N° 340 • Mars 2015 • 22 € • www.lemoniteur.fr

LES CAHIERS TECHNIQUES DU BÂTIMENT

RECHERCHE
Des briques qui isolent mieux du bruit p.82

SANITAIRES
Les cuvettes lâchent la bride p.65

FAÇADES DOUPLE PEAU

Fonctions multiples et performances élevées p.35

MURS VÉGÉTAUX
Un bardage botanique intérieur ou extérieur p.57

SOLUTION TECHNIQUE
Dalles thermoactives p.26

RETOUR D'EXPÉRIENCE
Une université verticale p.22

Une façade à modules en bois suspendus

La restructuration du siège de l'IGN-Météo France a requis un remodelage en profondeur, avec une démolition partielle et une annexion. Outre les façades parées d'un système sur mesure à modules en bois, le projet a fait l'objet d'une démarche environnementale pointue.

LIEU 73-75, avenue de Paris, Saint-Mandé (Val-de-Marne)

MAÎTRISE D'OUVRAGE Ministère de l'Écologie, du développement durable et de l'énergie

MAÎTRISE D'ŒUVRE Architecture Patrick Mauger, Patrick Mauger (architecte mandataire), avec Bertrand Perreaux, chef de projet (études-chantier) • Setec Bâtiment (BET généraliste). VS-A (façade) • Conceptic'art (cuisiniste) • Sophie Barbaux (paysagiste) • Delporte Aumond Laigneau (économiste) • AVLS (acousticien)

COÛT TOTAL 31,1 M€ HT

ENTREPRISES GÉNÉRALES Sicra (mandataire) • CBC Blunitzer (sous-traitant façade) • Viliquin (sous-traitant charpente en acier) • Lefort Francheteau (chauffage, ventilation et climatisation) • Phibor (électricité CFO-CFA)

Au sein du site historique de production de l'Institut géographique national (IGN) situé à Saint-Mandé (Val-de-Marne), non loin du bois de Vincennes, le pôle géosciences regroupe les sièges sociaux de l'IGN et de Météo France. L'opération de restructuration intégrale du bâtiment (B) datant de 1985 a été conduite par l'agence Architecture Patrick Mauger. D'une surface totale de 15 971 m² HON, l'ouvrage, de 110 m de long, 18 m de large et 25 m de haut, s'inscrit dans une démarche générale de valorisation du patrimoine. En face se trouve le bâtiment neuf (A) conçu en 2007 par l'architecte Laura Carducci et livré en 2011 ; il loge les directions des deux établissements publics.

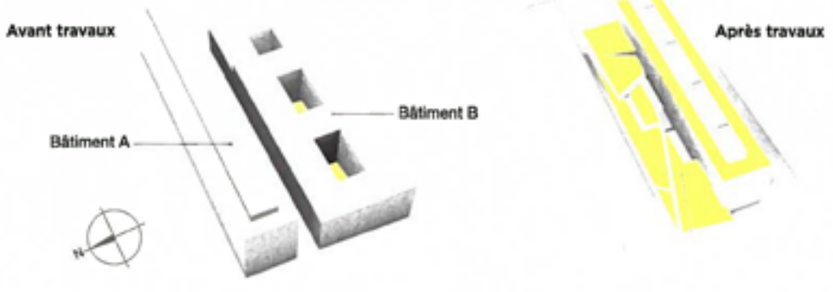
« La demande initiale était de percer l'édifice en place pour créer des patios en son centre, raconte Patrick Mauger. Mais nous avons proposé de le reculer et de l'épaissir au sud, libérant ainsi un jardin entre les bâtiments A et B. » Démoli de moitié, l'édifice a été redimensionné à 18 m d'épaisseur, au lieu des 36 m d'origine. Cela réduit la surface de son enveloppe d'environ 30 %, tout en accroissant sa performance en termes d'échanges thermiques. Ce parti pris permet d'aérer l'espace commun central aux deux bâtiments (de 26 m, contre 8 auparavant), en créant un espace végétalisé d'agrément, disposé en terrasse et accessible au personnel des deux immeubles. Côté organisation spatiale, les fonctions initiales, telles que les bureaux, l'infirmerie destinée à l'IGN et à Météo France et le restaurant interentreprises, ont été revues.

Le rez-de-chaussée abrite des espaces accessibles aux usagers, comme un showroom, une boutique de l'IGN, une aire d'animation et des locaux de consultation. En plus des bureaux, les étages logent de nouveaux lieux : médiathèque, atelier de dessin, salle de musique, laboratoire photographique et trois salles de sport. Les plateaux tertiaires réorganisés se déploient de part et d'autre d'une « lame centrale » qui s'ouvre à 50 % sur les circulations des bureaux et permet le désenfumage des locaux de façade à façade. Doté de divers locaux (sanitaires, tisanerie, etc.), ce lieu appropriable favorise les rencontres, tout comme les loggias-terrasses à double hauteur implantées en façade nord. À terme, le bâtiment accueillera 500 personnes.

Surélévation de six niveaux

Sur le plan technique, la structure à poteaux et planchers en béton d'origine a été conservée, tandis que le bâtiment a été désossé et les façades déposées. Le système innovant de menuiseries mis en place en façade se compose de cadres en épicéa, préfabriqués, à deux hauteurs, assurant une étanchéité parfaite à l'air, à l'eau et au vent. Selon l'architecte, « il s'agit de chemiser l'ensemble du bâtiment par une structure performante à modules en bois ». Au-dessus de l'imprimerie existante, installée en sous-sol, une surélévation de six niveaux a été réalisée en ossature métallique.

Enfin, le projet fait l'objet d'une démarche poussée de développement durable s'appuyant sur divers dispositifs actifs : notamment la protection solaire des façades (stores) ; la ventilation naturelle réglable des locaux (cheminées thermiques) ; l'emploi de la géothermie avec une pompe à chaleur pour le chauffage ; des panneaux solaires pour l'eau chaude sanitaire ; ou la récupération d'énergie sur les centrales de traitement d'air à double flux. ***Carol Maillard***



Docs. Michel Denancé

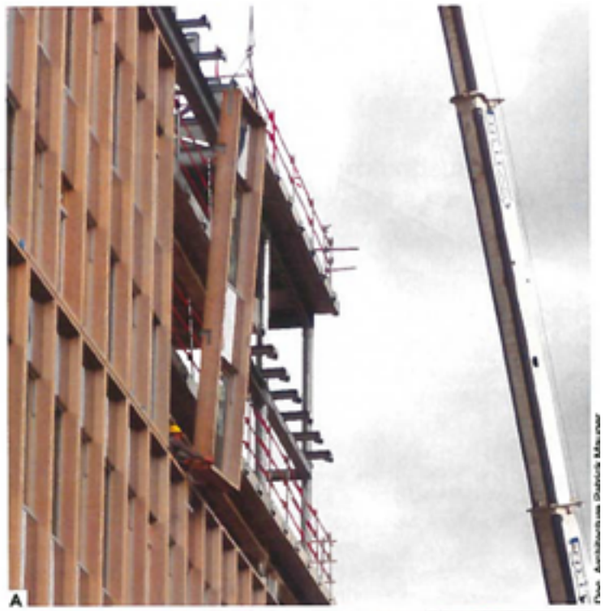
29 mois
de travaux
pour la rénovation
du bâtiment A

5 mois
pour la pose des 535 modules en bois couvrant les 218 m de linéaire de façade

5 400 m²
de façades créées à un coût de 726 €/m²

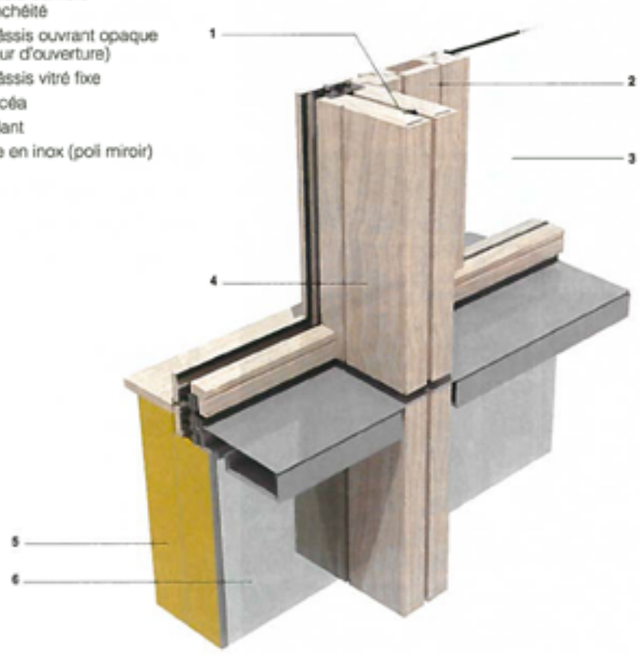
Façade Des cadres en bois préfabriqués à double hauteur

« La particularité de cette façade est d'être entièrement en bois et suspendue aux dalles », explique Nicolas Deplanque, ingénieur architecte du BET VS-A. Cette « façade cadre » comprend 535 modules en bois à deux hauteurs d'étage, soit 1,40 m de large par 6,54 m de haut. Chaque module, préfabriqué et installé par CBC Bluntzer, se compose d'un cadre en bois lamellé-collé (BLC) d'épicéa, dans lequel viennent s'insérer des châssis ouvrants en pin massif et des allèges revêtues d'inox recuit brillant. Si le traitement de préservation des deux essences diffère, leur aspect est semblable. L'ouvrage extérieur de charpente en épicéa a subi un traitement autoclave en profondeur le protégeant des agressions biologiques. Les menuiseries en pin massif (de classe 3) ont été traitées par imprégnation. Chaque cadre en BLC est préfabriqué en atelier, à partir de barres d'épicéa, dotées de feuillures et de formes de pente. Puis elles sont assemblées entre elles par vissage, avec des bandes d'étanchéité en mousse acrylique expansive. Ces cadres insèrent des châssis pourvus de réservations et de feuillures permettant leur emboîtement. Certains châssis ouvrants sont vitrés ; d'autres sont formés d'une partie vitrée et d'un volet opaque en bois dévolu à la ventilation et au désenfumage. Ces modules, réunis en lots et livrés par camions sur le chantier, sont ensuite mis en œuvre. Équipés de pattes, les cadres sont accrochés aux nez de dalles, par un système de porte-manteau à profils oméga chevillés dans les planchers, le tout étant suivi d'un réglage altimétrique. La pose, du bas vers le haut, a débuté par les deux niveaux inférieurs. Les modules ont été fixés sur les dalles, puis assemblés entre eux. Côté étanchéité, les rainures périphériques pourvoyant les cadres permettent d'y glisser des joints préformés en EPDM.



Axonométrie d'une partie de la façade avec les cadres en bois

1. Double barrière d'étanchéité
2. Châssis ouvrant opaque (limiteur d'ouverture)
3. Châssis vitré fixe
4. Épicéa
5. Isolant
6. Tôle en inox (poli miroir)



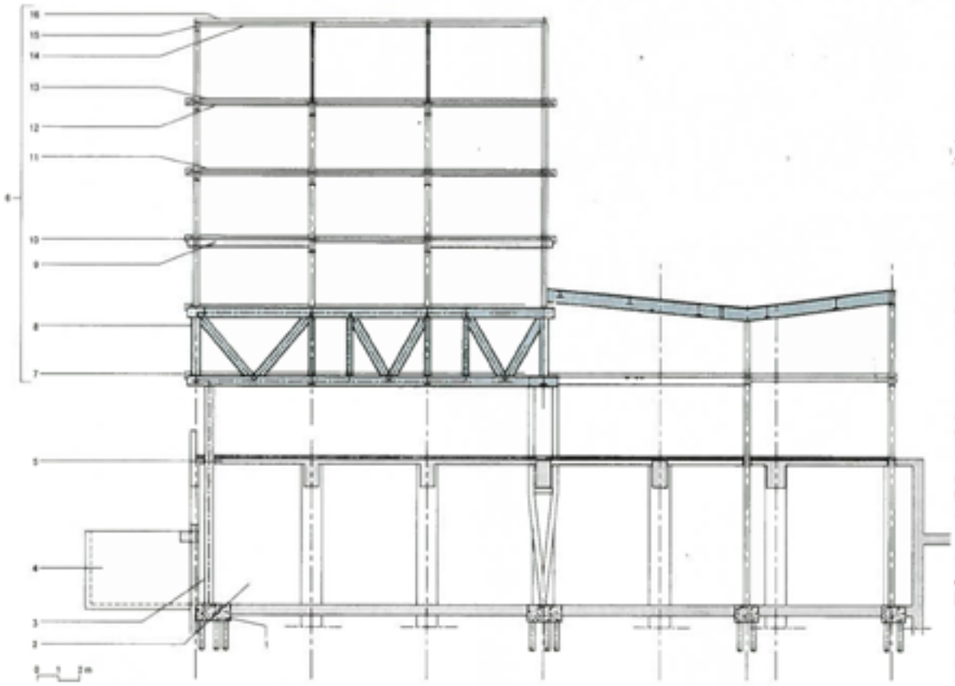
A Chaque châssis préfabriqué en usine est livré sur le chantier, levé à la grue, puis placé en nez de dalle béton. Il est accroché et fixé dessus par le biais de pattes.

B Un châssis de façade réalisé dans l'atelier de CBC Bluntzer qui a préfabriqué et posé tous les modules à double hauteur (1,40 x 6,54 m).

C Chaque façade se compose de cadres en bois entièrement préfabriqués, qui ont été assemblés entre eux niveau par niveau.

Charpente Des portiques en forme de chaise

Coupe générale et verticale sur l'extension en charpente acier



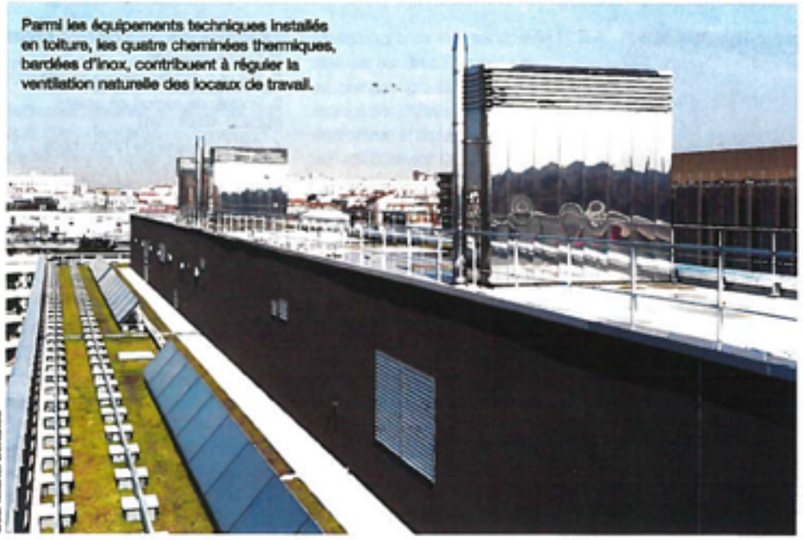
1. Platine + tige d'ancrage pour la fondation créée
2. Volume de l'imprimerie en place
3. Poteau de renfort en acier (tube Ø 406,4 mm)
4. Cour anglaise de l'imprimerie
5. Plancher en béton existant avec chape + étanchéité ajoutées
6. Extension créée de 6 niveaux
7. Niveau mezzanine
8. Poutres Vierendeel transversales : 2,80 m de haut, à membrures (hautes et basses) et diagonales à profils HEB 450 + montants verticaux à profils HEB 280
9. Poutres acier à profils HEA 400 et PRS au centre + poteaux en tubes Ø 273 mm
10. Poutre longitudinale à profils HEA 400
11. Poutres à profils IPE 160 et PRS au centre + poteaux en tubes Ø 273 mm
12. Poutres à profils IPE 180 et PRS au centre + poteaux en tubes Ø 273 mm
13. Plancher collaborant : bacs acier + dalle coulée en béton (ép. 15 cm)
14. Poutres à profils IPE 160 et PRS au centre + poteaux à profils HEA 140
14. Plancher collaborant : bacs acier + dalle coulée en béton (ép. 15 cm)
15. Poutre longitudinale à profils IPE 450
16. Toiture en acier étanchée

Doc. Carole Barrigaud/Treville/CBC Sion

La façade (est) de l'extension présente une charpente métallique constituée d'un porte-à-faux de 4 m de portée, repris à chaque étage.

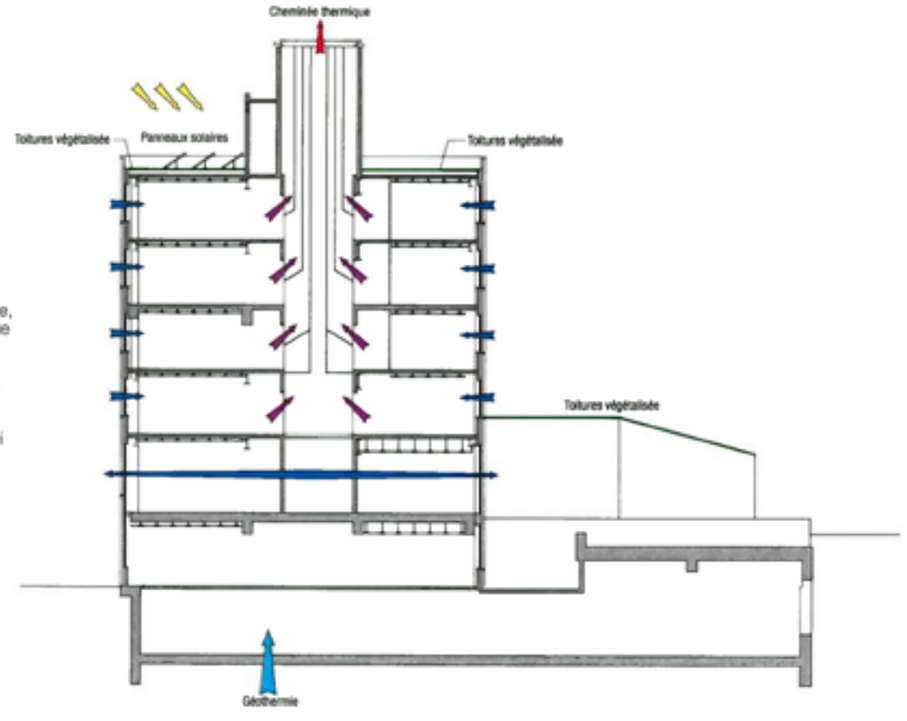
L'extension réalisée au-dessus de l'imprimerie s'inscrit dans un carré de 22 m de côté. Selon Adnane Berrazeg, directeur du département « structure » au BET Setec, « pour franchir l'imprimerie existante, il a fallu créer des portiques qui, formant une chaise ou une table, ont permis de construire, au-dessus, l'extension de six niveaux ». Les descentes de charges étant suffisantes, les fondations en place sont gardées et seules huit autres sont créées. En raison d'un délai court, pour intervenir au sein de l'imprimerie, quatre files de poteaux intérieurs en béton à haute performance (BHP) sont coulées à l'aide de coffrages en carton, faciles à manipuler. Calquée sur la trame carrée existante de 5,60 m, la trame d'implantation de ces poteaux passe à 16,8 x 11,2 m. Parallèlement, la charpente en acier est fabriquée par tronçons, dans l'atelier de l'entreprise de préfabrication et de pose Vilquin. Montée à blanc, elle est redécoupée par éléments de 14 m de long maximum, puis transportée sur le chantier, par convoi exceptionnel. Elle est levée avec une grue automotrice et assemblée in situ, par boulonnage. Au-dessus de l'imprimerie et dans la hauteur du rez-de-chaussée sont posées des poutres en treillis toute hauteur, longitudinalement, et des poutres Vierendeel, transversalement. En partie centrale sont mis en œuvre des profilés reconstitués soudés (PRS) sur mesure, afin qu'ils reprennent les charges des planchers, des deux côtés. Équipant également les étages, ces PRS sont dotés de réservations permettant le passage des divers réseaux techniques (électricité, etc.). Les planchers collaborants à bacs en acier et dalles en béton, posés à chaque niveau, participent au contreventement et à la rigidité de l'ensemble de l'ouvrage. La liaison avec le reste du bâtiment est assurée par la mise en place d'un joint de dilatation et de taquets à trous oblongs dans les planchers, de façon à parfaire la planimétrie générale.

Génie climatique Une ventilation naturelle


Parmi les équipements techniques installés en toiture, les quatre cheminées thermiques, bardées d'inox, contribuent à réguler la ventilation naturelle des locaux de travail.

Doc. Michel Denancé

Le volet « performances environnementales » repose sur divers matériaux et systèmes. Les vitrages performants, clairs et transparents, avec un facteur solaire de 37 % et une transmission lumineuse de 68 %, répondent à des exigences thermiques (U_g=1,1 W/(m².K)) et acoustiques ($R_{A,tr}$=22 dB) précises. Les ouvertures des façades sud et ouest sont protégées de la chaleur par 387 stores extérieurs droits ou à projection. Un système de ventilation naturelle innovant a été mis en œuvre dans les espaces tertiaires. Chaque trame de bureau est équipée de deux volets de ventilation réglable, l'un étant installé en façade et l'autre sur le couloir de desserte des bureaux. L'été, quatre cheminées thermiques, implantées en toit sur la longueur de l'édifice, aspirent l'air chaud provenant de la bande centrale où se déploient les couloirs. Les volets ouverts participent au rafraîchissement nocturne du bâtiment. À leur ouverture, des contacteurs coupent le système mécanique de renouvellement d'air. En hiver, l'air chaud issu des façades sud et ouest est récupéré et réinsufflé dans les bureaux. Lorsque la température extérieure dépasse 12°C, un registre motorisé permet l'ouverture de ces cheminées. D'autres dispositifs actifs viennent en complément, comme la géothermie qui alimente l'édifice en chaud et en froid, par le biais d'un système de pompe à chaleur sur eau de nappe associé à un groupe thermo frigo pompe. L'énergie issue des centrales de traitement d'air double flux est récupérée par des échangeurs rotatifs hygroscopiques (roues à aube) et des batteries à eau glycolée. Le but est de recycler l'énergie produite et d'optimiser les consommations. Les panneaux solaires mis en place en toiture alimentent l'eau chaude sanitaire des vestiaires et des installations sportives. Quant aux toits végétalisés, ils contribuent à réduire les débits de fuite et à augmenter l'inertie thermique de l'ouvrage.



Coupe du procédé de ventilation naturelle par cheminées thermiques

Les espaces tertiaires non climatisés bénéficient d'un procédé astucieux de renouvellement d'air. En façade, la ventilation naturelle s'effectue par des trappes d'aération (et de désenfumage), alors qu'à l'intérieur des circulations, l'air, issu d'autres trappes greffées sur les bureaux, circule dans des cheminées thermiques qui en régulent le débit.

Doc. Michel Denancé

Coût total : 31,1 M€ HT

Shon : 15 971m², soit 1 950 € HT/m²

STRUCTURE ET ENVELOPPE

16,5 M€, dont :

Démolition, gros œuvre, charpente métallique : 10,5 M€
Curage, désamiantage : 980 000 €
Menuiseries extérieures, occultations, maintenance : 4,3 M€
Étanchéité : 710 000 €

ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

9,1 M€, dont :

Chauffage, ventilation, rafraîchissement : 5,1 M€
Plomberie, électricité : 2,8 M€
Cuisine (laverie, distribution, électromécanique) : 590 000 €
Appareils élévateurs : 231 000 €
Géothermie : 260 000 €

AMÉNAGEMENTS INTÉRIEURS, FINITIONS

4 M€, dont :

Cloisons, doublages, faux plafonds : 1,5 M€
Menuiseries intérieures, murs mobiles : 1,1 M€
Revêtements de sols durs et souples : 603 000 €
Peinture, signalétique : 750 000 €

Les produits spécifiques du chantier

Store et Marquisolette 150 de Warema

Chaque fenêtre de bureau est équipée d'un store en toile extérieur droit, réglable manuellement. Le volet de ventilation est pourvu d'un store Marquisolette qui permet de bénéficier d'un ombrage confortable, sans encombrer la vue.

Fiche Batiproduits

www.batiproduits.com/p/36705

Mamacloud de Belux

Dessinée en 2005 par l'architecte Frank Gehry, cette suspension en forme de nuage a été installée, en deux exemplaires, dans le hall. Chacune comporte une membrane en polyester, résistante et flexible, pouvant être remodelée à la main.

Fiche Batiproduits

www.batiproduits.com/p/36706

Danpalon DP16 d'Everlite

Les circulations centrales sont dotées d'un plafond lumineux formé de plaques en polycarbonate translucides posées dans des cadres en T en métal démontables. Une nappe de tubes T5 de 60 cm de long est montée par-dessus.

Fiche Batiproduits

www.batiproduits.com/p/33204

Carboline de Zehnder

Ce plafond rayonnant suspendu, posé dans les bureaux, permet le chauffage et le rafraîchissement ; il apporte un confort d'usage, en gommant toute sensation de déplacement d'air. Peu épais, il est adapté aux volumes du lieu.

Fiche Batiproduits

www.batiproduits.com/p/28804

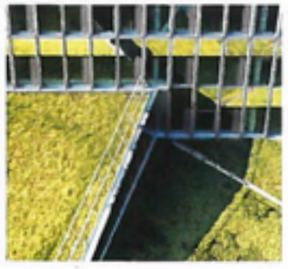
Docs. Architecture Patrick Mauger - Michel Denancé

Dalle boise HR 56 de Siplast

Cette dalle de lames en pin maritime antifongique, rainurée et chanfreinée, a été apposée sur des plots réglables. Équipant les terrasses accessibles, les loggias et les patios, ce matériau durable fait écho aux façades en bois.

Fiche Batiproduits

www.batiproduits.com/p/36702



Sopranature Toundra Box de Soprema

Les toitures à faible pente sont végétalisées à l'aide de caissettes précultivées et recyclables, appliquées sur un complexe d'étanchéité. Ce procédé nécessite peu d'entretien et assure un confort phonique et thermique.

Fiche Batiproduits

www.batiproduits.com/p/29688