de joints intumescents.



Ex 6 Lycée Auguste Pavie R+6
à Guingamp (22)

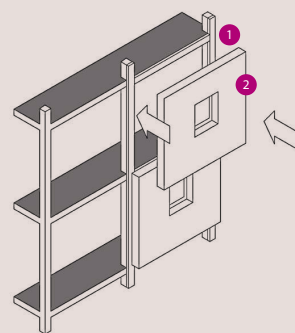


Intervention : pose de panneaux ossature bois avec isolant, pare-vapeur et Fermacell. Panneaux fibre-ciment in situ.

Dimension des panneaux : environ 3 m de longueur, sur 3 m de hauteur.

Temps moyen de pose : 81m²/jour.

Fixations : les nez de dalles ont été repris pour retrouver une parfaite planéité. Des linders en Douglas ① sont ancrés dans les poteaux et dalles formant un cadre, dont les dimensions deviendront celles de la préfabrication. Les panneaux ② ont des dimensions variables et leur fixation se fait bois sur bois.



Ex 7 Centre de formation Copernic R+1
à Angers (49)



Intervention : réalisation d'une façade cintrée en 2 parties, l'espace dans la partie concave sert au passage des réseaux ①.

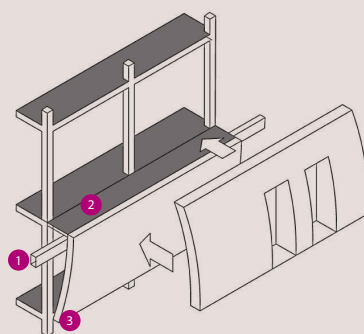
Pose de panneaux ossature bois avec isolant et pare-vapeur. Le bardage bois par éléments préfabriqués est posé in situ.

Dimension des panneaux : 8 à 10 m de longueur, sur 3 m de hauteur.

Temps moyen de pose : 80m²/jour.

Fixations : des ferrures en U portent les façades bois, en pied de façade ③. Lindiers bois fixés en continu au R+1 et acrotère.

Sécurité vis-à-vis du feu : la pièce de lamellé collé horizontale fermant la partie concave ② a une épaisseur de 70 mm pour empêcher le passage du feu dans la cavité et le panneau.



Ex 8 Espace Affaires Polidrome R+3
à Reims (51)



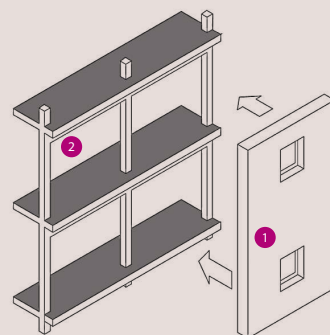
Intervention : pose de panneaux ossature bois verticaux ① avec isolant, pare-vapeur et Fermacell. Panneaux composites et végétalisation posés in situ.

Dimension des panneaux : 3 m de longueur, sur 11 m de hauteur.

Temps moyen de pose : 198m²/jour.

Fixations : les charges ne pouvant pas être reprises par les dalles en saillie, des consoles sont fixées à la poutre maîtresse au R+2 et viennent porter les panneaux en déport ②.

Sécurité vis-à-vis du feu : un doublage intérieur de 2 plaques de Fermacell assure une résistance au feu d'1h de l'intérieur vers l'extérieur, en-dessous de la dalle. Au droit des planchers béton, une pièce filante bois de 70 mm d'épaisseur empêche le passage du feu dans le panneau. Les ferrures métalliques sont encoffrées.



Le temps de pose des panneaux d'ossature bois ne prend pas en compte les interventions de préparation des supports, fixations et réglages des équerres ou linders bois, ni des revêtements extérieurs posés in situ.



Sur 7 opérations, le rythme moyen de pose est d'environ 90 m² de panneaux par jour.

- Corbeil-Essonnes se détache nettement en dessous, tout se préparant et se posant sur chantier.
- Reims démontre une rapidité identique à la moyenne constatée* des façades bois rapportées sur des structures

béton, dans le cas du neuf. Les façades du bâtiment sont linéaires, sans décroché, le site n'est pas occupé, les engins de levage sont performants. Les panneaux sont les plus grands de toutes les opérations.

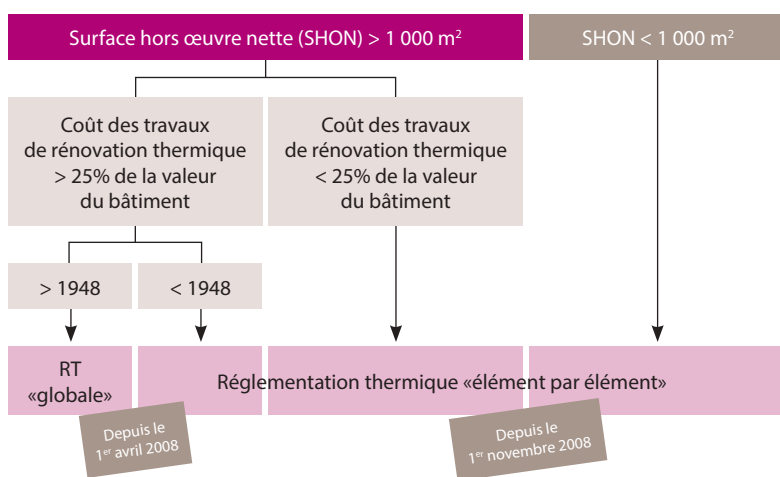
*200 m² de murs par jour. Réf. « Logements collectifs, Solutions constructives bois et béton » Collection retour d'expériences®, CNDB.

La réglementation thermique

La RT 2012 ne concernant à ce jour que les bâtiments neufs, les bâtiments rénovés doivent répondre à la RT 2005 Existant. Cette RT 2005 Existant s'applique de façon « globale » ou « élément par élément » selon les caractéristiques du programme. Le test d'infiltrométrie n'est pas rendu obligatoire mais est fortement conseillé pour s'assurer de la performance de l'étanchéité à l'air.

Les 8 opérations présentées dans cet ouvrage, de par leur taille, leur montant de travaux et année de construction, répondent aux obligations de la « RT globale ».

RT Existant « globale » ou « élément par élément ».



Source www.rt-batiment.fr



- Pour les logements, la réglementation introduit une valeur maximale de consommation. La consommation d'énergie (chauffage, refroidissement et eau chaude sanitaire) du bâtiment rénové doit être inférieure à une valeur limite qui dépend du type de chauffage et du climat. Cette consommation maximale est située entre 80 et 195 kWhep/m²/an selon les cas, à comparer à la moyenne actuelle du parc qui est de l'ordre de 240 kWhep/m²/an.

- Pour les bâtiments non résidentiels, les travaux doivent conduire à un gain de 30% sur la consommation d'énergie par rapport à l'état antérieur.

Source www.rt-batiment.fr

Dans le cas de façades ossature bois rapportées venant remplacer les façades d'origine, les caractéristiques de conception et de mise en œuvre sont analogues aux problématiques de parois neuves.

Dans ce cas, bien que la RT 2005 Existant s'applique toujours, la recherche de performance thermique peut se vérifier par un test d'étanchéité à l'air.

L'importance des isolants

La certification ACERMI[®] pour un isolant, permet d'assurer les coefficients de conductivité thermique (λ) à prendre en compte pour le calcul de la RT. La densité et la nature des isolants sont tout aussi importantes.

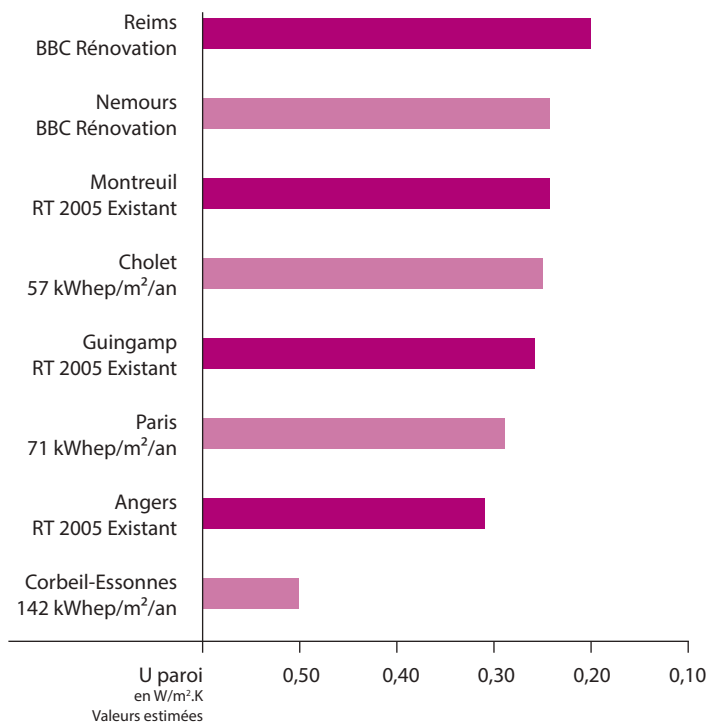
Pour exemple, ces deux caractéristiques associées à un même isolant, qui placé en contre-isolation extérieure, jouent un rôle de bouclier thermique en « phase été ». En effet, les isolants qui ont une chaleur massique importante permettent un déphasage des apports thermiques en libérant, en phase nuit dans la lame d'air, la chaleur accumulée la journée. Ils freinent ainsi la progression de l'onde de chaleur vers l'intérieur du bâtiment.

Le choix de la densité de l'isolant doit également prendre en compte les aspects acoustiques, afin de satisfaire à l'ensemble des objectifs.

L'autre aspect important de la densité, est la tenue mécanique de l'isolant entre ossature, pour une meilleure pérennité des performances thermiques.

L'offre des isolants est aujourd'hui élargie vers des matériaux bio-sourcés.

Coefficient de transmission thermique (U) des parois



Plus le U paroi est faible, plus la performance thermique de la paroi est élevée.



+ d'infos

Tout savoir sur la réglementation thermique : site officiel du CSTB www.cstb.fr

Max Maurel, ingénieur thermicien
Agence Maya Construction Durable
Quelles sont les bonnes pratiques à mener ?

« Une stratégie d'actions avant tout axée sur l'enveloppe thermique du bâtiment est à privilégier. Elle permet les résultats les plus significatifs en termes de durabilité et de confort. Les travaux sur les systèmes énergétiques peuvent être réalisés dans un second temps, s'ils sont pensés en étude préalable.

Nous proposons la solution suivante pour rénover un bâtiment à minima du niveau de la RT 2005 Existant Globale, et le mettre en position d'évolution dans le temps :

- Isoler fortement la toiture par la technique du sarking.
- Isoler les sols quand cela est possible avec 6 cm minimum de polyuréthane sous chape, par exemple.
- Isoler par l'extérieur avec la technique du chevron rapporté sur fixation mécanique, ou l'ajout de façades préfabriquées ossature bois pour s'approcher des coefficients $U_p < 0,20 \text{ W.m}^2.\text{K}$, soit un $R > 5 \text{ m}^2.\text{K/W}$, soit encore 20 cm d'isolant réparti entre ossature et contre-isolation, ou intégralement dans le système. Cette approche d'isolation thermique du bâtiment par l'extérieur permet de conserver les qualités d'inertie existantes. Ces qualités sont très utiles afin d'atteindre un confort d'été satisfaisant sans climatisation.
- Remplacer les menuiseries pour s'approcher d'un $U_w < 1,6 \text{ W/m}^2.\text{K}$. Si la façade existante est conservée, une pose en applique extérieure du mur existant est à privilégier afin de limiter les ponts thermiques de jonction entre isolation extérieure et menuiserie. Cette technique permet d'atteindre les objectifs d'étanchéité à l'air du bâti plus facilement (viser $I_A < 0,8 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ de paroi froide).
- Des protections solaires, type BSO (brise-soleil orientable) devront être prévues afin de se prémunir des surchauffes estivales et de permettre l'occultation et la ventilation naturelle. Une telle rénovation peut être l'occasion d'étudier les apports solaires et de lumière naturelle plus finement. »

Peut-on aller plus loin que la RT Existant ?

« La rénovation d'un bâtiment se traduit comme une opportunité de le mettre au niveau des derniers standards de performances thermiques. Au-delà de la réglementation, il est pertinent de chercher à atteindre des performances élevées comme le niveau BBC Rénovation ou le Plan Climat de certaines villes ($80 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$), ou encore de viser la RT 2012 neuf ou les différents labels énergétiques.

Le surinvestissement, pour parvenir à ces performances, peut s'avérer modeste lorsqu'il est entrepris en même temps que des travaux de rénovation classiques. En outre cela permet de valoriser un patrimoine qui risquerait d'être obsolète face à une offre toujours plus performante.

Le bois se place dans ces stratégies comme un atout non négligeable, de par ses qualités techniques et l'exigence du détail qu'il demande. »

Comment traiter les questions d'étanchéité à l'air et de pare-vapeur, quand la façade existante est conservée ?

« Le traitement de l'étanchéité à l'air est un point essentiel pour atteindre des niveaux de performances compatibles avec les objectifs de faibles consommations énergétiques. L'étanchéité à l'air peut être obtenue par la façade existante, fonction de sa nature et de son état, par la façade rapportée ou compilation des deux.

Concernant le respect de la migration de vapeur d'eau dans le complexe de parois, des études spécifiques au projet doivent être menées afin de ne pas créer de point de rosée, départ d'éventuelles pathologies. Aujourd'hui le logiciel WUFI permet d'apporter les justifications de la bonne composition des parois. »

La réglementation sécurité incendie

Le classement des immeubles d'habitation

Les bâtiments neufs d'habitation sont divisés en 4 familles, selon l'arrêté du 31 janvier 1986.

	1 ^{ère} famille	2 ^{ème} famille	3 ^{ème} famille		4 ^{ème} famille
			Type A	Type B	
			Dernier plancher haut ≤ à 28 m		
	<ul style="list-style-type: none"> Maisons individuelles isolées ou jumelées à R+1. Maisons individuelles en bandes à R+0. Maisons individuelles en bandes à R+1 si structures indépendantes. 	Maisons individuelles supérieures à R+1. Collectifs à R+3 maximum. (Possibilité de duplex sur 4 ^{ème} niveau). Si plancher haut supérieur à 8m, alors escalier enclouonné.	Collectifs de R+4 à R+7 maximum avec moins de 7 m depuis la porte palière du logement jusqu'à l'escalier le plus proche. Voie échelle accès aux escaliers au RDC. (Possibilité de duplex sur le 8 ^{ème} niveau).	Collectifs de R+4 à R+7 ne répondant pas aux règles Type A. Collectifs supérieurs à R+7. (Possibilité de duplex sur le dernier niveau).	Collectifs dont le plancher bas du logement le plus haut est situé entre 28 m et 50 m. Les voies engins sont < à 50 m. (Possibilité de duplex sur le n ^{ème} niveau).

Les impératifs pour les structures et parois dans les bâtiments d'habitation.

		1 ^{ère} famille	2 ^{ème} famille	3 ^{ème} famille		4 ^{ème} famille
				Type A	Type B	
Résistance au feu des planchers		CF ¼ h	CF ½ h	CF 1h	CF 1h	CF 1h30
Résistance au feu des structures		SF ¼ h	SF ½ h	SF 1h	SF 1h	SF 1h30
Résistance au feu des parois séparatives		CF ¼ h	CF ½ h CF ¼ h pour les maisons individuelles	CF ½ h	CF ½ h	CF 1h
Résistance au feu des façades sans ouvertures				face interne + face externe CF ≥ à 60 minutes		
Résistance au feu des façades avec ouvertures				C+D dito plancher		
Revêtement de façade	RDC	D-s3,d0 (M3) ou M4 si habitat individuel à plus de 4 m de la limite de propriété	D-s3,d0 (M3)	C-s3,d0 (M2)		
	Etage avec ouvertures			Si P/H > à 0,8, alors D-s3,d0 (M3)	Bois interdit	
			Si P/H < à 0,8, alors C-s3,d0 (M2) ⁽¹⁾			
Application de la règle du C+D		Sans objet	Sans objet	Oui • C + D ≥ 0,60 mètre si M ≤ 25 MJ/m ² • C + D ≥ 0,80 mètre si 25 MJ/m ² < M ≤ 80 MJ/m ² • C + D ≥ 1,10 mètre si M > 80 MJ/m ²	Oui • C + D ≥ 0,80 mètre si M ≤ 25 MJ/m ² • C + D ≥ 1,00 mètre si 25 MJ/m ² < M ≤ 80 MJ/m ² • C + D ≥ 1,30 mètre si M > 80 MJ/m ²	

(1) Le courrier du Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, en date du 20 avril 2011, déroge à l'article 13 de l'arrêté du 31 janvier 1986 qui indiquait « que les parements extérieurs des façades des étages doivent être classés, selon les cas en catégories M2 ou M3. Ils peuvent être également réalisés en bois sauf pour les bâtiments de 3^{ème} famille B et de 4^{ème} famille ». Désormais, dès lors qu'un bois naturel possède un PV d'essai de réaction au feu de catégorie M2 ou M3 (respectivement C-s3,d0 ou D-s3,d0), il peut être accepté comme revêtement de façade pour les bâtiments de 3^{ème} famille B.

Le classement des Etablissements Recevant du Public

Les bâtiments ERP sont classés en 5 catégories et par type selon la nature de leur exploitation, selon l'arrêté du 25 juin 1980 modifié.

	1 ^{ère} catégorie	2 ^{ème} catégorie	3 ^{ème} catégorie	4 ^{ème} catégorie	5 ^{ème} catégorie
	1 ^{er} groupe				
Effectif / personnes	>1 500	701 à 1 500	301 à 700	< 300 autres que 5 ^{ème} catégorie	Effectif n'atteignant pas le seuil spécifique défini par type d'exploitation (article R 123-14 du Code de la construction)

Exigences réglementaires en résistance au feu.

	Simple RDC	Hauteur au sol du plancher bas du niveau le plus haut			
		≤ à 8 m		de 8 à 28 m	
Catégories du 1 ^{er} groupe	1-2-3-4	1	2-3-4	1	2-3-4
Résistance au feu des planchers	CF ½ h	CF 1h	CF ½ h	CF 1h30	CF 1h
Résistance au feu des structures	SF ½ h	SF 1h	SF ½ h	SF 1h30	SF 1h
Résistance au feu des charpentes	SF ½ h				
Résistance au feu des façades	Pas d'exigence	CF ½ h		CF 1 h	

Aggravation ou dérogation* possible selon le type d'établissement.

* Si bâtiment à simple RDC avec charpente visible du sol et structure bois, alors pas de résistance au feu demandée pour les charpentes. Possibilité de mezzanine sur 30% de la surface.

Conditions suffisantes pour l'application de la règle du C+D aux façades ou parties de façades	Plancher bas du dernier niveau > à 8 mètres du sol ou différence entre les niveaux extrêmes > à 8 mètres.
	Locaux réservés au sommeil au-dessus du 1 ^{er} étage.
	Planchers hauts des locaux à risques importants. Planchers d'isolement avec un tiers.
Revêtement de façade	Si application de la règle du C+D alors D-s3,d0 (M3). Si la règle du C+D n'est pas appliquée à l'ensemble des façades, alors C-s3,d0 (M2). Si bâtiment à simple RDC alors D-s3,d0 (M3).
C+D ≥ 1,00 m si M ≤ 130 MJ/m ² C+D > 1,30 m si M > 130 MJ/m ²	

Les 8 opérations étudiées relèvent de plusieurs réglementations et classements incendie.

Opération	Classement
Ex 1 Corbeil-Essonnes	2 ^{ème} et 3 ^{ème} famille A
Ex 2 Nemours	ERP de 4 ^{ème} catégorie, type N et O
Ex 3 Cholet	3 ^{ème} famille A
Ex 4 Paris	4 ^{ème} famille
Ex 5 Montreuil	ERP de 3 ^{ème} catégorie, type R
Ex 6 Guingamp	NC
Ex 7 Angers	ERP de 5 ^{ème} catégorie, type R
Ex 8 Reims	ERP de 2 ^{ème} catégorie, type N, R, X et W

Toutes les opérations d'habitation relèvent au moins de la 3^{ème} famille, les autres relèvent du classement des ERP. Nemours, Cholet, Montreuil, Angers, Reims se basent sur les dispositions constructives liées à la sécurité incendie de l'IT 249 du 24 mai 2010. Celles de Corbeil-Essonnes, Paris et Guingamp sont antérieures à cette dernière Instruction Technique.



à retenir

Si la règle du C+D est appliquée, la résistance au feu des façades concernées par le C et le D doit être CF de même durée que celle demandée au plancher.





Yves-Marie LIGOT, Expert Bois,
Président IBC.

Sur quel texte réglementaire doit-on
s'appuyer pour la réhabilitation ?

« La circulaire du 13 décembre 1982, relative à la sécurité incendie en cas de travaux de réhabilitation ou d'amélioration des bâtiments d'habitation, est avant tout fondée sur le maintien du niveau de sécurité de l'existant.

J'attire l'attention sur l'ajout du bois en façade, qui peut augmenter la masse combustible mobilisable et de ce fait, créer des problèmes de changement des valeurs du C+D.

Si tel était le cas, cela obligerait l'intégration de panneaux incombustibles supplémentaires ou à augmenter les hauteurs d'allèges, ou encore à palier par l'ajout de casquette ou balcon pour augmenter le D. Cette réflexion doit s'appliquer aussi aux ERP.»

La masse combustible du matériau bois

La masse combustible mobilisable, ou encore MCM, se trouve par :

- Le calcul de la surface de référence (Sréf).
↳ cf chapitre 4.1 de l'IT 249.
- Le calcul de la MCM des couches combustibles, dont les composants bois.
↳ La MCM des composants bois correspond à la masse totale de ceux-ci exprimée en kg/m^2 , multipliée par le coefficient 17 pour l'exprimer en MJ/m^2 .
- Rapporter cette MCM à la Sréf.
- Vérifier la valeur du C+D.
↳ En pratique, avec du bardage bois, la valeur minimale du C+D est de 1,30m.



à noter

Les couches combustibles protégées du feu extérieur par un écran CF ½ h ne sont pas comptées dans le calcul de la MCM.

Réaction au feu du bardage bois

Conformément aux Euroclasses des produits de construction, la plupart des bardages bois en éléments continus sont classés D-s3,d0 (M3) ou E (M4) selon leur nature (résineux ou feuillus) et leur épaisseur.



à retenir

Mettre en œuvre un bardage bois classé C-s3, d0 (M2) nécessitera une justification. Aujourd'hui nous disposons de deux Procès-Verbaux d'essai du FCBA réalisés sur le Mélèze, avec des conditions différentes. On peut également se référer aux initiatives de quelques industriels ayant qualifié certains de leur bardage Mélèze avec un classement C-s3, d0 (M2).

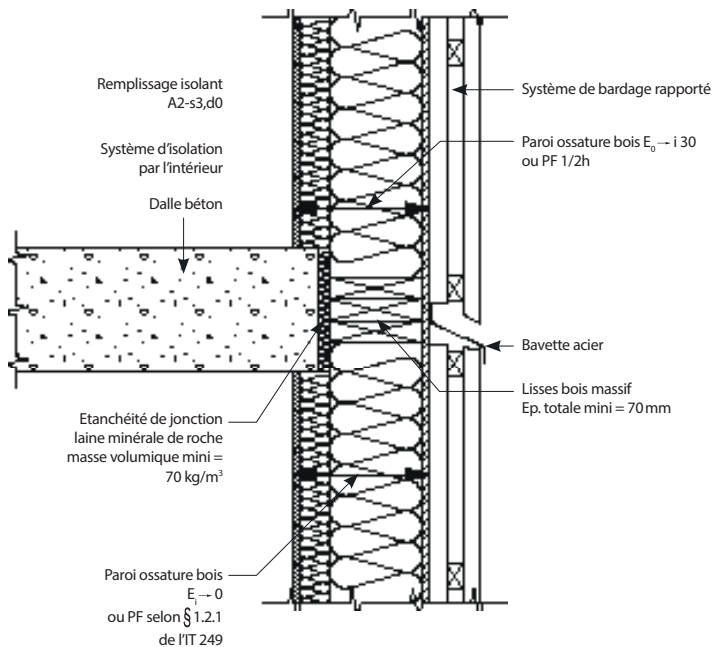
Les PV sont téléchargeables sur :
http://www.cndb.org/pv_feu_meleze_janvier2013.pdf
http://www.cndb.org/pv_feu_meleze_octobre2011.pdf



Propagation du feu par les façades – IT 249

L'instruction technique permet d'avoir des solutions pour les ERP et par extension pour les bâtiments d'habitation où la règle du C+D est applicable.

Solution donnée par l'IT 249, permettant de répondre aux 3 exigences de sécurité au feu pour les façades rideaux bois



à retenir

Pour qu'une paroi bois puisse participer aux exigences du C+D, elle doit avoir :

- une résistance au feu au minimum de la durée demandée au plancher, de l'intérieur vers l'extérieur au-dessous de la dalle.
- une résistance au feu au minimum d'1/2 heure, de l'extérieur vers l'intérieur au-dessus de la dalle.
- en cas de calfeutrement, une jonction entre dalle béton et panneau ossature bois par une laine minérale comprimée de 70 kg/m³.
- une coupe de la colonne d'air derrière le bardage par une bavette en acier de 15/10°.
- la présence au droit de la dalle béton de bois massif d'épaisseur totale minimale 70 mm.

Yves-Marie LIGOT, Expert Bois,
Président IBC.

Comment appliquer l'IT 249 aux ERP
et aux logements ?

« Pour les ERP, l'arrêté du 24 mai 2010 s'applique, avec la révision des articles C020 et C021 et la nouvelle édition de l'Instruction Technique 249 relative aux façades, portée en annexe et complétant ces deux articles. Concernant les habitations c'est plus compliqué, car l'arrêté du 31 janvier 86 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation citant encore l'IT 249 de 1982, certains professionnels continuent à faire référence à ce texte pour prescrire des solutions de mise en œuvre qui, aujourd'hui, peuvent être reconnues comme non conforme à la sécurité attendue. Par exemple, pour l'isolation par l'extérieur, cette précédente IT 249 autorise l'utilisation d'isolants combustibles sans limitation d'épaisseur.

Pour faire appliquer cette IT 249 révisée de façon réglementaire, il faudra attendre la publication du règlement des bâtiments d'habitation en cours de révision. En attendant, il est fortement conseillé de se baser sur l'IT 249 du 24 mai 2010 pour concevoir des façades avec le matériau bois dans le cadre de logements collectifs.

Concernant l'approche réhabilitation, l'IT 249 du 24 mai 2010 met en avant deux cas de figure. Tout d'abord, les façades rapportées sur la structure existante, qui se traitent conformément au chapitre 2.4 dont 6 solutions sont dédiées au bois. A travers ces schémas, nous avons une base de réflexion, avec des adaptations envisageables, qui pourront être validées par le bureau de contrôle ou par un avis de façade. Ensuite, l'isolation thermique par l'extérieur rapportée sur une façade conservée, qui se traite conformément au chapitre 5, faisant référence à un cadre d'ossature bois, un isolant, un bardage.

J'attire l'attention sur le fait qu'il est impératif d'utiliser des profils de recouvrement en acier car l'aluminium entre en fusion autour de 650°C, c'est à dire après quelques minutes d'incendie.»



Crédit photo : Henri Pinhas.

Le relevé de cotes

Pour les 8 opérations étudiées, nous observons plusieurs méthodes de relevé de cotes.

Opération	Méthode	Phase	Acteur
Ex 1 Corbeil-Essonnes	Relevé manuel	EXE	Entreprise bois
Ex 2 Nemours	Relevé manuel	Esquisse	Architecte de conception
	Relevé manuel	PRO	Architecte de conception
	Relevé manuel	EXE	Entreprise bois
Ex 3 Cholet	Relevé manuel	PRO	Entreprise de diagnostic
	Station totale	EXE	Entreprise bois
Ex 4 Paris	Relevé manuel	PRO	Géomètre expert
	Station totale	EXE	Architecte + entreprise générale
Ex 5 Montreuil	Relevé manuel + Scanner laser terrestre 3D	EXE	Entreprise bois
Ex 6 Guingamp	Relevé manuel	Conception	Architecte
	Station totale	Etudes	BET bois
Ex 7 Angers	Relevé manuel	Etudes	Entreprise bois
Ex 8 Reims	Relevé manuel	Conception	Architecte
	Station totale	EXE	Entreprise bois + géomètre expert

Les différents procédés de relevés

Le relevé géométrique de façades d'un bâtiment n'est qu'un moyen à disposition des entreprises leur permettant de concevoir un support CAO-DAO. Les différentes technologies disponibles doivent être analysées au vu de cet objectif, incluant les contraintes de précision, temps et coût global.

Les trois principales méthodologies sont :

• Tachéométrie ou Station totale

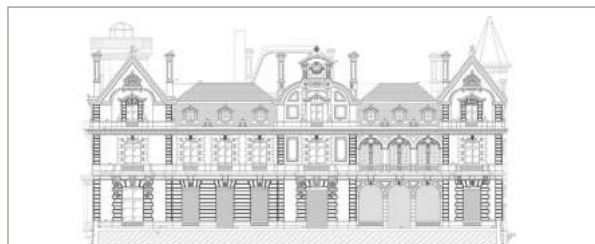
Acquisition de points par visée laser, les données sont traitées pour être transformées en données compatibles avec les logiciels de CAO. Cette méthode est très précise mais les relevés sont laborieux car tous les pointages sont manuels.



Station totale.

• Photogrammétrie

Avec un appareil de type reflex, les photos prises sont recalées entre elles à l'aide d'un logiciel de traitement d'images. Si le temps d'acquisition des données est très faible, les temps de traitement restent conséquents.



Exemple rendu ortho-photo d'une façade.

• Scan 3D laser ou Télémètre laser ou Scanner laser terrestre (SLT)

Ce procédé est similaire à la tachéométrie. Le SLT effectue un balayage automatique du bâtiment, en résulte un «nuage de points» traité par un logiciel dédié. Le temps d'acquisition et de traitement varie en fonction de la densité du nuage de points souhaitée. L'ensemble de l'opération peut mettre six jours.



Scan du bâtiment CROUS de Nancy.

Le tableau suivant présente un récapitulatif des principales caractéristiques des méthodes ainsi que leurs avantages et inconvénients.

Technologie	Nombre de points	Avantages	Inconvénients	Précision de mesure	Temps de traitement	Prix matériel
Tachéométrie Station totale	Défini par l'opérateur	<ul style="list-style-type: none"> Précision de mesure Portée > 500 m 	<ul style="list-style-type: none"> Temps d'acquisition long Manque d'information sur la surface 	≤ 1 mm	1 - 2 jours	15 kd - 40 kd
Photogrammétrie	Dépend de l'appareil photo	<ul style="list-style-type: none"> Acquisition rapide 	<ul style="list-style-type: none"> Précision dépend des conditions climatiques (capteur passif) Recul Temps de traitement 	1 mm - 8 mm	5 - 6 jours	400 d - 1,5 kd
Scan 3D laser Télémetre laser Scanner laser terrestre (SLT)	Plusieurs millions	<ul style="list-style-type: none"> Disponibilité d'outils d'aide au traitement Portée 2m - 120 m Informations sur la géométrie globale et les surfaces 	<ul style="list-style-type: none"> Temps de traitement des données long Coût du scanner Opérateur expert pour le traitement des données 	1 mm - 4 mm	5 - 6 jours	40 kd - 80 kd

Source : CRITT Bois.



Philippe Thiriet, Responsable Pôle Transferts Industriels, CRITT Bois

Quel est votre ressenti sur l'exploitation des méthodes utilisées par les professionnels ?

«Les études concernant le relevé de cotes d'une façade occupent les laboratoires français depuis plus de dix ans, mais ce n'est que depuis cinq ans que nos partenaires professionnels nous ont demandé de nous intéresser de près à cette problématique. Cette demande est en grande partie la conséquence des contraintes d'adaptation des façades bois préfabriquées aux structures BA dans le cadre de rénovation mais aussi dans le neuf.

Nous avons commencé à examiner les technologies à notre disposition et adaptables à la construction bois dont les tolérances de fabrication sont de l'ordre du millimètre. C'est la technologie du télémètre laser qui s'est révélée la plus précise et pertinente.

Au début de notre expérimentation, nous nous sommes vite rendu compte qu'après les relevés effectués sur l'existant, il restait un gros travail « manuel » de traitement des données faute de logiciel performant. Après un an d'étude, nous nous sommes rapprochés du Centre Régional d'Automatisme de Nancy (CRAN) pour créer un outil qui permettrait de traiter toutes les données, que nous appelons « nuages de

points », plus rapidement, et de convertir ces données en langage intégrable aux fichiers CAO des outils de dessin et des machines à commande numérique.

Ce travail ambitieux, développé dans le cadre d'une thèse aura nécessité 3 ans, et aujourd'hui l'outil est opérationnel à 90%. Le travail en automatique se fait à 70%, le reliquat du travail manuel disparaîtra. La démocratisation de ces technologies permettra de diminuer les coûts de traitement.»

Comment pourra-t-on exploiter ce nouvel outil ?

«Dans l'immédiat, et avant que l'outil ne soit entièrement opérationnel, les professionnels peuvent nous envoyer leurs relevés (nuages de points) à l'aide du télémètre laser et nous leur renverrons un fichier CAO après traitement des données.

Nous souhaitons pour l'instant garder l'exclusivité d'utilisation du logiciel car il est toujours en phase d'optimisation. A terme, d'ici quelques années, nous serons en mesure de vendre des licences.

Cet outil a de multiples applications car il peut être utilisé à n'importe quelle phase du chantier : avant rénovation, en cours de construction pour les ouvrages mixtes ou encore pour le calepinage d'un revêtement de façade.»

Les revêtements extérieurs

La réhabilitation d'un ouvrage est l'occasion de donner un nouvel aspect au bâtiment. Le bois offre alors de nombreuses possibilités d'expression tant par la structure que par le parement. Ossature bois ne rime pas forcément avec revêtement bois. Métal, verre, minéral, etc. de nombreuses solutions s'offrent aux concepteurs.

Un peu de vocabulaire...

Vêture

Système d'isolation extérieure à base de composants manufacturés associant un parement et un isolant sans lame d'air.

Vêtage

Ensemble d'éléments manufacturés, de parement avec ou sans isolant posé préalablement, consistant à fixer mécaniquement, en face externe d'un mur, des éléments manufacturés sans ossature lourde ni lame d'air ventilée. Les vêtages sur liteaux sont assimilés aux bardages.

Revêtement

Matériau constituant la couche extérieure de la façade dont la surface est visible.

Revêtement extérieur bois

Dispositif faisant référence au DTU 41-2 concernant la mise en œuvre d'une lame bois, ou d'un panneau bois, avec lame d'air ventilée sur un support quelconque.

Analyse des revêtements extérieurs utilisés pour les 8 opérations

Nature du revêtement	Disposition	Finition	Nature de la rénovation	Les plus
Peuplier traité à haute température	V	-	Dégriseur ou dégriseur + finition	Pas de traitement chimique (recyclage)
Douglas traité autoclave type Vibrato*	V	-	Dégriseur ou dégriseur + finition	Aspect actualisé conforme au DTU 41-2
Lame fibre-ciment Eternit*	H	Teinté dans la masse	Remplacement	Comportement au feu
Cassette zinc	V	-	Remplacement	Comportement au vieillissement
Polycarbonate type Danpalon*	V	-	Remplacement	Légèreté
Panneau bois 3 plis Mélèze type Multiplan*	V	Lasure translucide	Brossage, ponçage et nouvelle finition	Écriture moderne
Panneau fibre-ciment	H	Teinté dans la masse	Remplacement ou peinture	Comportement au feu
Lame Douglas traitée autoclave	H	-	Dégriseur ou dégriseur + finition	Évolution plutôt homogène de la teinte grâce à une bonne ventilation
Western Red Cedar	V	-	Dégriseur ou dégriseur + finition	Bois léger et naturellement durable
Panneau composite type Fundermax*	V	Résine	Remplacement	Stabilité
Végétalisation	V	Sans objet	Remplacement	Naturel, effet climatisant

Disposition

Le comportement du revêtement et notamment son aspect dépendent directement de son orientation. Un bardage vertical est plus drainant qu'un bardage horizontal, son comportement sera meilleur. V = verticale, H = horizontale.

Entretien

Intervention sur le revêtement pour assurer la pérennité fonctionnelle de l'ouvrage.

Durée de vie

Période de pérennité attendue du revêtement. Pour le bois, la durée de vie est définie par la FD P20-651, fascicule de documentation définissant la durabilité des éléments et ouvrages en bois.

Rénovation

Opération de maintenance décidée par l'exploitant lorsque l'aspect du revêtement ne satisfait plus ses exigences.



En bref

Le choix du revêtement est fonction :

- De la hauteur du bâtiment
- De son environnement immédiat
- Des possibilités de maintenance
- De la préfabrication
- Du mode de mise en œuvre
- De la réglementation en vigueur

Les moins	Opérations
Durabilité non reconnue	Ex 1 Corbeil-Essonnes
Gestion du recyclage en fin de vie	Ex 2 Nemours
Limitation en nombre de niveaux	Ex 3 Cholet
Pose in situ	
Gestion d'une éventuelle condensation	Ex 4 Paris
Gestion de la protection des chants	Ex 5 Montreuil
Gestion du calepinage	Ex 6 Guingamp
Claire-voie non conforme au DTU 41-2	Ex 7 Angers
Prix élevé, approvisionnement	Ex 8 Reims
Gestion du calepinage	
Revêtement périssable	

Pour choisir la nature du revêtement extérieur, son profil et son calepinage, plusieurs facteurs sont influents :

- La méthode de pose. Si la conception et le sens de pose ne permettent pas une intégration du bardage lors de la préfabrication des panneaux, la méthode d'intervention sur chantier doit-être envisagée par rapport aux contraintes du site et des moyens matériels nécessaires. Toutefois, les éléments de bardage peuvent-être préfabriqués pour optimiser les délais et faciliter les interventions in situ.
- La réglementation incendie. Dans certaines configurations de bâtiment, le revêtement extérieur doit être classé C-s3, d0 (M2). Pour le choix d'un bardage bois, seul le Mélèze avec PV est possible. Aussi, de multiples autres éléments composites sous Avis Technique existent.
- La capacité à entretenir. L'exploitant devra anticiper les méthodes et les budgets d'interventions nécessaires à l'entretien voire à la rénovation. La fréquence de cet entretien sera variable selon la nature des finitions, la durée de vie du matériau et l'aspect esthétique attendu.
- La traditionnalité des matériaux. Quand le revêtement extérieur bois n'est pas inscrit dans le DTU 41-2, alors un Avis Technique est obligatoire.



+ d'infos

« Les essentiels du bois : revêtements extérieurs bois » sur www.cndb.org, DTU 41-2 revêtements extérieurs en bois, FD P20-651.

La réglementation **acoustique**

Parmi les 8 opérations, seules Nemours et Cholet ont affiché clairement un objectif de performance acoustique de l'enveloppe. En effet, la proximité des infrastructures routières, qui avec le développement des villes se sont fortement densifiées et sont devenues une véritable nuisance sonore. Pour retrouver un taux d'occupation « normal » des chambres et des logements, le traitement du confort acoustique par rapport aux bruits aériens était une de leurs priorités.

Nicolas Balanant, responsable de l'activité acoustique, CERQUAL

Quelle est la réglementation acoustique dans le cas d'une réhabilitation ?

« Bien que CERQUAL n'évalue que le logement, je peux dire que pour toute typologie de bâtiment, le cadre réglementaire ne s'applique pas à la réhabilitation, mais uniquement aux constructions neuves. Cependant, dans le cas de « travaux d'envergure », c'est la jurisprudence qui précise que ces travaux de rénovation doivent viser les exigences du neuf. Cette considération un peu floue peut s'appliquer si la structure existante est modifiée ou si un réaménagement général de l'immeuble est entrepris, par exemple. En revanche, les surélévations et extensions sont clairement visées par la réglementation du neuf.

Dans le cas d'une rénovation visée pour des performances énergétiques, les exigences acoustiques ne sont pas obligatoires, mais fortement recommandées.

Pour la rénovation acoustique des bâtiments antérieurs à la réglementation de 1996, on se place généralement un peu en-dessous des critères de la réglementation du neuf concernant l'affaiblissement des bruits extérieurs. En effet, dans ces bâtiments anciens, généralement dépourvus d'isolation efficace entre logements et circulations, on risque par une sur-isolation aux bruits extérieurs de favoriser une résurgence des bruits intérieurs. Pour résumer la situation, il faut se protéger des bruits extérieurs sans aller rechercher l'isolement du neuf. »

Aujourd'hui quelles sont les démarches entreprises par CERQUAL ?

« Il y a un peu moins d'un an, CERQUAL a lancé une nouvelle certification dédiée à la rénovation de l'existant Patrimoine Habitat & Environnement, ou PH RE, afin de soutenir les maîtres d'ouvrage dans une démarche de rénovation multicritères intelligente et de qualité. Les collectivités octroient des subventions pour cette certification, qui n'est pas systématiquement liée à l'obtention d'un label.

Aussi, par analogie aux façades rapportées neuves, les acteurs pourront s'appuyer sur l'étude ACOUBOIS, partenariat technique entre le CSTB, le FCBA et CERQUAL, financée par la filière bois et le ministère, et qui permettra de valider des solutions bois pour répondre aux exigences acoustiques, dès début 2014. Ce document apportera bon nombre de réponses sur les transmissions acoustiques latérales par les façades, la transmission des bruits d'un niveau à l'autre ou d'un logement à l'autre par les murs de refend.

D'ores et déjà, nous pouvons signaler qu'une contre-isolation intérieure désolidarisée de la façade donne de meilleurs résultats qu'une contre-isolation fixée sur les ossatures bois de l'enveloppe.

D'une manière générale, les solutions de rénovations à base de panneaux de façade bois sont tout à fait satisfaisantes d'un point de vue de l'amélioration des performances acoustiques. »

Le **volume** de bois

Le volume de bois est une donnée que nous avons eu du mal à récolter. Il peut représenter une valeur réelle ou calculé selon l'ancien Décret n°2010-273 mars 2010.

Paris : 50 m³. Soit 5 dm³/m² de SHON.

Volume estimé par le BET AR-C.

Reims : 120 m³. Soit 8 dm³/m² de SHON.

Volume estimé par l'entreprise Le Bâtiment Associé.

Montreuil : 50 m³. Soit 14 dm³/m² SHON.

Volume estimé par l'entreprise Nogues.

Guingamp : 188 m³. Soit 24 dm³/m² SHOB.

Volume estimé par le BET structure bois.

Cholet : 425 m³. Soit 33 dm³/m² de SHON.

Volume estimé par l'entreprise CMB.

Nemours : 68 m³. Soit 41 dm³/m² SHON.

Volume estimé à partir des surfaces réelles fournies par le BET bois.

Angers : 130 m³. Soit 46 dm³/m² SHON.

Volume estimé par l'entreprise bois.

Aujourd'hui, le maître d'ouvrage peut s'appuyer sur le label Biosourcé Décret n° 2012-518 du 19 avril 2012 pour valoriser l'usage du bois.

Conclusion

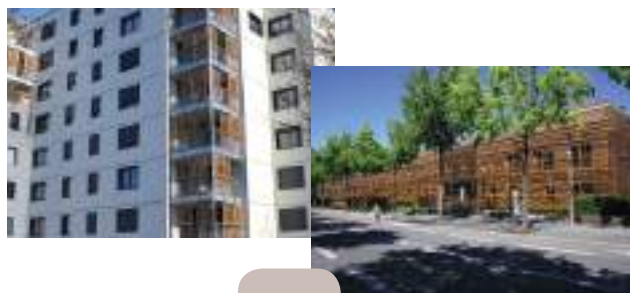


Au cours des entretiens réalisés, les acteurs de ces 8 opérations ont mis en avant les atouts des solutions bois pour la réhabilitation.

Neuf points forts ont été relevés en faveur du bois :

- Le bois offre la possibilité de combiner une action de réhabilitation avec une augmentation des surfaces habitables par décalage des façades ou surélévation, au profit de l'équilibre financier de l'opération.
- Il permet de s'affranchir des reprises en sous-œuvre, et parfois de pallier le manque de justification des structures existantes, grâce à un poids des panneaux similaire aux façades légères menuisées type des années 70.
- La rapidité de chantier par la préfabrication des panneaux d'ossature bois permet d'inter-changer les façades dans un délai très réduit, voire en une journée, au profit du confort et de la sécurité des occupants.
- Pour le cas d'un bâtiment s'inscrivant dans un environnement dense, qui ne permet pas toujours des installations de chantier importantes, la possibilité de préfabrication des éléments de façades bois permet une intervention allégée sur site, entraînant peu de nuisances.
- La sécurité des locaux réhabilités est assurée plus sereinement quand les moyens de levage sont mobiles, limitant ainsi les échafaudages périphériques permanents et évitant les risques d'intrusion.
- Le doublage des parois existantes par une paroi ossature bois de manière indépendante permet une amélioration facile de l'isolement acoustique aux bruits extérieurs (valeurs de 38 dB constatées).
- En une seule intervention, les nouvelles façades sont capables d'intégrer l'ensemble des éléments nécessaires pour répondre aux obligations d'isolation thermique et acoustique, d'étanchéité à l'air et à l'eau, de sécurité incendie, les menuiseries extérieures et voire les parements intérieurs.
- Les nuisances sonores durant le chantier sont limitées, tant pour les occupants de l'ouvrage que pour son environnement, grâce à la rapidité d'intervention, le faible nombre de percements dans les maçonneries existantes (percussion béton) et les moyens de levage peu importants.
- La recomposition de l'ouvrage offre de nombreuses possibilités architecturales pour le concepteur, grâce à l'éventail des revêtements extérieurs possibles et des combinaisons des éléments rapportés : balcons, façades décalées, surélévations...

Ces 8 retours d'expériences apportent des enseignements précieux et constituent une base de réflexion solide pour de futures réalisations.



Remerciements

Corbeil-Essonnes

Nathalie Fèvre groupe 3F, chef de projet patrimoine, maître d'ouvrage
Alexia Tourette agence Archétude, architecte chef de projet
Hervé Marchand entreprise SISAP Façades

Nemours

Yves-Marie Ligot BET structure bois, Président IBC
Eric Seguin agence Paul & Seguin, architecte
Sadhek Sadoun entreprise Poulingue, chargé d'affaires

Cholet

Daniel Doteau Sèvre Loire Habitat, directeur, maître d'ouvrage
Brice Kohler agence Triade, architecte
Patrice Millet entreprise CMB, dirigeant

Paris

Stéphane Dauvois et Laurence Lenglard Paris Habitat OPH,
maître d'ouvrage
Jean-André Macchini agence SCP Beguin & Macchini Architectes, architecte
Patrick Vaxelaire entreprise SETAL, dirigeant
Denis Gallois BET façade AR-C

Montreuil

Cédric Brégeot ville de Montreuil, chargé d'opération, maître d'ouvrage
Bertrand Meurice agence LEM+ architectes, architecte
Jean Dagregorio entreprise Nogues, dirigeant

Guingamp

Laurent Thoraval agence Fauquert Architectes, architecte
Thierry Urvoit entreprise Turmel Frères
Denis Pistiaux BET structure bois QSB, membre IBC

Angers

Christian Pons AOCDTF, directeur du service patrimoine, maître d'ouvrage
Anne-Charlotte Goût agence SNAP Architecture, architecte
François Hibert entreprise ACB, dirigeant

Reims

Christophe Courtaillier Plurial l'Effort Rémois, maître d'ouvrage
Tanguy Rodier agence Axis Architecture, architecte
Bruno Rigaud entreprise le Bâtiment Associé, directeur ossature bois
et charpente

Merci aux maîtres d'ouvrage, architectes, entreprises et bureaux d'études de nous avoir transmis leurs documents graphiques.

Les avis des experts

Max Maurel agence Maya Construction Durable, directeur.
Philippe Thiriet CRITT Bois, responsable pôle transferts industries
Yves-Marie Ligot BET structure bois, Président IBC
Nicolas Balanant CERQUAL, responsable de l'activité acoustique

Plus généralement, nous remercions toutes les personnes ayant participé à la publication et à la lecture.

IBC : Association Ingénierie Bois Construction.

Crédits photos : groupe 3F, agence Archétude, entreprise SISAP Façades, BET structure bois Yves-Marie Ligot, agence Paul & Seguin, entreprise Poulingue, Sèvre Loire Habitat, agence Triade, entreprise CMB, Paris Habitat OPH, agence SCP Beguin & Macchini Architectes, Henri Pinhas, entreprise SETAL, BET façade AR-C, Ville de Montreuil, agence LEM+ Architectes, Luc Boegly, entreprise Nogues, agence Fauquert Architectes, entreprise Turmel Frères, BET structure bois QSB, AOCDTF, agence SNAP Architecture, entreprise ACB, Plurial l'Effort Rémois, agence Axis Architecture, entreprise le Bâtiment Associé, CRITT Bois et CNDB. Tous droits réservés.

Réhabilitation solutions bois

Face aux enjeux environnementaux, la rénovation thermique des bâtiments est devenue une priorité. Matériau d'excellence, le bois en ossature présente de nombreux atouts : performances thermique et technique, amélioration acoustique, chantier propre et rapide, gain de surface... tout en permettant de redonner une architecture à l'esthétique soignée et contemporaine.

Nous vous proposons de découvrir dans cet ouvrage une analyse complète de 8 opérations nationales ayant fait le choix d'enveloppes bois rapportées, le plus souvent préfabriquées.

Ces réalisations concernent aussi bien des logements collectifs que des établissements d'enseignement ou encore des bâtiments tertiaires et hôteliers. Pour chaque opération, les acteurs font part de leur retour d'expérience et le lecteur dispose des informations nécessaires pour les caractériser : description de l'existant, faisabilité du projet, solutions retenues, détails techniques et méthodologie de chantier.

La seconde partie de l'ouvrage constitue une synthèse des enseignements à en tirer, en ciblant des points précis tels que la thermique, l'acoustique, la sécurité incendie, les techniques du système rapporté, les méthodes de relevés de cotes...

Cet ouvrage s'adresse aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'études, bureaux de contrôle et entreprises.

Comité National pour le Développement du Bois
10 rue Mercœur - 75011 PARIS

www.cndb.org



Avec le soutien financier de :



Édition CNDB 2013

Prix : 45,00 € TTC

ISBN : 978-2-919213-07-8

EAN : 9782919213078



9 782919 213078