

Logements collectifs bois



COLLECTION
Retour d'expériences[©]

CNDB
LE BOIS AVANCE.



Le Président de la République s'est engagé à construire 500 000 nouveaux logements par an, dont 150 000 logements sociaux, d'ici la fin de son quinquennat en 2017.

Ces logements devront répondre « à minima » à la réglementation thermique 2012, mais également prendre en compte l'enjeu environnemental, et plus particulièrement le bilan carbone. Le bois, matériau bio-sourcé par excellence, offre une réponse performante à ces exigences.

Les réalisations de logements collectifs bois en France sont mal connues des opérateurs. Quelles sont les solutions qui marchent ? quels sont les coûts de ces opérations ?

Cette publication présente 8 opérations grâce auxquelles nous pouvons tirer des enseignements pour les maîtres d'ouvrage, concepteurs et entreprises.

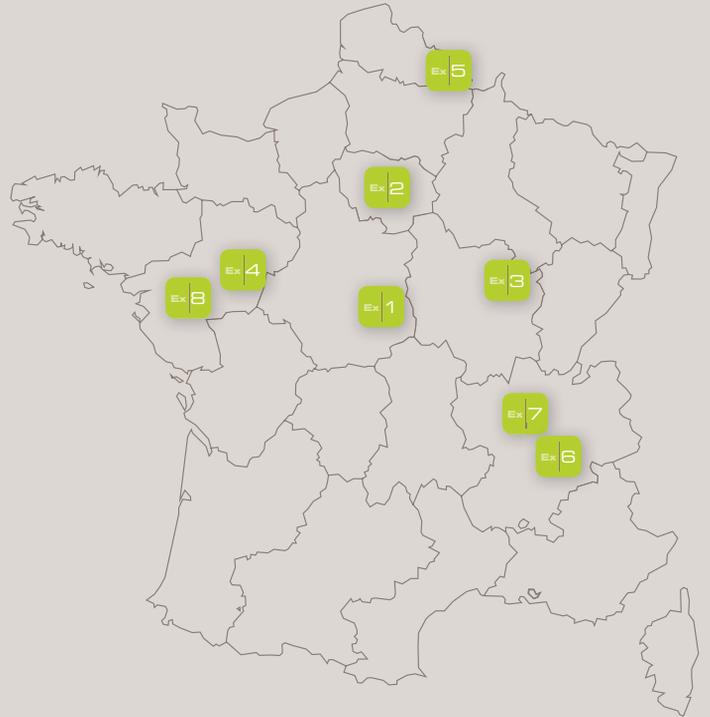
Nous souhaitons que la mise à disposition de ces retours d'expériences contribue au développement du bois dans le logement collectif.

Sommaire

1^{ère} PARTIE

Les retours d'expériences

- Ex 1** | **21 logements R+2**
à Saint-Doulchard (18). page 3
- Ex 2** | **76 logements R+3**
à Romainville (93). page 9
- Ex 3** | **39 logements passifs R+4**
à Dijon (21). page 15
- Ex 4** | **64 logements BBC R+4**
à Angers (49). page 21
- Ex 5** | **7 logements et bureaux R+4**
à Tourcoing (59). page 27
- Ex 6** | **6 logements R+2**
à Grenoble (38). page 31
- Ex 7** | **24 logements BBC R+2**
à Veurey-Voroise (38). page 37
- Ex 8** | **62 logements en 2 collectifs R+3**
à Vertou (44). page 43



Logements collectifs bois

2^{ème} PARTIE

Les enseignements

de ces 8 retours d'expériences

Infiltrométrie : une méthode inspirée de La Maison Passive à Saint-Doulchard. page 49

Quel type de consultation pour une opération performante ? page 50

Analyse économique des 8 réalisations. page 52

La réglementation feu pour les logements de 2^{ème} famille. page 54

Quelles vêtues pour des immeubles d'habitation à structure bois. page 55

Les solutions pour répondre aux exigences acoustiques. page 56

Evaluation des volumes bois. page 58

Conclusion : quels enseignements ? page 59

Remerciements. page 60

Ex 1

21 logements R+2 à Saint-Doulchard (18)

Un immeuble passif de logements sociaux avec des murs et des planchers préfabriqués en bois. CONSTRUCTION 2013



Le programme

Réalisation d'un immeuble R+2 collectif passif de 21 logements à très basse consommation.

Les intervenants

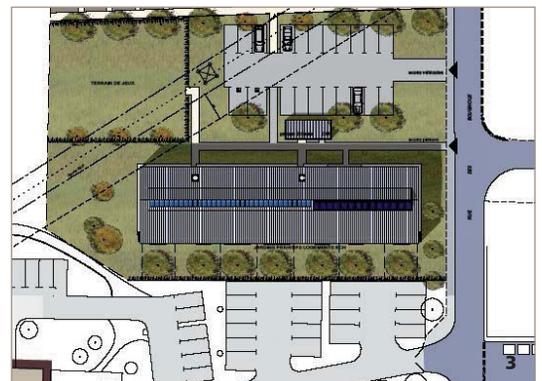
- Maître d'ouvrage : Groupe Arcade-France Loire
- Architecte : Atelier Bosredon Pietu, Bourges (18)
- Thermicien : Bureau Dagallier-Fouchet, Menetou Salon (18)
- Conseil : HH Conseil, consultant, Bourges (18)
- Entreprise de charpente, mandataire du groupement : Entreprise Bernard Elvin (ossature bois, menuiseries bois extérieures et intérieures, bardage), Bourges (18).

Le choix constructif

Murs ossature bois avec OSB en intérieur, planchers intermédiaires Lignotrend, doubles-murs en ossature bois en séparatif entre logements.

Les caractéristiques générales

- Livraison : 2013
- Surface SHON : 1607 m²
- Surface habitable : 1177 m²
- Coût total de travaux actualisé : 1927512 € ht
- Composition : 9 T2 de 45 m² et 12 T3 de 64 m²
- Performance énergétique :
 - besoins : 14 KWh/m²/an
 - consommation : 117 KWhep/m²/an (chauffage + ECS éclairage + électroménager + auxiliaires) m²/SHAB.



PLAN DU NIVEAU R+1



1_Vue d'ensemble du projet en fin de levage. 2_Vue rapprochée sur la façade sud. 3_Plan de masse. 4_Volumétrie du bâtiment.

Résultats des mesures d'infiltrométrie

Tests réalisés conformément à la norme **NF EN 13829** et **GA P50-784**, selon les Arrêtés du **24 mai 2006** relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment et du **13 juin 2008** relatif à la performance énergétique des bâtiments existants.

La méthode de mesure a fait l'objet d'une démarche particulière détaillée en page 49.

		Q4Pa-Surf	n50	AL
Pour le logement collectif	RT 2005	1,2	≈ 2,6	
	BBC Effinergie	1	≈ 2,2	
	Passif	≈ 0,28	0,6	
Mesure 1			0,6	
Mesure 2			0,59	
Mesure 3			0,56	
Mesure 4			0,47	
Mesure 5			0,57	
Mesure 6			0,53	
Résultats de l'échantillonnage*			0,57	

Q4Pa-Surf : perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa de différentiel de pression, en $m^3/(h.m^2)$.
 n50 : taux de renouvellement d'air sous 50 Pa de différentiel de pression, en vol/h.
 ATbat : surface de parois déperditives, hors planchers bas, en m^2 .



PLANS DE DEUX APPARTEMENTS (T3 ET T2)

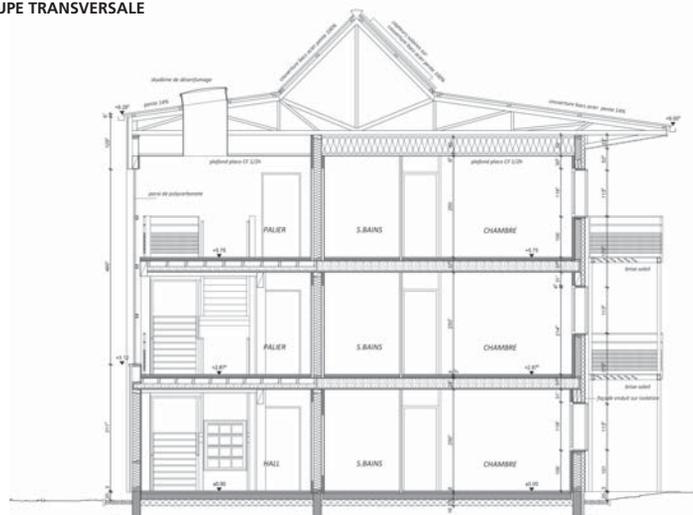


Résultats des mesures acoustiques

Le texte réglementaire applicable est l'Arrêté du 30 juin 1999.
 Les mesures sont réalisées selon la norme NFS 31-057.

Les mesures acoustiques n'ont pas pu être réalisées à temps pour être intégrées à ce document.

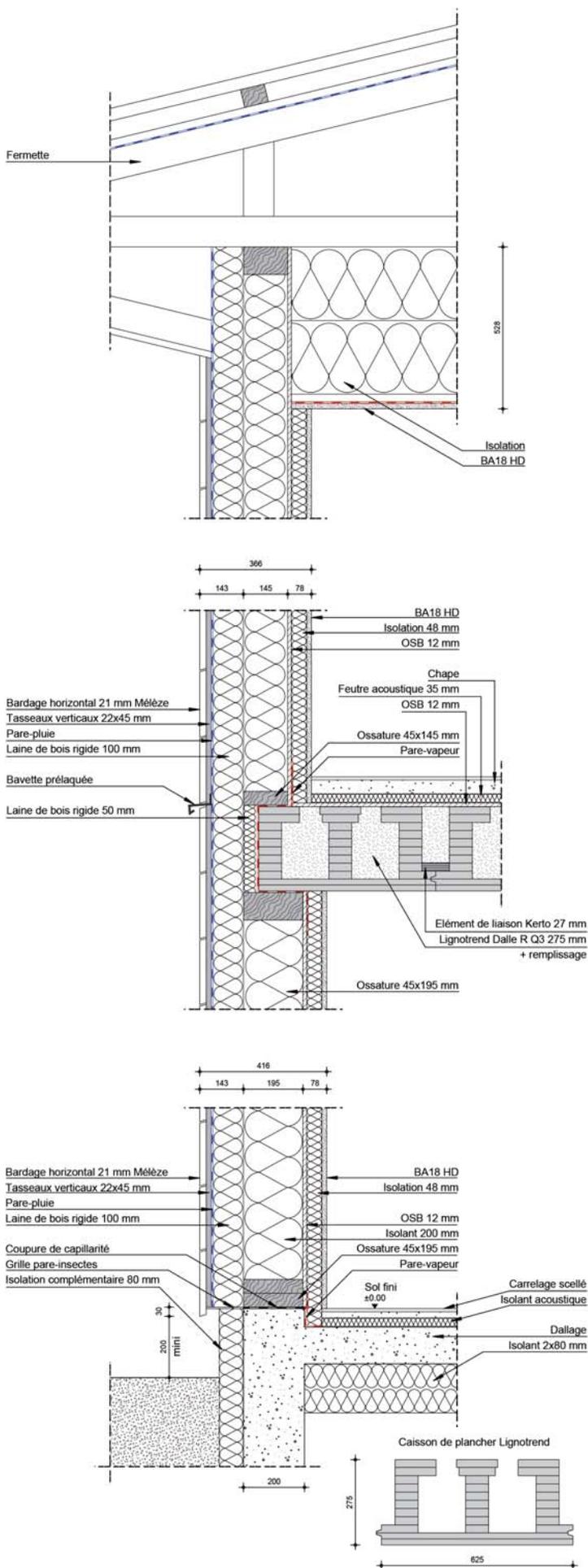
COUPE TRANSVERSALE



1 L'étanchéité à l'air est réalisée avec l'OSB ; les plaques sont reliées avec un scotchage. 2 Le plancher Lignotrend arrive sur chantier. 3 Les réseaux prennent place soit dans le sens des solives, sans intervention particulière, soit dans le sens perpendiculaire, dans ce cas il faut prévoir les passages. 4 Renfort du plancher au droit des trémies. 5 Le bâchage est nécessaire pour préserver les ouvrages. 6 Vue d'ensemble de la façade sud.

Détails techniques

Coupe verticale sur pied de mur, plancher intermédiaire, charpente



Fermin Galan, Groupe Arcade-France Loire, maître d'ouvrage

Quelle modalité de consultation avez-vous choisie ?

«Pour cette opération, nous avons opté, en début d'année 2010, pour une consultation en conception-réalisation que nous avons menée en deux temps ; une première étape où nous avons entendu sept équipes parmi lesquelles trois ont été choisies. Ces trois équipes ont concouru pour présenter, lors de la deuxième phase, un projet d'architecture avec des éléments financiers. A l'issue de cette deuxième étape, le groupement constitué de l'Atelier Bosredon-Pietu et de l'entreprise Elvin a été retenu pour réaliser l'opération.

Nous avons fait le choix de la conception-réalisation car nous étions conscients de la multiplicité des enjeux à conjuguer, notamment l'écoconception et la performance du bâtiment, fortement dépendants des solutions techniques retenues et de la conception intrinsèque du bâtiment. La démarche conception-réalisation nous a confortés pour répondre à ces multiples enjeux.»

Quelle est l'origine de l'opération ?

«France Loire SA d'HLM, société du Groupe Arcade, agissant dans la région Centre, a été contactée par la Chambre des Métiers et de l'Artisanat du Cher et par l'agglomération de Bourges en vue de participer à un projet qu'ils avaient élaboré depuis quelques temps. Ce projet poursuivait un double objectif : accroître le savoir-faire local dans la construction en bois et développer les compétences des professionnels dans le domaine de la grande performance énergétique, au-delà du BBC.

La société HH Conseil, AMO environnemental, a été mandatée par la CMA et par « Bourges Plus », représentant l'agglomération, pour écrire le programme du projet. Globalement, il ont constitué le cahier des charges technique et environnemental de la consultation pour ce bâtiment.»

Pourquoi avez-vous choisi le bois ?

«Le choix du bois pour ce bâtiment émanait de la volonté conjointe de la CMA et de l'agglomération de Bourges, avec pour objectif de contribuer à la dynamique de la filière bois dans la région Centre. Pour ce faire, l'entreprise concourante, associée avec un architecte, devait être locale ou du moins être inscrite dans le département. Elle devait faire valoir son expérience dans la réalisation de projets similaires en bois, à savoir des structures dépassant le R+1. Elle devait aussi s'engager sur l'enveloppe financière définie pour ce projet.

En réponse, nous n'avons eu que des PME locales ayant suivi le programme de formation conduit par la Chambre des Métiers et par l'agglomération de Bourges pendant cinq ans.»

Pensez-vous reconduire cette démarche de conception-réalisation ?

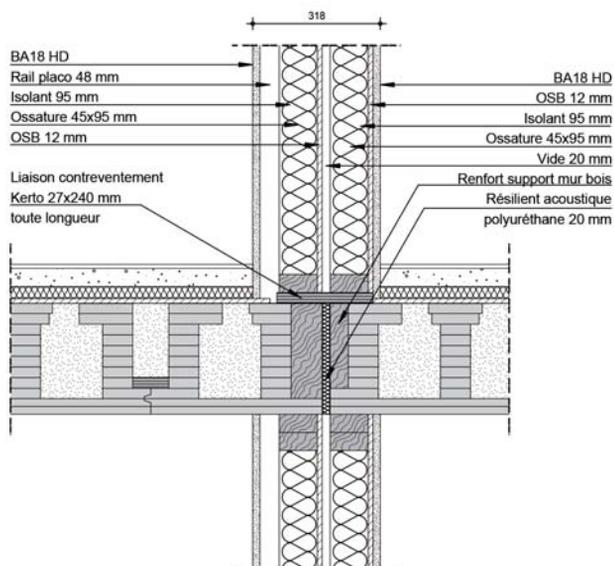
«Pour nous qui l'avons peu pratiquée en construction neuve, la démarche conception-réalisation a constitué une expérience fructueuse, et les retours de nos équipes et partenaires sont positifs. Les échanges rapides et nombreux entre les différents acteurs, la dynamique entre les bureaux d'études, l'architecte et l'entreprise sont pour nous les points forts de la démarche. Quand nous optons pour le système d'appel d'offres traditionnel, nous essayons bien de faire ces « allers-retours » en réunions, tout au long du montage du dossier de marché, mais il est vrai que c'est beaucoup moins dynamique, l'inertie des équipes est ici plus forte.

Forts de cette expérience, pour des programmes en sites compliqués ou dans le cas d'opérations pilotes faisant appel à des technologies nouvelles, nous proposerons à l'avenir cette procédure de conception-réalisation.»



Détails techniques

Coupe verticale sur un mur séparatif entre logements



Vous avez mis en place des formations en amont de l'opération, pouvez-vous nous en expliquer le contexte ?

«Plusieurs réunions, organisées autour des enjeux du Grenelle, ont donné naissance à une analyse exhaustive de notre patrimoine, mettant en lumière son caractère énergivore. Pour y remédier, il s'avérait impératif de changer les techniques de construction et de programmer désormais des bâtiments énergétiquement beaucoup plus performants. Bourges Plus a alors mis en place un Plan Local de l'Habitat qui priorisait la qualité énergétique pour les nouveaux bâtiments, notamment pour les logements collectifs.

Parallèlement, les organismes sociaux nous laissaient entendre qu'ils étaient limités dans les coûts de construction au mètre carré et qu'ils ne pourraient jamais atteindre ces exigences sans surcoût. Bourges Plus a donc décidé de lancer un appel à projet auprès des bailleurs sociaux pour savoir si l'un d'entre eux souhaitait réaliser ce projet, sachant que la CMA 18 mettrait des moyens complémentaires pour financer une mission d'accompagnement générale du projet, à base de bois, destinée à témoigner de la faisabilité d'un bâtiment bioclimatique, en bois, à énergie passive.

Nous avons signé une convention tripartite avec Bourges Plus et France Loire du Groupe Arcade, qui nous ont confié la charge de préparer les entreprises pour qu'elles soient en mesure de répondre au cahier des charges ambitieux mis en place par HH Conseil. A partir des attendus, nous avons construit le programme de formation avec HH Conseil et l'ARFAB (organisme de formation pour les artisans du bâtiment). La formation mettait l'accent sur l'étanchéité à l'air et les techniques de poses.»

Quelles entreprises ont été formées ?

«Notre souhait était de permettre la rencontre des publics. Nous avons donc accueilli des entreprises bois, des entreprises de second-œuvre mais aussi des concepteurs. Ils ont appris à se connaître et ont échangé sur des problématiques communes durant la formation. Des dîners organisés entre participants ont également favorisé l'émulation et les échanges d'analyse pour créer une dynamique bénéfique à l'opération. C'est ainsi que trois équipes ont été formées pour répondre à l'appel d'offres puis au concours de conception-réalisation.

Trois équipes locales ont été sélectionnées, constituées d'un architecte et d'un constructeur bois.

France Loire du Groupe Arcade a choisi le projet qui répondait au plus grand nombre de critères demandés.»

Performances thermiques

L'étude thermique du bâtiment a été réalisée avec le logiciel PHPP. Le tableau ci-dessous donne les valeurs « visées » et les valeurs atteintes.

Année de construction	2013
Nombre de logements	21
Volume extérieur du bâtiment V	5043 m ³
Nombre d'occupants	33,7
Température intérieure	20°C
Apports internes	2,1 W/m ²

Valeurs rapportées à la surface de référence énergétique

Surface de référence énergétique A _{RE}	1177 m ²			
	Méthode utilisée	Méthode mensuelle	Certification standard passif	Critères respectés ?
Besoin de chaleur de chauffage annuel	14	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	oui
Résultat du test d'infiltrométrie	0,57	h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	oui
Besoin en énergie primaire (eau chaude sanitaire, chauffage, refroidissement, électricité auxiliaire et domestique)	117	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	oui
Besoin en énergie primaire (eau chaude sanitaire, chauffage et électricité auxiliaire)	62	kWh/(m ² a)		
Besoin en énergie primaire (économisée par la production d'électricité photovoltaïque)		kWh/(m ² a)		
Puissance de chauffage	11	W/m ²		
Surchauffe estivale	0	%	supérieure à 25°C	
Besoin de refroidissement annuel		kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	
Puissance de refroidissement	3	W/m ²		

Volume de bois mis en œuvre

Estimation effectuée avec la méthode de calcul fixant le volume de bois incorporé dans certaines constructions, selon l'Arrêté du 13 septembre 2010.

Volume total de bois dans l'ouvrage (m ³)	220
Surface hors œuvre nette de l'ouvrage (SHON en m ²)	1 607
Volume de bois (dm ³ /m ² SHON)	137



Caractéristiques de l'opération

Structure	3 plateaux identiques. 9 T2 de 45 m ² et 12 T3 de 64m ² . Murs et refends à ossature bois. Plancher de niveaux en caissons préfabriqués + chape. Toiture en fermettes avec couverture bacs acier.
Isolant	Murs ossature bois : 100 mm de fibre de bois en contre isolation extérieure, 200 mm de laine de verre dans l'ossature du rez-de-chaussée, 145 mm dans les autres ossatures, contre isolation intérieure 50 mm de laine de verre. Sous dallage au rez-de-chaussée : 2 x 88 mm de polystyrène. Toiture : 400 mm de laine de verre. Soubassement : 80 mm d'isolant vertical.
Menuiserie extérieure	Menuiserie bois.
Vêture	Bardage bois Mélèze classe 3. Panneaux de résine Fundermax 8 mm.
Vitrage	Triple vitrage, Uw = 1 W/(m ² K).
Occultation	Volets à lames battants en sapin du nord, rez-de-chaussée façade sud. Volets coulissants à lames en sapin du nord.
Ventilation	VMC double flux par logement.
Chauffage	Batterie eau chaude (VMC) alimentée par chaudière gaz à condensation collective 25 kW. Radiateur à eau chaude dans les salles de bain. Besoin chauffage 14 kWh/m ² /an.
Eau chaude sanitaire	Solaire en préchauffage par 45 m ² de panneaux solaires. Complément par Gaz collectif ; besoin en eau chaude : 33 kWh/m ² /an.
Label	Certification PASSIVHAUS (initialement BBC).

Thierry Elvin, entreprise
Bernard Elvin

Avez-vous réalisé vos propres murs à ossature bois ?

«Sur cette opération, nous avons conçu les murs et nous en avons confié la fabrication à l'entreprise Boussiquet, Atelier CUB. Les murs nous ont donc été livrés complets, de l'OSB intérieur jusqu'au bardage extérieur, avec l'isolant intégré dans l'ossature bois et l'ITE complémentaire en fibre de bois fixée entre l'ossature et le bardage.

Pour les planchers bois, nous nous sommes inspirés d'une opération qui avait été livrée à Obernai en Alsace et qui comportait des planchers et des murs Lignotrend. Très vite, nous avons rencontré une difficulté au niveau du calcul de l'acoustique. Personne n'était en mesure de calculer l'acoustique par rapport au bois. Nous avons donc adopté une démarche pragmatique, en nous basant sur ce qui existait déjà et nous nous sommes rapprochés de Lignotrend. Leur système a retenu notre attention parce qu'il était possible de passer les réseaux électriques à l'intérieur. Il était également possible de les remplir d'argile. Ce qui nous permettait donc de lester les composants et d'augmenter l'inertie du bâtiment. Ainsi, l'acoustique se trouvait améliorée et le système global, constitué d'un OSB, d'un résilient acoustique et d'une chape, fonctionnait plutôt bien.»

Comment avez-vous passé les réseaux électriques dans le plancher bois ?

«Les réseaux électriques ont été déployés dans le sens des membrures du plancher Lignotrend, perpendiculairement aux façades. Il était également nécessaire de passer dans l'autre sens. Aux endroits où les portées étaient plus faibles notamment les circulations, nous avons réalisé un plancher moins épais sur lequel nous avons posé des lambourdes pour rattraper le niveau. Ainsi, nous pouvions passer nos réseaux entre lambourdes, dans les deux sens en fine. Concernant les espaces du logement dans lesquels le plancher est toute hauteur, nous avons parfois eu besoin de passer perpendiculairement aux membrures, c'est-à-dire parallèlement aux façades. Pour ce faire, nous avons calculé des points aux appuis où il s'avérait possible de supprimer 40 mm de membrures dans l'autre sens. Ces usinages au-dessus des caissons nous ont permis de passer des câbles électriques dans la hauteur du plancher.

Et étant donné qu'il y a un OSB par-dessus, couvrant l'ensemble, puis un résilient et une chape, il n'y a pas eu de problème. C'est au niveau des appuis qu'on passe le plus de réseaux.»

Que pensez-vous des formations qui ont été dispensées avant la consultation conception-réalisation ?

«Je pense sincèrement que nous serions passés à côté du sujet si nous n'avions pas fait ces formations. Nous avons vraiment beaucoup appris. Personnellement, en tant que charpentier, c'était une révolution de passer l'OSB à l'intérieur. Nous avons toujours l'habitude de le mettre à l'extérieur. Là, on nous a dit qu'il passerait à l'intérieur et qu'il serait étanche. Et effectivement, c'est une idée intelligente. Nous avons aussi bénéficié d'apports méthodologiques et surtout compris l'importance de l'étanchéité à l'air et le fait qu'il fallait l'intégrer. C'était très bénéfique. Après, il nous appartenait de concevoir et de développer les solutions techniques et de maîtriser l'étanchéité partout en s'assurant que cela fonctionne. Nous nous sommes familiarisés avec les matériaux et avec certaines notions que nous ne connaissions pas forcément, les Sd par exemple. Ces formations étaient primordiales.»

Pouvez-vous nous parler de votre rôle de mandataire dans ce groupement d'entreprises ?

«Je perçois des honoraires spécifiques en tant que mandataire, ils ne sont pas forcément évalués à l'échelle du temps que j'y passe. Il est difficile d'estimer le temps de travail spécifique du mandataire parce que tout est connecté et interdépendant. Il y a le temps passé sur chaque lot que j'ai déjà au titre du marché, mais également, le temps de coordination et le temps passé en conception, avant l'ouverture du chantier et sur la préparation des marchés. Sans oublier un peu de pilotage des autres corps d'état, même si j'ai déjà un pilote dans mon équipe de groupement. Les rôles se superposent un peu en tant que mandataire. Les entreprises du groupement m'ont tout de même facilité la tâche tant elles étaient motivées.»

1 & 2_Le plancher Lignotrend reste apparent avec une sous-face lisse dans les logements, ou avec une sous-face nervurée dans les communs. 3_Levage des panneaux préfabriqués. 4_Les panneaux préfabriqués sont fermés avec un panneau OSB côté intérieur et une fibre de bois côté extérieur.

Comment s'est déroulée la consultation ?

«Préalablement au lancement du concours conception-réalisation, la maîtrise d'ouvrage a constitué un groupe de travail composé de 4 partenaires :

- un assistant à la maîtrise d'ouvrage, HH Conseil, bureau d'étude spécialisé dans la construction bois,
- Bourges Plus représentant l'agglomération de Bourges,
- le maître d'ouvrage France Loire du Groupe Arcade,
- la Chambre des Métiers et de l'Artisanat du Cher.

Ce groupe de travail a mis en place des formations sur la construction bois et sur la thermique des bâtiments en bois. Nous concernant, deux personnes de l'agence ont suivi ces formations : une architecte et une collaboratrice. Ensuite la consultation conception-réalisation a été lancée et trois groupements ont été retenus. Nous avons constitué un groupement dont l'entreprise pilote est le charpentier, Elvin Charpente. Celui-ci a mis en place une équipe avec ses cotraitants, assurant, en tant que charpentier, le « clos-couvert » du bâtiment c'est-à-dire l'ensemble de la structure et de l'enveloppe de l'ouvrage.»

Comment avez-vous abordé la conception du bâtiment ?

«Le programme se prêtait bien à la conception d'un bâtiment compact avec trois plateaux identiques superposés nous permettant une colonne centrale unique par logement, à partir de laquelle ont été distribués les fluides WC, salle de bain et cuisine.

Cette compacité favorisait aussi la préfabrication. Les panneaux arrivaient fermés c'est-à-dire incluant la peau intérieure, l'isolation et la contre isolation extérieure, et le bardage extérieur posé. Ces panneaux étaient très grands. D'une hauteur d'étage et d'une dizaine de mètres de long, ils représentaient pratiquement une façade. L'OSB nous a servi de barrière étanche à l'air. Pour les jonctions verticales entre panneaux, tous les raccords de panneaux OSB ont été pontés par des bandes adhésives spéciales, ayant permis d'assurer une parfaite étanchéité à l'air. En jonction horizontale, en pied et en tête de panneau, nous sommes venus nous raccorder sur la bande d'étanchéité à l'air qui, elle, venait en about de plancher. Il y a donc continuité du film étanche à l'air devant les abouts de planchers. Nous avons ainsi créé une ligne continue de l'étanchéité à l'air, du niveau 0 jusqu'à la toiture.

Pour les planchers, nous n'avions pas beaucoup d'exemples mais nous nous sommes inspirés d'une opération du Toit vosgien pour laquelle des planchers de la marque Lignotrend avaient été utilisés. Cette solution de plancher nous a permis de garder du bois apparent en intérieur.»

Quelles difficultés avez-vous rencontrées ?

«Si difficulté il y a eu, elle a concerné la phase de chantier. Démarrant à la fin de l'année 2011, le chantier a connu tous les problèmes d'intempéries survenus durant l'année 2012. Si bien que l'entreprise a dû mettre en place un système de bâches au-dessus du bâtiment, pratiquement comme une toiture temporaire, afin de protéger les panneaux qui ne supportent absolument pas l'eau et se tachent facilement en cas d'averses répétées. De ce fait, nous avons perdu beaucoup de temps et pris des risques à cause de l'humidité.»

Quels dispositifs avez-vous utilisés pour le confort d'été ?

«Des balcons sur la façade sud protègent les baies des séjours du dessous. Ces balcons se prolongent par des brise-soleil disposés entre les balcons d'un même niveau. Tout le dispositif est calculé pour «piéger» le soleil, sur sa courbe d'ensoleillement d'été, quand il est haut dans le ciel et le laisser passer en hiver. Le dernier niveau est protégé par une avancée de toiture, constituant un auvent de la même largeur que les balcons. En complément, des systèmes d'occultation extérieurs protègent les baies qui sont toutes équipées de triple vitrage.

Enfin, les logements ont été conçus pour la plupart de manière traversante, pour favoriser la surventilation naturelle.»

Prix ht de construction constatés

Les coûts présentés sont issus du descriptif quantitatif estimatif et du récapitulatif des montants totaux des marchés. Ils ont été actualisés avec l'indice BT01 du mois d'octobre 2012 : 876.6 du JO du 30/01/2013. Les lots indiqués en rouge correspondent aux lots bois.

DESIGNATION	MONTANT actualisé € ht	MT actualisé € ht/m ² - SHON	MT actualisé € ht/m ² - SHAB	% montant du lot ramené au montant sous total de construction
		1 607 m ²	1 177 m ²	
Installation de chantier		compris lot gros-œuvre		
VRD		compris lot terrassement		
Terrassement	98 608	61	84	5 %
Gros-œuvre	119 834	75	102	6 %
Chapes		compris lot gros-œuvre		
Charpente bois	563 098	350	478	29 %
Charpente métallique				
Ossature / structure		compris lot gros-œuvre		
Plancher		compris lot charpente bois		
Menuiserie extérieure	164 513	102	140	9 %
Couverture	47 464	30	40	2 %
Etanchéité	3 080	2	3	1 %
Bardage				
Occultation bois		compris lot menuiserie extérieure		
Occultation PVC				
Occultation métal				
Façades	61 055	38	52	3 %
Isolation				
Serrurerie	133 260	83	113	7 %
Conduits fumées				
Traitement antitermites		compris lot terrassement		
Mur végétal				
Clos couvert	1 190 911	741	1 012	62 %
Menuiserie intérieure	62 437	39	53	3 %
Serrurerie intérieure				
Carrelage faïence	39 989	25	34	2 %
Sols souples	30 639	19	26	2 %
Parquets				
Cloison doublage	114 680	71	97	6 %
Faux plafond		compris lot terrassement		
Peinture	66 306	41	56	3 %
Parachevement	314 050	195	267	16 %
Electricité	140 808	88	120	7 %
Plomberie	108 065	67	92	6 %
VMC	173 677	108	148	9 %
Chauffage		compris lot VMC		
Chaufferie				
Solaire		compris lot équipements		
Photovoltaïque				
Garage				
Ascenseur				
Télévision				
Réseau souple				
Equipements	422 551	263	359	22 %
Sous total construction	1 927 512	1 199	1 638	100 %
Espace vert		compris lot terrassement		
Terrassement		compris lot terrassement		
Démolition				
Aménagements autres				
Aménagements autres 2				
Aménagement extérieur				
Coût total construction	1 927 512	1 199	1 638	

76 logements R+3 à Romainville (93)

Ces 8 bâtiments collectifs en R+3 en ossature bois constituent la première phase d'une opération de 119 logements. CONSTRUCTION 2010



Le programme

Phase 1 : 76 logements en accession et locatifs disposés en 8 plots en R+3 sur l'ancien site industriel Nokia. Garages en rez-de-chaussée.

Les intervenants

- Maître d'ouvrage : Nexity Apollonia, Paris La Défense (92)
- Architecte : Reichen et Robert & Associés, Paris (75)
- BE bois : CBS-CBT, les Ecores (25)
- BE thermique : Cardonnel, Saint-Pierre-du-Perray (91)
- Entreprise : Charpente Houot, Gerardmer (88)

Le choix constructif

Plots en R+3 :

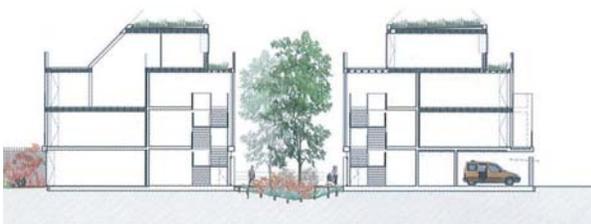
- noyau central et dalle R+1 en béton armé
- niveaux supérieurs à ossature bois (plancher, structure et façades porteuses avec isolant en laine minérale 120 mm), résineux en provenance d'Europe du Nord
- en soubassement, matériau minéral naturel autostable avec ossature légère (type gabion)
- bardage en Mélèze lisse ou plissé
- menuiseries en bois ou acier (pour les verrières, précadres ou menuiseries particulières).

Les caractéristiques générales

Livraison : 2010
Surface SHON : 5800 m²
Surface habitable : 4692 m²
Composition : 76 logements : 63 en accessions (7 bâtiments) et 11 logements sociaux (1 bâtiment)
Coût total de travaux actualisé : 8 519 413 € ht
Performance énergétique : 183 kWhep/m²/an.



COUPE TRANSVERSALE



1_Vue du chantier, les panneaux sont en place avant la pose du bardage.
2_Vue sur l'axe central. 3_Plan de masse.
© Stéphanie Boisson.

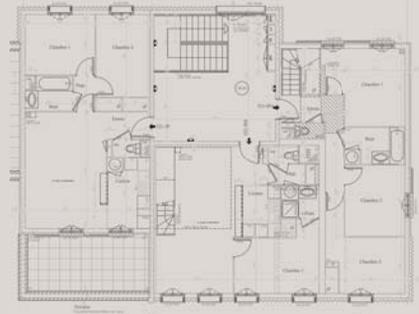
Bilan carbone de l'opération

Cette opération a fait l'objet d'un comparatif entre la technique de construction bois, et une technique traditionnelle béton, sous l'angle du bilan carbone.

Le bilan global équivalent carbone (en tenant compte de l'ensemble des gaz à effet de serre (GES), ramené à un équivalent CO₂) avec la solution bois est de 996 tonnes CO₂ éq. (cf schéma ci-dessous). La même construction réalisée à l'aide de matériaux traditionnels aurait eu pour bilan carbone : 926 tonnes + 880 tonnes, soit un bilan presque 2 fois plus important.



PLAN DU NIVEAU R+1 D'UN PLOT



2



3

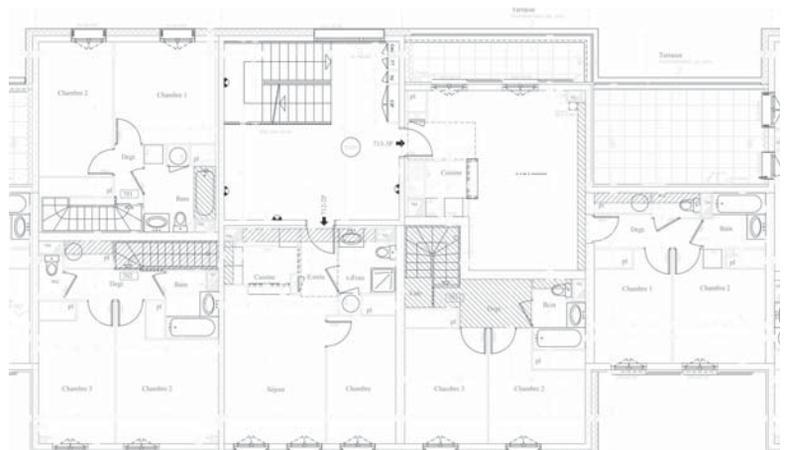
1, 2 & 3_L'axe vertical central est cadré par les façades bois, qui alternent le bardage massif en planches verticales et le panneau 3 plis. 4 & 5_Logements en cours de réalisation. 6_Vue rapprochée sur les planches verticales en Mèlèze et le panneau 3 plis.
© Stéphanie Boisson.

Résultats des mesures acoustiques

Les textes réglementaires applicables sont l'Arrêté du 30 juin 1999 et l'Arrêté du 30 mai 1996, modifié par l'Arrêté du 17 avril 2009. Les mesures sont réalisées selon la norme NFS 31-057.

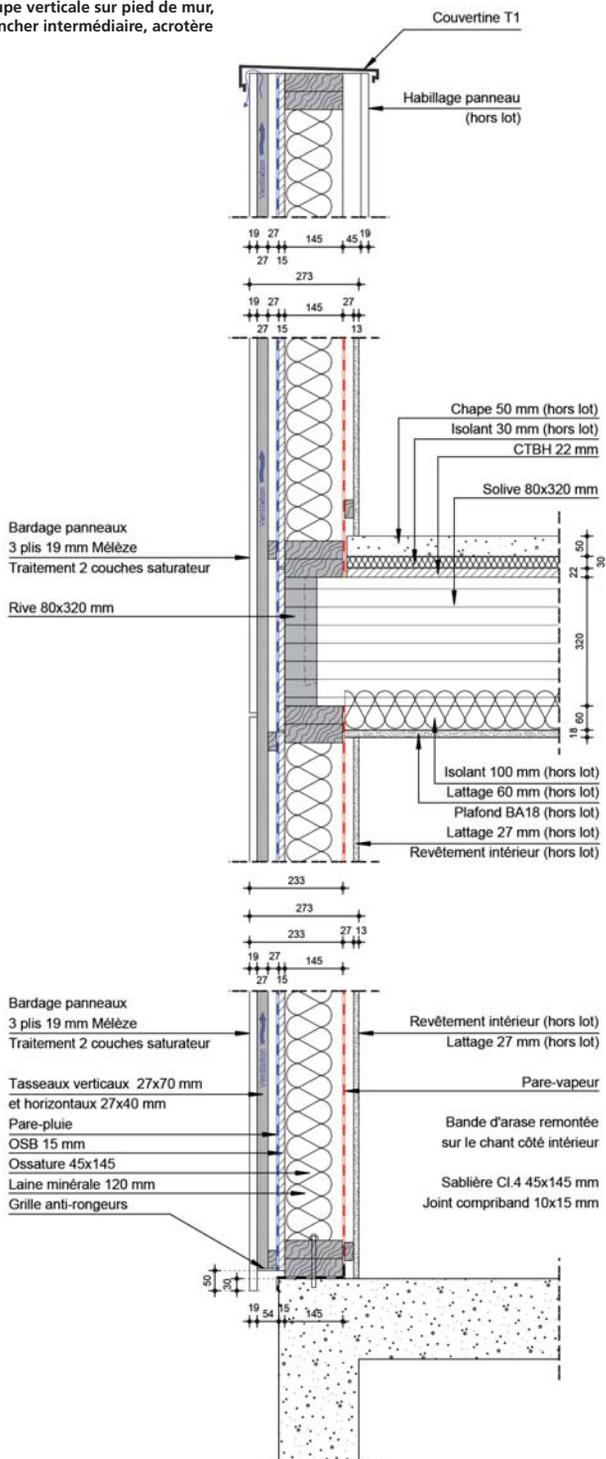
Les mesures d'acoustique n'ont pas été transmises par le maître d'ouvrage. Il a toutefois précisé que les utilisateurs étaient satisfaits du confort acoustique de leurs logements.

PLAN DU REZ-DE-CHAUSSÉE D'UN PLOT



Détails techniques

Coupe verticale sur pied de mur, plancher intermédiaire, acrotère



Alain Monfort, Nexity Apollonia, maître d'ouvrage

« Cette opération était la première que nous faisons en construction bois, nous avons donc pris un bureau d'études bois, CBS, pour nous épauler. En ce qui concerne l'appel d'offres en corps d'états séparés, et plus particulièrement le lot charpente, nous avons consulté trois entreprises. C'est Charpente Houot qui s'est vue attribuer le marché pour les trois phases. »

Pourquoi vous êtes-vous orientés vers une solution bois ?

« Nous avons plusieurs accords avec la ville de Romainville concernant les opérations projetées sur son territoire communal. Nous proposons que chacune décline une thématique en cohérence avec les objectifs municipaux. Leur premier axe était l'Environnement. Il s'est traduit par l'opération baptisée « Bionature » dont nous parlons ici. Le deuxième axe était celui de l'énergie solaire. Pour « Bionature », il va de soi que nous souhaitions utiliser le maximum de matériaux naturels. Dès lors notre choix s'est orienté vers une structure et des parements en bois. Le bureau d'études CBS a fait le bilan carbone de l'opération et un comparatif avec une opération identique en structure conventionnelle en béton. **Il a démontré que le bilan carbone de l'opération bois était deux fois meilleur.** »

Nous avons choisi un cabinet d'architecture de renom, Reichen et Robert & Associés. Au-delà de la structure à ossature bois, les concepteurs se sont orientés vers deux types de parement bois aux expressions contrastées, un parement bois lisse en panneaux trois-plis de 19 mm et un parement structuré (en planches plissées). »

Quels sont vos commentaires sur le déroulement du chantier ?

« Les étanchéités des terrasses extérieures, nombreuses et vastes, ont été très discuté avec le bureau de contrôle. Notre choix de finitions s'était porté sur des dalles bois en Ipé posées sur plots, mais les modalités de l'étanchéité sur plancher bois ont été compliquées à résoudre avec Veritas. Nous étions en effet à mi-chemin entre deux DTU. Nous ne pouvions pas directement coller l'étanchéité sur le plancher bois, nous avons donc été obligés de poser des chapes complémentaires avec un traitement particulier. »

A l'appel d'offres, nous avons craint d'être infructueux. En effet, en raison de la préfabrication, privilégiée pour l'opération, et compte tenu que nous étions hors gabarits d'usine, il n'a pas été simple d'obtenir des réponses pertinentes. Beaucoup d'entreprises de construction bois proposaient des variantes conséquentes pour faire entrer le projet dans leur « process » industriel, leurs gabarits. Ce qui n'était pas possible car il n'y avait pas deux logements identiques et dans ce cas, le projet aurait été dénaté. »

Une fois attribué le lot charpente, nous avons fait l'apprentissage des délais. Nous savions que le temps de chantier serait rapide. »



En revanche, la phase Etudes a pris plus de six mois. Nous nous sommes rendus compte qu'il y avait beaucoup plus de travail pour les plans, les études, les mises au point techniques que ce que nous avons évalué. Nous n'avons donc pas pu démarrer à la date prévue.

Le bon point a été la mutualisation de la grue pour les lots gros-cœuvre et bois. Le levage des panneaux principaux de la structure bois, livrés par camion, puis celui des parements a été fait grâce à la grue du gros-cœuvre.»

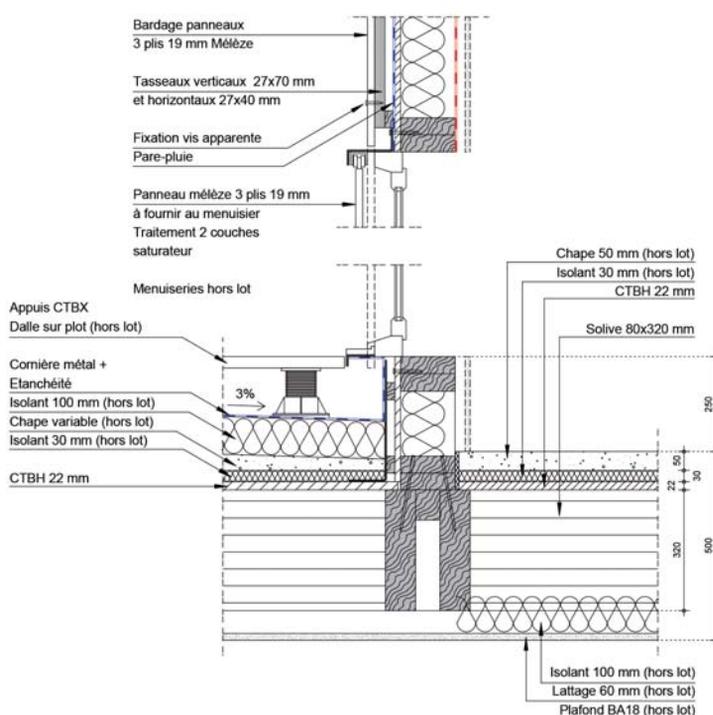
Comment vos futurs acquéreurs perçoivent-ils une construction bois ?

«C'était notre première opération en construction bois. Nous avions anticipé craignant à vrai dire les idées préconçues, les « on dit »... Alors, nous avons préparé des argumentaires « questions-réponses » en amont, et formé nos vendeurs. Finalement, au lancement commercial, les gens ne nous ont pas posé beaucoup de questions. Je pense que la construction bois commence à entrer dans les mœurs, les nouveaux acquéreurs, ne sont pas inquiets.»

Quel traitement avez-vous choisi pour le bardage bois ?

«Comme nous avons opté pour une teinte chaude d'un brun soutenu pour le bardage, afin d'éviter que le bois ne grise dans le temps, nous avons décidé de traiter tous les bois à cœur par saturateur teinté. L'idée était de limiter l'entretien dans le temps. Avec un simple nettoyage, un brossage, on peut réappliquer le saturateur. Nous avons cependant intégré qu'il faut renouveler le traitement tous les trois ans en moyenne. Cela a été pris en compte dans nos charges de copropriété et annoncé aux acquéreurs.»

Détails techniques



Performances thermiques

Détails de la consommation des Bâtiments 2, 3, 4

DÉTAILS	Projet	Référence	Ecart en %
Ubat du bâtiment	0,623	0,657	-5
Coefficient Cep (kWh énergie primaire / m²)	183,2	202,3	-10
CHAUFFAGE			
Électrique	94 659	112 422	16
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	100,5	119,36	16
REFROIDISSEMENT			
EAU CHAUDE SANITAIRE			
Électrique	68 799	66 095	-4
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	73,05	70,18	-4
ECLAIRAGE			
Électrique	5 731	6 119	6
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	6,08	6,5	6
AUXILIAIRES			
Ventilateurs (électrique)	3 328	5 912	44
Vent - Total énergie primaire (kWh EP/m²)	3,53	6,28	44

1_Vue sur le passage couvert. 2_Vue sur l'espace vert central. 3_La vêtue alterne un bardage en bois massif, fait de lames verticales posées en V et un bardage en panneau 3 plis. 4_L'alternance des volumes et des vêtues créent la dynamique de la vue en perspective. © Stéphanie Boisson.



Volume de bois mis en œuvre

Estimation effectuée avec la méthode de calcul fixant le volume de bois incorporé dans certaines constructions, selon l'Arrêté du 13 septembre 2010.

Volume total de bois dans l'ouvrage (m ³)	513
Surface hors œuvre nette de l'ouvrage (SHON en m ²)	5 800
Volume de bois (dm ³ /m ² SHON)	88



Caractéristiques de l'opération

Typologie	76 logements : 63 en accessions (8 bâtiments) et 11 logements sociaux (1 bâtiment). Classement feu 2 ^{ème} famille.
Construction	8 bâtiments en R+3 sur 2 rangées d'immeuble en vis-à-vis. Hauteur 10,6m. Garage en rez-de-chaussée.
Structure	Façade béton au rez-de-chaussée. Ossature bois porteuse à partir du R+1. Toiture terrasse végétalisée et terrasses privatives. Plancher bois composite.
Isolant	Sous-face plancher locaux non chauffés et plancher bas sur l'extérieur : 125 mm de fibrastyrène. Doublage interne façade béton : 100 mm de laine minérale. Plancher bas sur commerce : 80 mm de polystyrène PSE. Ossature bois : 120 mm de laine minérale.
Menuiserie extérieure	Menuiserie en bois peint. $U_w \leq 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ / $U_{jn} \leq 1,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ pour baies vitrées. $U \leq 1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ pour portes palières et porte d'entrée sur l'extérieur.
Vêture	Bois Mélèze classe 3.
Vitrage	Double vitrage 4/16/4.
Occultation	Persienne métallique. Volet coulissant bois, 3 plis Mélèze avec saturateur.
Ventilation	VMC simple flux, hygroréglable B pour tous les logements. Bouche en menuiserie hygroréglable.
Chauffage	Logements sociaux : chaudière gaz individuelle à ventouse, radiateur acier. Logements accessions : convecteur électrique et panneaux rayonnants (séjours, studios).
Eau chaude sanitaire	Ballons d'eau chaude sanitaire verticaux (100L T1, 150L T2, 200L T3, 300L T4 et T5) à raccorder sur poêle à bois. Logements sociaux : gaz et électrique. Logements accessions : électrique.
Label	RT 2005 au sens des ThCE.

Agnès Defer, agence Reichen
et Robert & associés, architecte

Comment a été initiée l'opération ?

«Nous avons reçu une commande directe de Nexity Apollonia. Dans un premier temps, nous avons travaillé avec la ville de Romainville et Nexity A, pour une étude urbaine consistant à repérer des terrains appartenant à la Ville, à les caractériser pour faire émerger des programmes d'opérations thématiques qualifiant ainsi un parcours urbain, dans le cadre du partenariat entre le promoteur et la ville de Romainville.

C'est ainsi qu'a émergé un premier site où l'esprit d'un projet « bois » s'est imposé au regard du thème Environnement.

Sur la parcelle, il y a 99 logements dont 76 en bois. Compte tenu de la nécessité de trouver des parkings enterrés, nous avons implanté 25 logements sur la rue de Romainville, en béton avec des fondations abritant une majorité de parkings.

En cœur de parcelle, en revanche, nous avons proposé une logique d'îlots à forte identité bois, dans une typologie de logements intermédiaires pourvus de garages-box en rez-de-chaussée.

Ce parti régit toute la composition architecturale du projet en cohérence avec le parcellaire et la voirie vernaculaire de Romainville constitués de venelles, de « lanières » piétonnes, offrant des percées dans le mail urbain. Pour conserver cette hiérarchie des espaces, nous avons désolidarisé les parcours piétons et voitures et différencié les gabarits. En cœur de parcelle, on trouve des plots et des bâtiments R+2 articulés le long d'une noue centrale.»

Quelle mission vous a confié Nexity Apollonia ?

«Nexity A est connu pour avoir une bonne équipe technique assurant la maîtrise d'œuvre en interne ; de ce fait, notre mission d'architecte était cadrée aux études préalables et au dépôt du permis de construire

accompagné d'un carnet de détails de principes architecturaux. Pour le PRO, le DCE et les plans de vente, Nexity Apollonia fait intervenir son service d'architecture interne. Nous avons travaillé avec eux pour garder le cap, au fil de l'évolution du projet et vérifier qu'il restait conforme à nos attentes et au permis de construire.

Lors de la consultation des entreprises, le promoteur a joint notre carnet de principes architecturaux. Même si nous ne nous chargeons pas de cette consultation, nous avons regardé de près le carnet de détails fourni au DCE qui restait volontairement au niveau des intentions et des principes pour permettre une discussion avec les entreprises retenues. Au moment du chantier, notre équipe était présente pour la mise au point des détails EXE des entreprises. Cette façon de faire, itérative, est vraiment spécifique à Nexity Apollonia.

Je pense que cette consultation nous a permis d'avoir un projet de qualité grâce à l'investissement en interne des personnes de Nexity A, mobilisant les mêmes acteurs du début à la fin. La méthode a également permis d'accélérer les négociations avec les entreprises pour que les détails qu'elles proposaient soient validés par nos soins.»

Cette mission vous a-t-elle satisfaite en tant qu'architecte ?

«Comme nous l'avons vu, notre mission s'est arrêtée au permis de construire incluant un carnet de détails de principes architecturaux qui ont servi à l'élaboration des détails EXE des entreprises. Nous n'avons pas participé aux négociations avec les entreprises. Cependant, celles-ci nous ont consultés, officieusement, pour leur mise au point. J'ai apprécié de travailler ainsi, mais c'est pourtant très risqué car nous n'avons aucun contrôle du suivi. Cela ne peut fonctionner que dans le cadre d'un vrai partenariat entre les deux équipes, un vrai respect du projet initial, une vraie confiance. C'est une gageure, pour eux comme pour nous.»

A quels lots a répondu votre entreprise ?

«L'allotissement était classique et nous avons pris les 2 lots « revêtement de façade » (bardage) et « charpente ».

Nous avons mis en œuvre des murs à ossatures comprenant l'isolant et le pare vapeur mais pas les menuiseries extérieures.»

Comment s'est passé l'interface avec les autres lots ?

«Une des difficultés que l'on rencontre régulièrement en construction bois est la collecte des détails des autres lots dont nous avons besoin très tôt puisque nous devons donner nos descentes de charges au gros-œuvre, pour le calcul des fondations et l'organisation de leurs lots. Pour ce faire, nous avons besoin des détails des lots connexes, ceux du menuisier, du serrurier et du couvreur. Mais ces entreprises sont souvent désignées tard par le MO, ce qui nous pose régulièrement des problèmes. Sur des chantiers bois à forte préfabrication comme celui-ci, **nous aurions besoin que tous les lots soient désignés dès le début pour permettre les mises au point techniques.**

Sur ce chantier, le serrurier a été nommé un peu tard... il y avait notamment des détails d'accroche de garde-corps sur des relevés d'acrotère qui nous ont retardés.

Concernant l'étanchéité à l'air, celle-ci nous incombait mais nous n'étions pas soumis aux tests d'étanchéité à l'époque.

Une autre difficulté d'un chantier GO-BOIS est le passage des fluides. Il doit être anticipé car en technique sèche, nous n'avons pas de dalle pour noyer les réseaux. Il faut ménager un système permettant de passer les fourreaux électriques pour éviter de percer le pare-vapeur.»

Avez-vous rencontré des problèmes particuliers sur le chantier ?

«L'accès des véhicules de chantier, en périphérie des logements, était problématique. En effet, la terre est meuble et nous avons eu des difficultés pour tourner autour des bâtiments. Autant sur certains projets, nous avons un enrobé et donc une sous-couche en grave permettant de rouler tranquillement, autant là, pour nos engins cela n'a pas été facile.

Nous avons rencontré des difficultés pour circuler autour des bâtiments avec nos engins de chantier (nacelles, grue, chariots élévateurs). Il n'était pas prévu de réaliser une sous-couche stable entre les bâtiments, ces difficultés de circulation nous ont retardés.

Il nous incombait aussi de réaliser et de maintenir les sécurités collectives. C'était assez inhabituel pour des charpentiers, mais puisque nous réalisons le gros-œuvre, ainsi que les escaliers, nous avons dû installer et maintenir les gardes corps, les escaliers provisoires. Depuis ce chantier nous avons investi dans du matériel spécifique.»



Prix ht de construction constatés

Les coûts présentés sont issus du décompte fourni par le maître d'ouvrage. Ils ont été actualisés avec l'indice BT01 du mois d'octobre 2012 : 876.6 du JO du 30/01/2013. Les lots indiqués en rouge correspondent aux lots bois.

DESIGNATION	MONTANT actualisé € ht	MT actualisé € ht/m ² - SHON	MT actualisé € ht/m ² - SHAB	% montant du lot ramené au montant sous total de construction
		5 800 m ²	4 692 m ²	
Installation de chantier	214 035	37	46	3%
VRD	388 901	67	83	5%
Terrassement				
Gros-œuvre	1 869 281	322	398	25%
Chapes				
Charpente bois				
Charpente métallique				
Ossature / structure	482 837	83	103	6%
Plancher	239 132	41	51	3%
Menuiserie extérieure	261 981	45	56	3%
Couverture	288 919	50	62	4%
Etanchéité				
Bardage	640 959	111	137	8%
Occultation bois	110 459	19	24	1%
Occultation PVC				
Occultation métal	129 200	22	28	2%
Façades	56 091	10	12	1%
Isolation	35 102	6	7	1%
Serrurerie	211 853	37	45	3%
Conduits fumées				
Traitement antitermites				
Mur végétal				
Clos couvert	4 928 750	850	1 050	65%
Menuiserie intérieure	292 094	50	62	4%
Serrurerie intérieure	197 714	34	42	3%
Carrelage faïence	140 756	24	30	2%
Sols souples	47 624	8	10	1%
Parquets	152 397	26	32	2%
Cloison doublage	491 057	85	105	6%
Faux plafond				
Peinture	256 112	44	55	3%
Parachevement	1 577 753	272	336	21%
Electricité	421 962	73	90	5%
Plomberie	457 191	79	97	6%
VMC	74 558	13	16	1%
Chauffage	102 485	18	22	1%
Chaufferie				
Solaire				
Photovoltaïque				
Garage				
Ascenseur	28 574	5	6	1%
Télévision				
Réseau souple				
Equipements	1 084 770	187	231	14%
Sous total construction	7 591 273	1 309	1 618	1
Espace vert				
Terrassement	876 283	151	187	
Démolition	51 857	9	11	
Aménagements autres				
Aménagements autres 2				
Aménagement extérieur	928 140	160	198	
Coût total construction	8 519 413	1 469	1 816	

1_Le bâtiment est bâché pour préserver la qualité des composants préfabriqués.

Ex 3

39 logements passifs R+4 à Dijon (21)

Un immeuble basse consommation à l'architecture bioclimatique, en mixité bois-béton avec les murs ossature bois entre dalles. CONSTRUCTION 2012



Le programme

Réalisation de 39 logements sociaux en R+4 avec une toiture terrasse végétalisée, standard passif dans un éco-quartier (label EFFINERGIE). Cette opération est lauréate de l'appel à projets 2009 "Bâtiments Basse Energie" du Conseil Régional de Bourgogne.

Les intervenants

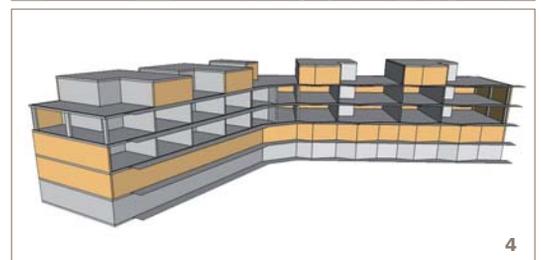
- Maître d'ouvrage : Villéo, Dijon (21)
- Architecte : A2A Architectes, Dijon (21)
- BE Structure : Sylvaconseil, Clermont-Ferrand (63)
- BE Thermique : CSI, Dijon (21)
- BE Acoustique : Socotec, Dijon (21)
- BE Structure béton : Bureaux d'études Dijonnais, Dijon (21)
- Entreprise : Socopa, Vagny (88).

Le choix constructif

La structure du bâtiment est mixte avec les murs de refend en béton et les murs extérieurs en ossature bois. Elle comprend 5 cages d'escaliers desservant 7 à 8 logements avec 2 logements par palier.

Les caractéristiques générales

Livraison : 2012
 Surface SHON : 3 499m²
 Surface habitable : 2 858m²
 Composition : 39 logements soit 32 PLUS et 7 PLAI (8 T2, 15 T3, 12 T4, 4 T5)
 Coût total de travaux actualisé : 4 215 010€ ht
 Performance énergétique : 74 kWh/m²/an.



PLAN DU NIVEAU R+1



1_La structure poteaux-poutres béton est prête à recevoir les panneaux ossature bois. 2_Vue sur la façade principale. 3_Plan de masse. 4_Axonométrie du principe constructif.

Résultats des mesures d'infiltrométrie

Tests réalisés conformément à la norme **NF EN 13829** et **GA P50-784**, selon les Arrêtés du **24 mai 2006** relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment et du **13 juin 2008** relatif à la performance énergétique des bâtiments existants.

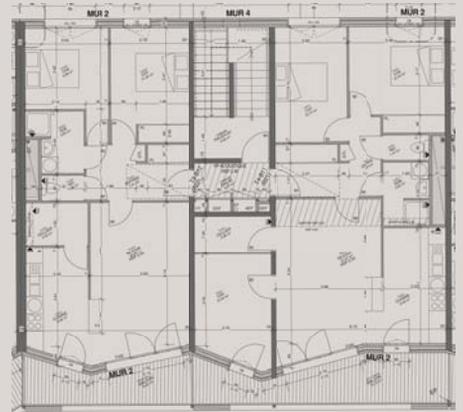


POUR LE LOGEMENT COLLECTIF	RT 2005	Q4Pa-Surf	n50	ATbat
	BBC Effinergie	1	≈ 2,2	
	Passif	≈ 0,28	0,6	
Logement E12		0,17	0,41	68,65
Logement E22		0,24	0,48	68,65
Logement E32		0,15	0,63	121,22
Logement E02		0,16	0,58	68,65
Logement A11		0,25	0,55	89,25
Logement B31		0,16	0,53	143,13
Résultats de l'échantillonnage*		0,18	0,53	

Q4Pa-Surf : perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa de différentiel de pression, en m³/(h.m²).
 n50 : taux de renouvellement d'air sous 50 Pa de différentiel de pression, en vol/h.
 ATbat : surface de parois déperditives, hors planchers bas, en m².

* Selon la règle d'échantillonnage définie dans le guide d'application GA P 50-784, pour un ensemble supérieur à 30 logements, il faut tester 6 logements ayant les plus grandes valeurs de PI+PVI/SHI et étant répartis aux niveaux extrêmes et un au niveau intermédiaire.

PLANS DE DEUX APPARTEMENTS



2



3



4

1_Vue générale du bâtiment. 2_La structure principale est composée d'un poteau poutre et dalle béton. 3_ Les panneaux ossature bois préfabriqués intègrent le panneau ossature bois, l'isolant, le pare-vapeur et une protection temporaire côté extérieur. 4_Un film protège temporairement les panneaux en attendant la pose de l'ITE. 5_Le bâtiment est échafaudé pour recevoir l'ITE.

Résultats des mesures acoustiques

Mesures acoustiques

Isolement vis-à-vis du bruit de l'espace extérieur.

Contexte contractuel : Certification Qualitel et Habitat & Environnement.

Les textes réglementaires applicables sont l'Arrêté du 30 juin 1999 et l'Arrêté du 30 mai 1996, modifié par l'Arrêté du 17 avril 2009. Les mesures sont réalisées selon la norme NFS 31-057.

Résultats des mesures acoustiques entre intérieur et extérieur	Objectif en dB	Valeurs mesurées en dB
Isolement de façade séjour	DnT,A,tr ≥ 38	37
Isolement de façade chambre	DnT,A,tr ≥ 37	38

Il est toléré un écart de 3 dB vis-à-vis de l'objectif afin de tenir compte des incertitudes de mesure.

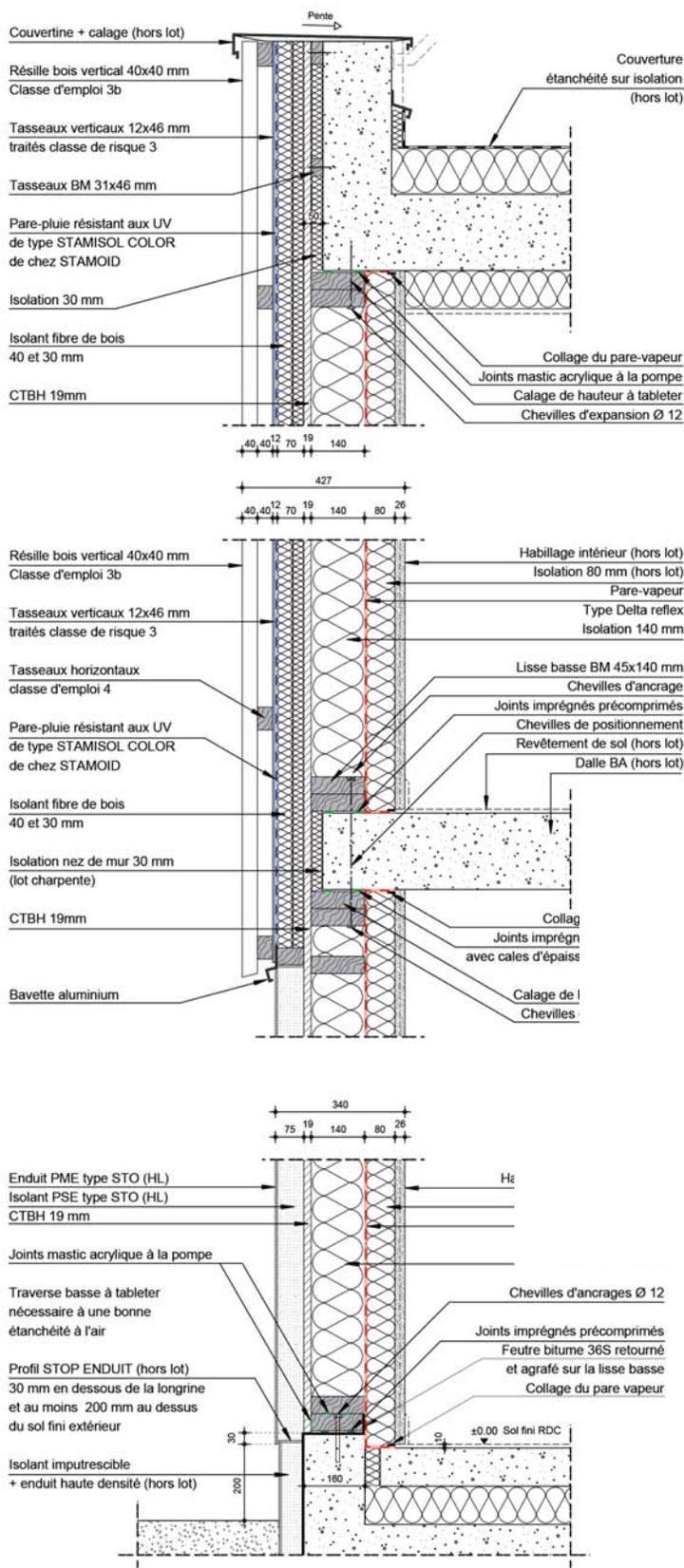
C = conforme ou conforme dans l'incertitude de mesure.

NC = non conforme à l'objectif.

COUPE TRANSVERSALE



Détails techniques



Villéo,
maître d'ouvrage

Quel était le contexte de l'opération ?

«Ce terrain d'une superficie de 1,6 ha, situé en zone ANRU, accueillait autrefois un collège. Sur la friche, la ville de Dijon souhaitait conjuguer la création d'un éco-quartier avec un programme de logements sociaux à caractère écologique. C'est ainsi que la ville de Dijon a contacté Villéo.»

Comment a été choisie la maîtrise d'œuvre ?

«Les réponses à l'appel à candidature étaient nombreuses et venaient de tous horizons. Cependant, pour faciliter les futurs échanges, Villéo souhaitait trouver un interlocuteur régional. Le cabinet A2A, privilégiant le dialogue constructif, répondait le mieux. Le bureau d'études Enertech avait été retenu par la Région. Le projet a été validé au fur et à mesure. Pour l'appel d'offres, les réponses d'entreprises étaient également plus nombreuses qu'à l'accoutumée.»

Ce projet s'inscrivait dans le cadre d'un appel à projet de la région Bourgogne d'où émergeaient deux axes, la performance thermique du bâtiment et un recours au bois, de manière significative. Le caractère bioclimatique de la construction faisait également parti du cahier des charges, mentionnant des logements traversant et un travail sur l'orientation en vue d'optimiser toutes les performances du bâtiment avant même de travailler sur l'enveloppe.»

Quels étaient les objectifs du projet ?

«Ambitieux, puisque Villéo souhaitait livrer un bâtiment à très basse consommation énergétique, sans toutefois viser le standard passif. À titre d'exemple, les logements sont équipés de prises de courant avec interrupteur « on/off », d'ampoules basse consommation... ce qui est rarement le cas. En parallèle, Villéo a entrepris de former les locataires aux nouveaux usages induits par le bâtiment. Les choses vont doucement, et c'est une école de la patience d'amener les gens à modifier leurs habitudes, à adopter les bons gestes. Le bâtiment sera instrumenté pour un suivi des consommations sur deux ans. Cependant, les locataires changent, les premiers occupants, formés s'en vont et les acquis se perdent. Il faudra pourtant trouver le moyen d'organiser la transmission des connaissances pour optimiser l'usage des bâtiments et les investissements consentis.»

Quelles ont été les difficultés rencontrées ?

«Le travail itératif en amont avec l'équipe de maîtrise d'œuvre a permis d'éviter les écueils. Le projet est situé en bordure d'une voie relativement passante, il était impératif d'être vigilant dès le début des études aux questions acoustiques. Ne sachant pas si les murs en ossature bois allaient être efficaces contre le bruit, Villéo a fait des relevés de contrôle in situ qui ont finalement validé l'option bois.»



Quid de l'étanchéité à l'air ?

«L'appel à projet exigeait des résultats d'étanchéité à l'air extrêmement performants puisque Villéo visait le standard BBC. Les premiers essais n'ont pas été satisfaisants à cause des traversées de paroi. La qualité de l'étanchéité à l'air concerne tous les acteurs, du projet jusqu'au chantier. Avec l'aide d'ELITHIS, toutes les entreprises ont été sensibilisées à l'importance du film pare-vapeur assurant l'étanchéité à l'air pour que le travail de SOCOPA, le charpentier en charge du clos-couvert bois, ne soit pas altéré par les autres corps d'états intervenant après lui. Ce chantier a été formateur pour les entreprises locales, à tous points de vue. Non seulement les entreprises s'engageaient, conformément au cahier des charges, à faire participer leurs compagnons à quelques matinées de formation sur l'étanchéité à l'air, mais encore les conditions mêmes du chantier étaient didactiques. Au fil du chantier chacun a compris que la réussite de l'étanchéité, c'est le travail de tous.»

Quel type de VMC a été mis en place ?

«Deux cages d'escalier de ce bâtiment ont été équipées d'une VMC double-flux et les autres ont reçu des VMC hygro-réglables classiques. L'impact des différentes options sera mesuré. Nous avons quelques réserves sur les performances de la VMC double flux, car ce type d'équipement requiert de l'entretien or les locataires ne laissent pas facilement l'accès à leur logement. Il a été constaté régulièrement l'obturation des bouches de ventilation dans les appartements quand les occupants ont une sensation de courant d'air. Afin d'éviter ces désordres et d'autres comme le perçage de trous dans les menuiseries (et donc l'étanchéité), il sera utile d'informer les locataires des bonnes pratiques d'utilisation pour ces logements basse consommation.»



Performances thermiques

Le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont produits par une chaudière collective à granulés bois alimentant des radiateurs. Une partie des cages d'escaliers est équipée en ventilation double flux et l'autre en simple flux hygro-réglable.

Cette opération est lauréate de l'appel à projets 2009 "Bâtiments Basse Energie" du Conseil régional de Bourgogne.

Les consommations prévisionnelles d'énergie sont estimées à 12 kWh_{ep}/an.m² SHAB pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire et à 107 kWh_{ep}/an.m² SHAB pour tous les usages.

Bâtiment n°01 : 39 logements Epirey

Surface SHON prise en compte pour le calcul RT 2005 : 3 397 m².

Surface SHON prise en compte pour le label BBC EFFINERGIE : 3 376 m².

DÉTAILS	Projet	Référence	Ecart en %
Ubat du bâtiment	0,501	0,696	28
Coefficient Cep (kWh énergie primaire / m²)	74,56	140,25	46,84
Coefficient Cep BBC Effinergie	52,49	60	13
CHAUFFAGE			
Bois	79 225	254 419	69
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	23,32	74,9	69
REFROIDISSEMENT			
EAU CHAUDE SANITAIRE			
Bois	110 840	153 759	28
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	32,63	45,26	28
ECLAIRAGE			
Électrique	9 099	8 943	-2
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	6,91	6,79	-2
AUXILIAIRES			
Électrique	2 256	4 600	51
Ventilateurs (électrique)	13 140	12 909	-2
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	1,71	3,49	51
Vent - Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	9,98	9,8	-2

U22Win 2005 V. 4.8.0 évalué EVAL - 2010.02 - Licence 3250 - Calculs réalisés avec le moteur ThCE2005 (V1.1.3 du 12/12/08) conçu par le CSTB.

1&2 Le bois est ponctuellement apparent à travers les volets coulissants, l'ensemble de la façade étant recouvert d'un isolant avec enduit mince. **3&4** Les menuiseries sont en bois aluminium ; elles sont posées en applique sur un précadre bois.



Volume de bois mis en œuvre

Estimation effectuée avec la méthode de calcul fixant le volume de bois incorporé dans certaines constructions, selon l'Arrêté du 13 septembre 2010.

Volume total de bois dans l'ouvrage (m³)	158
Surface hors œuvre nette de l'ouvrage (SHON en m²)	3 499
Volume de bois (dm³/m² SHON)	45



Caractéristiques de l'opération

Typologie	39 logements soit 32 PLUS et 7 PLAI (8 T2, 15 T3, 12 T4, 4 T5)
Construction	1 bâtiment hauteur 14m, en R+3 et 4 duplex en R+4. Logements rez-de-chaussée avec terrasse et jardinets. 5 cages d'escalier desservant 7 à 8 logements chacune avec 2 logements par palier. Sous-sol en vide sanitaire.
Structure	Structure mixte béton-bois. Façade non porteuse en ossature bois, pose entre dalles béton. Toiture terrasse végétalisée.
Isolant	Murs ossature bois : 70 mm d'isolation par l'extérieur type collé. 140 mm de laine minérale entre ossature, 80 mm de laine minérale en contre isolation intérieure. Murs ossature bois des logements R+4 et cage d'escalier : 70 mm de fibre de bois. 140 mm de laine minérale entre ossature, 80 mm de laine minérale en contre isolation intérieure. Logements sur locaux non chauffés : 160 mm de laine de verre. Toiture : 12 cm de polyuréthane + 16 cm de polystyrène.
Menuiserie extérieure	Bois / alu. Uw = 1.37 W/m ² .C. pour fenêtre. U ≤ 1,20 W/m ² .C pour porte d'accès logements. U ≤ 1,60 W/m ² .C pour porte d'accès cages d'escalier.
Vêture	Enduit extérieur STO sur isolant, Douglas purgé d'aubier en parties hautes.
Vitrage	Double vitrage 4/16/4. Ug = 1.10 W/m ² .C.
Occultation	Panneaux coulissants aluminium et bois en tête de balcon. Store à lamelles empilables.
Ventilation	VMC Simple flux Hygro B. Double flux avec récupérateur de chaleur pour ventilation collective.
Chauffage	Chaudière biomasse Bois alimentée par vis sans fin. Distribution par radiateurs aciers.
Eau chaude sanitaire	Production par chaudière biomasse avec récupération des eaux grises sur échangeurs pour préchauffage de l'ECS.
Label	RT2005 au sens des ThCE. Label BBC 2005, option EFFINERGIE après le 01/10/2009.

Guillaume Deneff,
entreprise SOCOPA

Comment les lots ont-ils été décomposés ?

«Sur ce chantier, les lots étaient complètement séparés, à plus forte raison parce que Sylva Conseil était le bureau d'études structure bois. C'est leur habitude de décomposer les lots et de laisser à chacun exercer son savoir-faire. Nous avions donc les lots façade - ossature bois - bardage bois, en lots « très » séparés. La partie isolation / pare-vapeur a pu être intégrée dans nos lots parce que nous avions un système de pose entre dalle et que le pare-vapeur passait devant le nez de dalle. De ce fait, l'isolation et le pare-vapeur ont été intégrés au lot ossature bois par Sylva Conseil.»

Comment avez-vous posé le pare-vapeur ?

«Le pare-vapeur est à l'intérieur du panneau de bois et contourne les poteaux en béton et les nez de dalle par l'extérieur. Pour la mise en œuvre, il fallait mettre en place des bandes de pare-vapeur au moment du levage mais les garder en attente avant de positionner le mur. Ces bandes de pare-vapeur une fois rejointes contournaient le gros-œuvre. Nous terminions en fixant ces bandes par adhésif sur le pare-vapeur déjà en place du mur ossature bois.»

Quelle a été la difficulté rencontrée pour la pose entre dalle ?

«Cette opération nous incite à ne plus poser d'ossature bois entre dalle, notamment à cause de problèmes d'interface béton-bois, de tolérances sur les dimensions et du temps passé pour les calfeutrements...etc. Nous triplons nos temps de pose.»

Peut-on mettre un enduit sur isolant avec des panneaux ossature bois devant les dalles ?

«L'avis technique de l'enduit STO pour ossature bois s'applique aux bâtiments de 3 niveaux maximum. Il ne peut donc pas « à priori » être posé sur un immeuble multi niveaux en ossature bois, ou sur un système mixte bois-béton avec des panneaux devant les dalles ; mais dans cette opération où les panneaux ossature bois sont installés entre dalle, nous considérons que l'on a un comportement de structure béton. Dès lors, le bureau de contrôle a accepté l'application d'un enduit STO. Cela dit, il existe d'autres solutions chez STO, par exemple des solutions d'enduit sur plaque rigide qui ont des Avis Techniques sur l'ossature bois pour des hauteurs dépassant trois étages, en parement.»

En fait, le choix du système de revêtement pour un bâtiment en mixité bois-béton est une question de préparation de dossier. Par exemple, sur l'immeuble de 7 niveaux « le Sunway » à Lyon, bien que l'ossature bois passe devant les dalles, nous avons appliqué un enduit STO en façade grâce à une procédure spécifique d'assurance chantier.

Le vrai sujet entre le mur rideau bois devant dalle et le mur bois entre dalles c'est le temps de mise en œuvre qui est multiplié par trois quand nous sommes entre dalles, donc forcément le prix au mètre carré de la façade est impacté. Aujourd'hui si on veut faire du mur-rideau en ossature bois à grande échelle, il faut chercher à réduire un peu les coûts.»

Une architecture bioclimatique difficultés de chantier

Comment était organisée la consultation de maîtrise d'œuvre ?

«Le maître d'ouvrage Villéo, bailleur social, a lancé un concours d'architecture sur engagement performantiel, avec un cahier des charges réalisé par Françoise-Hélène Jourda (Eo-cité), Elithis, assistant à maître d'ouvrage pour les questions énergétiques et un paysagiste, Babylone. Il s'agissait donc de performances à atteindre, d'engagements de la part de l'architecte avec ses bureaux d'études. Nous avons été retenus parmi cinq équipes, sur projet et audition avec le maître d'ouvrage. Suite à quoi, on a lancé avec Villéo un appel d'offres classique dans la presse.»

Quel est le principe constructif ?

«Un système mixte. Le gros-œuvre est constitué d'un système primaire en poteaux-poutres et dalle béton dans lequel le charpentier est venu insérer la structure bois, comme une boîte à œufs. Elle est constituée d'une ossature de 14 cm d'épaisseur pénétrant de 10 cm sur les dalles. Ce dispositif nous a permis de renforcer l'isolation des nez-de-dalle et des murs de refend par un panneau en fibres de bois. À l'intérieur, le doublage est constitué de deux plaques de BA13, pour l'acoustique notamment, renforcé par une contrecloison Duo Tech® au droit des volets roulants. Les deux plaques de BA13 sont collées en usine ce qui permet de gagner 3 ou 4 dB d'affaiblissement.»

Comment s'est déroulée la pose des murs bois ?

«Pour chaque logement, les murs ont été livrés par panneaux et posés entre deux refends, dalle basse et dalle haute. Les murs étaient préfabriqués en ateliers. Chaque panneau arrivait avec son OSB extérieur, son ossature de 140mm, son isolation dans l'épaisseur de l'ossature et son frein-vapeur scotché en usine.

Pour minimiser les pertes thermiques au droit du volet roulant, nous avons choisi des volets roulants suisses de marque Griesser (Rolpac). Ils ont la caractéristique d'avoir des lames empilables et non enroulables. De ce fait, les coffres de volets sont plus minces (13 cm) et s'inscrivent sans débord dans une ossature de 140mm.»

Quelles solutions avez-vous mis en œuvre pour répondre à l'approche bioclimatique ?

«Une toiture-terrasse en béton, végétalisée, apporte de l'inertie et du confort thermique. Plutôt qu'un simple bassin de rétention d'eau, nous avons conçu un bassin d'infiltration qui récupère les eaux de tous les immeubles du quartier avec rejet minimisé dans le réseau urbain.

Cet immeuble est très expérimental pour le maître d'ouvrage et pour les occupants. Nous y avons initié plusieurs nouveautés à commencer par un système de récupération d'eaux grises. Celles-ci sont récupérées en pied des cages d'escalier avec un échangeur à plaque. Cela concerne l'énergie de l'eau des lave-linges, qui est à 40°C au moment de l'évacuation. Avec ces calories, on préchauffe l'eau chaude sanitaire, c'est-à-dire l'eau entrant dans le bâtiment, avant de la mettre dans le ballon d'eau chaude.»

Le bâtiment peut-il être qualifié de passif?

«Le bâtiment n'a pas été labellisé par La Maison Passive mais il est, en quelque sorte «labellisé» par la région Bourgogne. La région Bourgogne a lancé des appels à projet sur des bâtiments basse consommation et a accepté notre projet sous réserve que les consommations atteignent les niveaux d'exigence du BEPOS.

Nous avons opté pour un chauffage au bois plutôt que pour la chaufferie micro-gaz prévue initialement prévue dans l'appel à projet. Nous sommes à 100 kWh/m² tous usages confondus et 14 kWh/m² pour le chauffage quand La Maison Passive en demande 15. Nous sommes donc dans un cadre passif mais non labellisé. Je veux aussi souligner l'excellente coopération avec le maître d'ouvrage sans laquelle nous n'aurions pas réussi à relever ce défi : il est très important que l'architecte et le maître d'ouvrage soient dans la même vision des choses.

Prix ht de construction constatés

Les coûts présentés sont issus du décompte fourni par le maître d'ouvrage. Ils ont été actualisés avec l'indice BT01 du mois d'octobre 2012 : 876.6 du JO du 30/01/2013. Les lots indiqués en rouge correspondent aux lots bois.

DESIGNATION	MONTANT actualisé € ht	MT actualisé € ht/m ² - SHON	MT actualisé € ht/m ² - SHAB	% montant du lot ramené au montant sous total de construction
		3 499 m ²	2 858 m ²	
Installation de chantier				
VRD				
Terrassement				
Gros-œuvre	798 487	228	279	21 %
Chapes				
Charpente bois	compris lot ossature / structure			
Charpente métallique	304 234	87	106	8 %
Ossature / structure	377 346	108	132	9 %
Plancher				
Menuiserie extérieure	487 840	139	171	13 %
Couverture	17 972	5	6	1 %
Etanchéité	110 087	31	39	2 %
Bardage	compris lot ossature / structure			
Occultation bois				
Occultation PVC				
Occultation métal				
Façades	96 545	28	34	2 %
Isolation				
Serrurerie	221 997	63	78	6 %
Conduits fumées				
Traitement antitermites				
Mur végétal				
Clos couvert	2 414 508	690	845	62 %
Menuiserie intérieure	157 970	45	55	4 %
Serrurerie intérieure				
Carrelage faïence				
Sols souples	177 181	51	62	5 %
Parquets				
Cloison doublage	169 290	48	59	4 %
Faux plafond				
Peinture	154 634	44	54	4 %
Parachèvement	659 075	188	231	17 %
Electricité	236 443	68	83	6 %
Plomberie	218 243	62	76	6 %
VMC	329 393	94	115	8 %
Chauffage	compris lot VMC			
Chaufferie				
Solaire				
Photovoltaïque				
Garage				
Ascenseur				
Télévision	17 927	5	6	1 %
Réseau souple				
Equipements	802 006	229	281	21 %
Sous total construction	3 875 589	1 108	1 356	100 %
Espace vert	43 700	12	15	
Terrassement				
Démolition				
Aménagements autres	295 721	85	103	
Aménagements autres 2	4 946	1	2	
Aménagement extérieur	339 421	97	119	
Coût total construction	4 215 010	1 205	1 475	

Ex 4

64 logements BBC R+4 à Angers (49)

Première tranche d'une opération de logements BBC collectifs et individuels en façade ossature bois et plancher bois béton. CONSTRUCTION 2012/2013



Le programme

L'éco-quartier « Les Prés » se compose de deux ensembles : 41 logements en location sociale répartis en 37 logements et 4 maisons de ville et 23 logements en accession répartis en 22 logements et 1 maison de ville. En tout, 6 bâtiments de R+1 jusqu'à R+4. 69 parkings en sous-sol.

Les intervenants

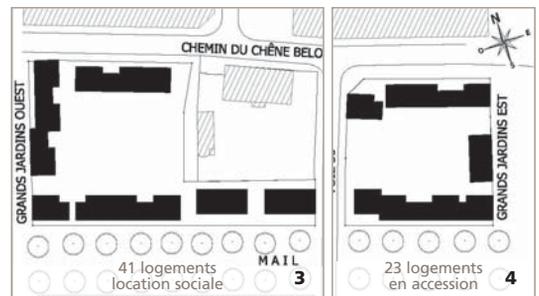
- Maître d'ouvrage : HLM Le Val de Loire, Angers (49)
- Architecte : Matières d'espaces, Choisy-le-Roi (94)
- BE Acoustique : DB Acoustic, Angers (49)
- Mesures perméabilité : CETE de l'Ouest, Les-Ponts-de-Cé (49)
- Entreprise bois: Cruard, Simple (53).

Le choix constructif

Sous-sol et refends des premiers niveaux en béton. Façades préfabriquées en ossature bois non porteuses. Derniers niveaux en tout bois. Planchers bois-béton avec connecteurs SBB.

Les caractéristiques générales

Livraison : 2012/2013
 Surface SHON : 5595 m²
 Surface habitable : 4971 m²
 Coût total de travaux actualisé : 8202659€ ht
 Performance énergétique BBC Effinergie : 41 kWhep/m²/an.



PLAN D'UN LOGEMENT TYPE T3



1_1 Vue en chantier. 2_Vue d'ensemble sur la place centrale. 3&4_Plan de masse. 5_Axonométrie.

Résultats des mesures d'infiltrométrie

Tests réalisés conformément à la norme **NF EN 13829** et **GA P50-784**, selon les Arrêtés du **24 mai 2006** relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment et du **13 juin 2008** relatif à la performance énergétique des bâtiments existants.

		Q4Pa-Surf	n50	A _L surface équivalente de fuite à 4Pa
POUR LE LOGEMENT COLLECTIF	RT 2005	1,2	≈ 2,6	
	BBC Effinergie	1	≈ 2,2	
	Passif	≈ 0,28	0,6	
Logement A001		0,65	1,21	66,1
Logement A101		0,58	1,18	58,4
Logement A304D		0,34	1,18	11,4
Récapitulatif bâtiment A		0,45		
Logement B007		0,60	1,24	81,7
Logement B107		0,63	1,37	86,3
Logement 305D		0,44	1,62	148,4
Récapitulatif bâtiment B		0,52		
Logement C007		0,41	1,17	64,6
Logement C107		0,68	1,6	112,2
Logement C207		0,34	1,55	110,2
Récapitulatif bâtiment C		0,44		

Q4Pa-Surf : perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa de différentiel de pression, en m³/(h.m²).
n50 : taux de renouvellement d'air sous 50 Pa de différentiel de pression, en vol/h.
A_L : surface équivalente de fuite du bâtiment, en cm².

Selon la règle d'échantillonnage définie dans le guide d'application GA P 50-784, pour un ensemble inférieur ou égal à 30 logements, il faut tester 3 logements ayant les plus grandes valeurs de PI+PVI/ShI et étant répartis aux niveaux extrêmes et un au niveau intermédiaire.



1 Les bâtiments sont ancrés sur sous-sol accueillant les garages. 2 Levage d'un panneau de mur extérieur. 3 Plancher bois béton avec connecteurs.



4&5 Réalisation des mesures d'infiltrométrie avec la porte soufflante sur l'échantillon de 3 logements. 6 Détail des éléments préfabriqués intégrant les vêtures.

Résultats des mesures acoustiques

Les textes réglementaires applicables sont l'Arrêté du 30 juin 1999. Les mesures sont réalisées selon la norme NFS 31-057.

Résultats des mesures acoustiques entre logements et entre intérieur et extérieur	Objectif en dB	Valeurs mesurées en dB
Isolement acoustique standardisé en vertical	DnT,A ≥ 53	53
Isolement acoustique standardisé en horizontal	DnT,A ≥ 53	56
Niveau de bruit de choc en vertical	L'nT,w ≤ 58	44
Niveau de bruit de choc en horizontal	L'nT,w ≤ 58	44
Isolement de façade	DnT,A,tr ≥ 30	35

Il est toléré un écart de 3 dB vis-à-vis de l'objectif afin de tenir compte des incertitudes de mesure.

C = conforme ou conforme dans l'incertitude de mesure.

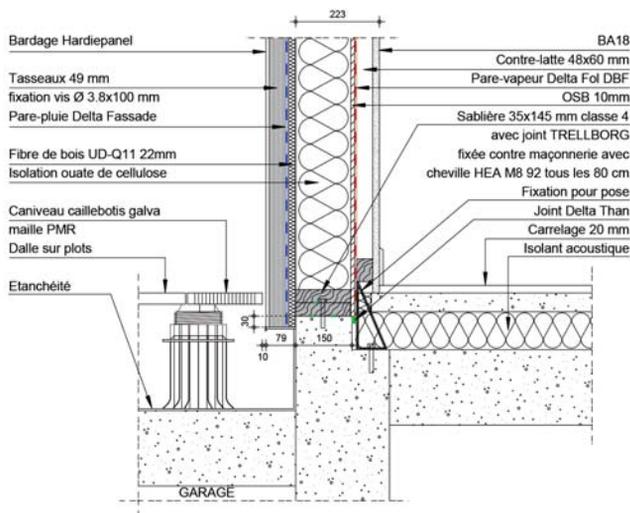
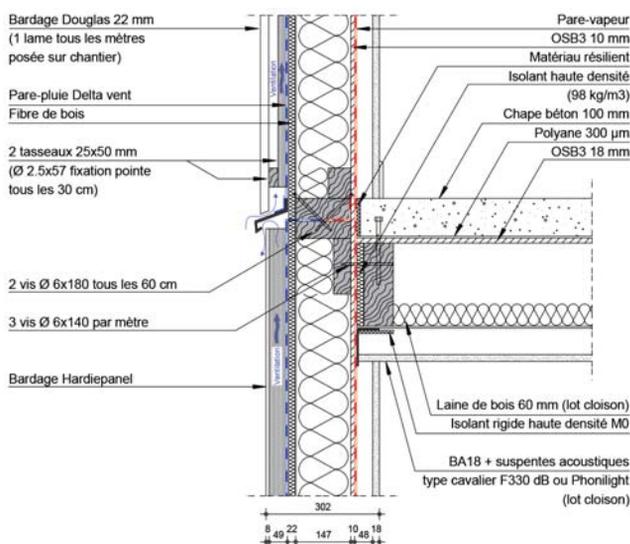
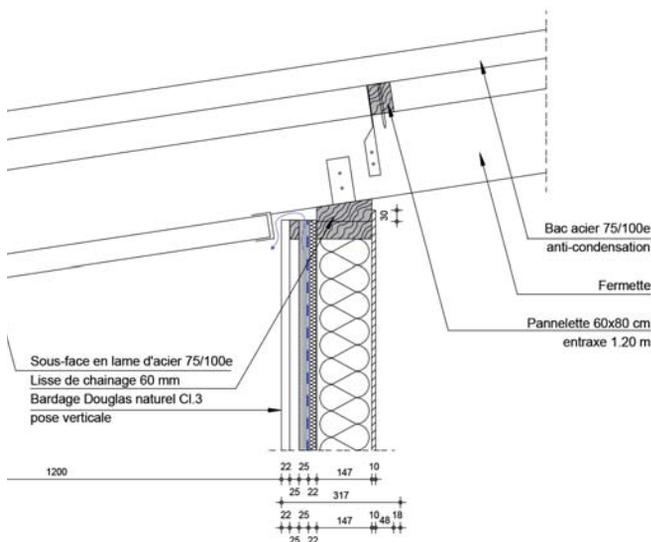
NC = non conforme à l'objectif.

COUPE TRANSVERSALE NORD-SUD SUR LES BÂTIMENTS A ET C



Détails techniques

Coupe verticale sur pied de mur, plancher et acrotère



Clément Faure, Matières d'espaces, architecte

IMPORTANCE DE LA THERMIQUE

Comment avez-vous géré cette consultation en dialogue compétitif ?

«Le maître d'ouvrage a proposé le dialogue compétitif comme mode d'appel d'offres. Nous l'avons donc lancé sur la base d'un projet établi dans ses gabarits, avec des hauteurs pouvant varier en fonction des complexes de plancher et des différentes solutions proposées. Notre projet présentait quelques variables et les entreprises répondaient sur un niveau énergétique, une performance du bâtiment et un coût. En fin de première consultation, trois entreprises ont été retenues et comparées.»

Pouvez-vous nous parler des planchers qui ont été mis en œuvre ?

«Dans l'appel d'offres, le groupement Cruard-Isore-Guérif proposait un système bois-béton mis au point par le CERT, actuellement AIA Ingénieries. Le principe est un plancher traditionnel à solives bois, formant caisson, fabriqué en ateliers. Des connecteurs métalliques sont fichés dans les solives. L'avantage de cette solution, comparée à un système tout bois avec chape rapportée, réside dans ses portées admissibles, plus importantes qu'en traditionnel, et conférant une forte inertie au bâtiment. De plus, la dalle béton de 10 cm permet d'incorporer des distributions de fluides et d'électricité de petits diamètres, ce qui est impossible dans une chape rapportée. Par ailleurs, le choix du bois et de ce système constructif a permis de porter les courives de la façade nord. Le choix architectural du métal avait été décidé bien en amont et ces structures de courives sont indépendantes, bien qu'appuyées contre les façades. Elles ont été désolidarisées au moyen de résilients acoustiques et d'éléments évitant la transmission des bruits.»

Comment avez-vous atteint les objectifs thermiques ?

«L'orientation des bâtiments a été primordiale. Nous avons choisi un terrain parmi ceux que nous proposait le maître d'ouvrage, en fonction des avantages d'orientation qu'il nous offrait. Il faut ici saluer l'engagement du maître d'ouvrage qui a accepté de «jouer le jeu» et de rester en deçà des possibilités d'occupation sur son terrain. Tous ces éléments nous ont permis de nous orienter franchement nord/sud ou est/ouest et de profiter des apports solaires passifs. Ainsi, avec le parti de conception proposée au maître d'ouvrage, s'affirmait une volonté déterminante d'implantation bioclimatique et d'orientation solaire. La seconde étape a porté sur la conception d'appartements traversants. La profondeur des bâtiments a été étudiée pour bénéficier des apports solaires bien pénétrants en hiver et protectrice en été. Pour les bâtiments est/ouest, on a supprimé les brise-soleil, remplacés par des volets à persiennes



orientables pour lutter contre les surchauffes. La thermique est aussi parfaitement maîtrisée par la structure du mur, le choix des isolants et de leur performance. Le mur Cruard est une ossature de 145 mm isolée en ouate de cellulose, devant laquelle passe un isolant Acermi qui assure la rupture de ponts thermiques. Tous ces éléments ont été travaillés très en amont par le thermicien avec l'entreprise retenue lors du dialogue compétitif.

Cette opération est plus qu'un projet, c'est quelque chose qu'on a tous eu à cœur de réussir. Et ce qui est très agréable c'est que les entreprises aussi ont pris plaisir au projet.»

Votre retour sur le chantier ?

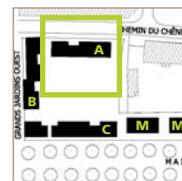
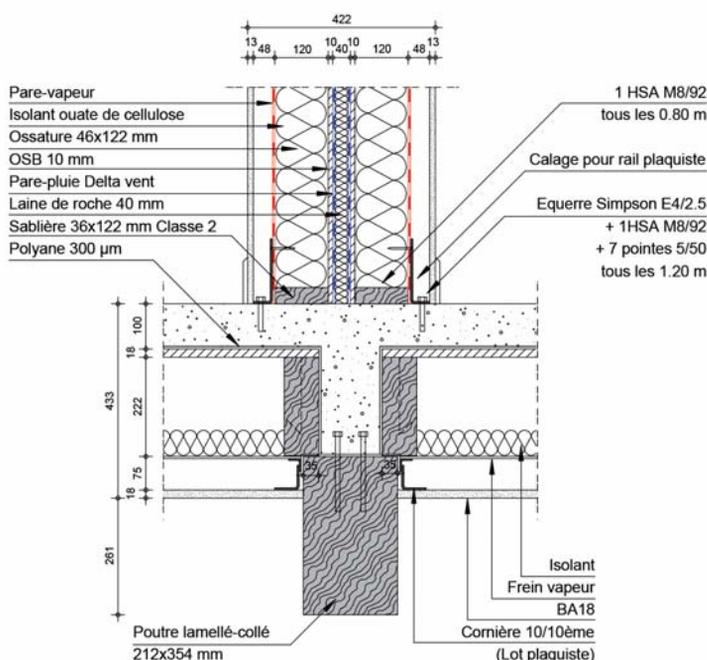
«En phase chantier, nous avons rencontré des difficultés avec les corps d'état secondaires. En effet, même s'ils étaient informés de nos exigences au niveau des fluides, de l'électricité notamment, c'est un comportement auquel ils ne sont pas encore habitués. **Il a donc fallu beaucoup expliquer et accompagner les entreprises de second-œuvre.** Nous les avons invités aux tests d'étanchéité à l'air pour qu'ils comprennent l'importance des adhésifs et les contraintes de percement des parois. Il y a eu tout un aspect éducatif pour certaines entreprises alors que d'autres étaient déjà au courant.

Le plancher connecté bois-béton sur les grandes portées a posé des problèmes de flèches importantes qu'il a fallu reprendre, le plombier a eu des soucis de positionnement de ses éléments. Mais nous mettons cette expérience à profit sur la deuxième tranche. Nous faisons évoluer nos méthodes.

Le surcoût général du projet est principalement dû à nos exigences thermiques et à l'utilisation d'isolants non minéraux, donc coûteux.»

Détails techniques

Coupe verticale sur séparatif logements



Performances thermiques

Angers : bâtiment A

DÉTAILS	Projet	Référence	Ecart en %
Ubat du bâtiment	0,417	0,664	37
Coefficient Cep (kWh énergie primaire / m²)	58,87	123,45	52
Coefficient Cep BBC (kWh énergie primaire / m².an)	41		
CHAUFFAGE			
Bois	15 367	66 805	77
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	14,36	62,44	77
REFROIDISSEMENT			
EAU CHAUDE SANITAIRE			
Bois	32,597	47 110	31
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	30,47	44,03	31
ECLAIRAGE			
Électrique	3 095	2 825	-10
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	7,47	6,81	-10
AUXILIAIRES			
Électrique	658	1 301	49
Ventilateurs (électrique)	2 067	2 914	29
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	1,59	3,14	49
Vent - Total énergie primaire (kWh EP/m²)	4,99	7,03	29

U22Win 2005 V. 4.8.0 évalué EVAL - 2010.02 - Licence 3250 - Calculs réalisés avec le moteur ThCE2005 (V1.1.3 du 12/12/08) conçu par le CSTB.

1, 2 & 3 L'accès aux logements est réalisé via des structures métalliques qui portent du bac acier et du béton. 4 & 5 La préfabrication intègre le bardage bois ; en revanche, les vêtements sous forme de panneaux ont été posés in situ.



Volume de bois mis en œuvre

Estimation effectuée avec la méthode de calcul fixant le volume de bois incorporé dans certaines constructions, selon l'Arrêté du 13 septembre 2010.

Volume total de bois dans l'ouvrage (m³)	647
Surface hors œuvre nette de l'ouvrage (SHON en m²)	5 595
Volume de bois (dm³/m² SHON)	116



Caractéristiques de l'opération

Typologie	41 logements en location sociale répartis en 37 logements et 4 maisons de ville et 23 logements en accession répartis en 22 logements et 1 maison de ville.
Construction	6 bâtiments en R+1 jusqu'à R+4. 69 places de parking en sous-sol.
Structure	Panneaux façades ossature bois. Planchers bois-béton. Toiture bois, lamellé collé et ossature sapin.
Isolant	Sous chape du plancher bas : 120 mm de polystyrène. Murs ossature bois : 145 mm de ouate de cellulose + 25 mm de panneaux fibres de bois pour les façades. Pignons : 160 mm de laine minérale. Toiture : 400 mm de ouate de cellulose.
Menuiserie extérieure	Menuiserie bois - aluminium. $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ fenêtres. $U_w = 1,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ portes. $U_w < 1,6 \text{ W/K.m}^2$ portes palières métalliques.
Vêtue	Bardage Douglas en clins à claire voie. Bâtiments + maisons individuelles. Bardage fibre ciment Hardiepanel tous les bâtiments hors maison.
Vitrage	Double vitrage 4/16/4. $U_g < 1,2 \text{ W/K.m}^2$.
Occultation	Volets pleins en Mèlèze. Volets roulants PVC.
Ventilation	VMC hygro B dans tous les logements.
Chauffage	Chaufferie collective à granulés de bois. Emission par radiateurs.
Eau chaude sanitaire	Production par chaufferie.
Label	BBC 2005. RT2005 au sens des ThCE.

M. Jovelin, Le Val de Loire,
maître d'ouvrage

Pourquoi avez-vous choisi une procédure d'appel d'offre compétitif pour cette opération ?

«Nous avons eu recours au dialogue compétitif pour l'appel d'offres parce que nous ne savions pas comment le bâtiment allait être construit. Au début de la consultation, nous avons remis aux entreprises un cahier des charges avec les performances énergétiques à atteindre pour l'enveloppe ; le dialogue compétitif portait sur l'enveloppe et le clos couvert mais pas sur les autres corps d'état. En fin de consultation nous avons trois solutions, avec trois modes constructifs différents : une tout bois, une bois-béton et une tout béton.

C'est la première fois que nous avons recours au dialogue compétitif. Sachant qu'au Val de Loire les procédures sont rigoureuses et éprouvées, l'utilisation d'un mode opératoire inhabituel nous a contraint à concevoir de nouvelles méthodes de travail. Le dialogue compétitif a pris un mois pour l'appel d'offres, puis nous avons travaillé trois mois avec l'entreprise et ensuite, nous avons relancé un appel d'offres pour les corps d'état secondaires. Tout cela a augmenté le temps de préparation de l'opération.»

Quel est le coût de construction attendu ?

«Le coût de construction est de l'ordre de 1370 €/m². Dans l'estimation de ce coût, nous avons pris en compte les enjeux environnementaux du projet privilégiant une construction saine avec des matériaux sains, tout en restant dans une enveloppe financière de logement social puisque nos loyers sont plafonnés. Ce projet était donc un projet

pilote. Quatorze logements (un bâtiment et une maison) seront instrumentalisés pendant deux ans par le CETE de l'ouest pour le suivi de la consommation d'énergie en vérifiant que ce qui a été prévu sur le papier correspond à la réalité. Cet appareillage mis en place nous permettra aussi de procéder à des relevés réguliers sur les postes électricité, eau chaude sanitaire, chauffage... Concernant le bardage bois, nous serons attentifs au changement de l'aspect puisque tous les bois ont tendance à griser dans le temps. Je ne vous cache pas que nous avons quelques réticences par rapport à cela car je ne suis pas sûr que les gens apprécieront le grisaillement du bois. On verra si c'est accepté ou s'il faut retraiter le bois.»

Pourquoi le choix d'un plancher connecté avec des connecteurs SBB ?

«Ce type de plancher s'adaptait bien au projet en termes de portée, d'inertie et de confort d'été. C'était également un plancher innovant qui correspondait à notre façon de construire. Nous construisons le plancher connecté dans nos ateliers ; sur chantier, nous arrivons avec des caissons préfabriqués et nous faisons le montage rapidement. C'était aussi un choix motivé par des questions de délais, de rapidité.»

Quelle est la méthodologie du montage des bâtiments ?

«Nous avons trois bâtiments à réaliser ; la maçonnerie devait réaliser les fondations, la dalle du sous-sol et les refends béton intermédiaires. Une fois cette partie terminée sur le premier bâtiment, toutes les dalles étaient coulées puis les murs. Quand le premier bâtiment était achevé, les maçons passaient au suivant et nous attaquions avec nos murs à ossature bois sur le premier. Donc, pendant qu'ils faisaient les murs sur une autre partie, nous posions l'ossature et nous sommes passés de la même façon sur le deuxième bâtiment et pendant que nous posions l'ossature, les planchers commençaient à être posés sur le premier bâtiment. Une fois que les maçons avaient fini sur le troisième bâtiment, ils intervenaient à nouveau sur les murs du niveau supérieur du premier bâtiment. Nous montions, niveau par niveau, mais étant donné qu'il y avait du béton, du bois, du plancher, de l'incorporation de gaines, du séchage de béton et à nouveau du béton, nous avons tourné sur les trois bâtiments pour optimiser les temps du planning général et les coûts de main-d'œuvre. Par contre, tous les derniers niveaux des bâtiments sont entièrement en ossature bois, y compris les refends parce que nous n'avions plus besoin du béton. Nous construisons les attiques comme une maison R+1 classique sur une dalle béton en partie haute.»

Quel est votre point de vue d'entreprise sur le dialogue compétitif ?

«Ce qui est intéressant dans le dialogue compétitif c'est que nous répondons avec nos points forts dès le départ et nous sommes présents tout en amont. En appel d'offres classique, nous ne pouvons faire que ce qui est préconisé car la phase projet est finalisée, et ce n'est plus possible de changer. Là, nous intervenons avant le dépôt du permis de construire donc c'est très intéressant.»

Quelle expérience tirez-vous de cette opération ?

«Cette opération est innovante. Elle a donc été difficile à maîtriser. Heureusement, il y a une deuxième tranche ; comme les bâtiments sont assez répétitifs, nous allons pouvoir optimiser nos process et nos coûts. En termes de planning, sur le papier, ça fonctionne bien. Par contre, s'il y a une erreur sur le premier bâtiment, nous n'avons pas le temps de répercuter la modification, car nous sommes en préfabrication. En effet, nous avons plus de temps de fabrication en ateliers que de temps de pose sur le chantier. Il faut donc prévoir la fabrication en avance.

Nous avons beaucoup appris et le retour d'expériences est très important. Sur du collectif, nous ne construisons pas de la même façon, il faut être plus vigilant sur quatre ou cinq niveaux.»



Prix ht de construction constatés

Les coûts présentés sont issus de la décomposition du prix global et forfaitaire, soit sur devis des entreprises non visés. Ils ont été actualisés avec l'indice BT01 du mois d'octobre 2012: 876.6 du JO du 30/01/2013. Les lots indiqués en rouge correspondent aux lots bois.

DESIGNATION	MONTANT actualisé € ht	MT actualisé € ht/m ² - SHON	MT actualisé € ht/m ² - SHAB	% montant du lot ramené au montant sous total de construction
		5 595 m ²	4 971 m ²	
Installation de chantier		compris lot terrassement		
VRD	372 301	67	80	5%
Terrassement	1 179 200	211	252	15%
Gros-œuvre	542 797	97	116	7%
Chapes				
Charpente bois		compris lot ossature structure		
Charpente métallique				
Ossature / structure	2 790 577	499	597	36%
Plancher		compris lot ossature structure		
Menuiserie extérieure		compris lot ossature structure		
Couverture	228 519	41	49	3%
Etanchéité		compris couverture		
Bardage		compris lot ossature structure		
Oculation bois		compris lot ossature structure		
Oculation PVC		compris lot ossature structure		
Oculation métal				
Façades	421 622	75	90	5%
Isolation				
Serrurerie	788 674	141	169	10%
Conduits fumées				
Traitement antitermites	15 120	3	3	1%
Mur végétal				
Clos couvert	6 338 810	1 133	1 357	82%
Menuiserie intérieure	95 066	17	20	1%
Serrurerie intérieure				
Carrelage faïence	42 428	8	9	1%
Sols souples	142 725	26	31	2%
Parquets				
Cloison doublage	348 856	62	75	4%
Faux plafond				
Peinture	149 008	27	32	2%
Parachèvement	778 084	139	167	10%
Electricité	296 599	53	63	4%
Plomberie	1 289			
VMC	109 375	20	23	1%
Chauffage				
Chaufferie	230 294	41	49	3%
Solaire				
Photovoltaïque				
Garage				
Ascenseur				
Télévision				
Réseau souple				
Equipements	637 557	114	136	8%
Sous total construction	7 754 451	1 386	1 660	100%
Espace vert	58 824	11	13	
Terrassement	372 301	67	80	
Démolition		compris lot terrassement		
Aménagements autres	17 083	3	4	
Aménagements autres 2				
Aménagement extérieur	448 208	80	96	
Coût total construction	8 202 659	1 466	1 756	

1_Vue sur la place intérieure.

Ex 5

7 logements et bureaux R+4 à Tourcoing (59)

Un immeuble passif de logements et bureaux en structure poteaux-poutres bois massif et planchers collaborants bois-béton. CONSTRUCTION 2012



Le programme

Réalisation d'un immeuble "Pégase" de 4 niveaux sur rez-de-chaussée recevant 7 logements et deux niveaux de bureaux.

Les intervenants

- Maître d'ouvrage : SCI MA.MA.N.I., Tourcoing (59)
- Architecte : Pierre Coppe Architectes, Tourcoing (59)
- BE bois : Ingébois, Douai (59)
- Entreprise bois : Charpente Houot, Gerardmer (88)
- Entreprise Coexia Enveloppe, Tourcoing (59).

Le choix constructif

- élévation du rez-de-chaussée en poteaux et poutres béton. Plancher haut du rez-de-chaussée en béton
- La cage d'ascenseur et un refend intérieur servent de contreventement et sont réalisés en prémurs
- Etages en structure poteaux poutres en bois lamellé collé et façades en ossature bois
- Les planchers sont collaborants bois/béton (système Sylvabat).

Les caractéristiques générales

Livraison : 2012

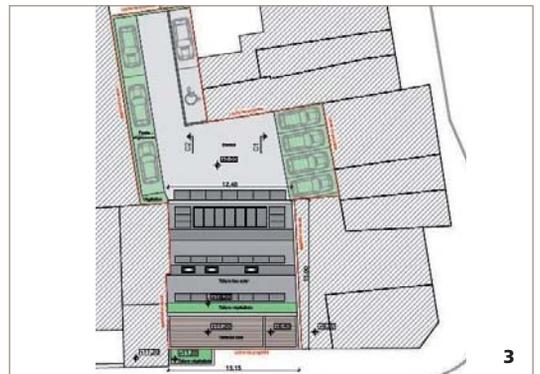
Surface SHON : 723 m²

Surface habitable : 597 m²

Composition : rez-de-chaussée : 1 logement T2 + locaux communs, 8 places de stationnement dont 3 pour véhicules électriques (+ 2 garages en rez-de-chaussée + local vélos)
R+1 et R+2 : 6 logements passifs (2 T2 + 2 T1 bis + 2 T3)
R+3 et R+4 : bureaux

Coût total de travaux actualisé : 1 614 950 € ht

Performance énergétique : 53 kWhep/m²/an.



PLAN DU NIVEAU R+1 (LOGEMENTS)



1_ Le chantier en cours de levage. 2_ Vue d'ensemble de l'opération depuis la rue. 3_ Plan de masse. 4_ Axonométrie.

Résultats des mesures d'infiltrométrie

Tests réalisés conformément à la norme **NF EN 13829** et **GA P50-784**, selon les Arrêtés du **24 mai 2006** relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment et du **13 juin 2008** relatif à la performance énergétique des bâtiments existants.

		Q4Pa-Surf	n50	AL
POUR LE LOGEMENT COLLECTIF	RT 2005	1,2	≈ 2,6	
	BBC Effinergie	1	≈ 2,2	
	Passif	≈ 0,28	0,6	
Résultats*		0,335	0,95	291

Q4Pa-Surf : perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa de différentiel de pression, en m³/(h.m²).

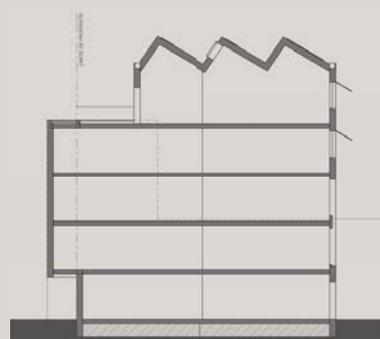
n50 : taux de renouvellement d'air sous 50 Pa de différentiel de pression, en vol/h.

AL : surface de parois déperditives, hors planchers bas, en m².

* A noter la présence d'un vent fort lors de l'essai qui mériterait une nouvelle mesure présentant moins d'incertitude.



COUPE TRANSVERSALE



Pierre Coppe, Agence Pierre Coppe, architecte

Comment le choix du bois a-t-il émergé ?

«Pour cette opération, nous étions à la fois maître d'ouvrage et maître d'œuvre.

Compte tenu de la technicité de la construction, il s'est avéré difficile de conduire la consultation et de trouver les bons partenaires bois.

Pour nous conforter dans le choix du bois, nous avons commencé par étudier les différentes solutions constructives, en béton, en structure métallique et en bois, allant somme toute assez loin dans le détail. Cependant, dès le départ nous avions l'intention de construire en bois car nous voulions alléger le plus possible l'empreinte carbone du bâtiment. En étudiant les trois familles de solutions, nous étions persuadés que le bois serait la meilleure réponse environnementale, créditrice de carbone. Cependant, les autres réponses, plus conventionnelles, nous permettaient de situer nos choix dans le paysage des entreprises locales qui pouvaient dès lors, répondre à la consultation.

Faute d'entreprise locale, la solution bois a bien failli être abandonnée quand bien même elle avait notre préférence en termes d'environnement. Finalement, grâce à notre bureau d'études bois, Ingébois SARL, nous avons identifié une entreprise aux multi compétences requises, mais venant de l'est de la France.»

Le chantier s'est-il bien déroulé ?

«Le montage de la structure, charpente et ossature bois, a été très rapide puisqu'il a suffi de deux mois et demi pour monter 900 m² ! Les corps d'état secondaires ont été un peu plus lents mais c'est aussi parce que nous visions une étanchéité à l'air ultra performante demandant donc un soin particulier. Réaliser un film étanche de plusieurs milliers de mètres carrés requiert du temps et de la rigueur, en recouvrant chaque agrafe d'une bande adhésive.

Le frein-vapeur a été posé par le plaquiste dont c'était la première expérience en la matière. C'est donc lui qui gérait l'étanchéité à l'air mais sous notre contrôle. Nous étions dans la pédagogie de la mise en œuvre. Heureusement, au sein de mon équipe, deux personnes disposent de l'agrément « étanchéité à l'air ». Elles sont donc capables de pratiquer les tests avec le matériel que nous possédons.»

Résultats des mesures acoustiques

Aucune mesure acoustique n'a été réalisée pour cette opération.

Pierre Coppe : «la conception même des planchers chauffants/rafraîchissants sur résilient acoustique en plus de l'isolation support nous exonérait de cette étude».

Performances thermiques

Tourcoing : 7 logements

DÉTAILS	Projet	Référence	Ecart en %
Ubat du bâtiment	0,436	0,809	46
Coefficient Cep (kWh énergie primaire / m²)	52,98	84,82	66
CHAUFFAGE			
Électrique	957	8 491	89
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	7,31	64,82	89
REFROIDISSEMENT			
EAU CHAUDE SANITAIRE			
Électrique	3 178	14 773	78
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	24,26	112,76	78
ECLAIRAGE			
Électrique	1 185	1 118	-6
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	9,05	8,53	-6
AUXILIAIRES			
Électrique	567	962	41
Ventilateurs (électrique)	1 051	540	-95
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	4,33	7,35	41
Vent - Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	8,02	4,12	95

U22Win 2005 V. 4.8.0 évalué EVAL. 2010.02. Licence 3250. Calculs réalisés avec le moteur ThCE2005 (V1.1.3 du 12/12/08) conçu par le CSTB.



Volume de bois mis en œuvre

Estimation effectuée avec la méthode de calcul fixant le volume de bois incorporé dans certaines constructions, selon l'Arrêté du 13 septembre 2010.

Volume total de bois dans l'ouvrage (m³)	60
Surface hors œuvre nette de l'ouvrage (SHON en m²)	408
Volume de bois (dm³/m² SHON)	147

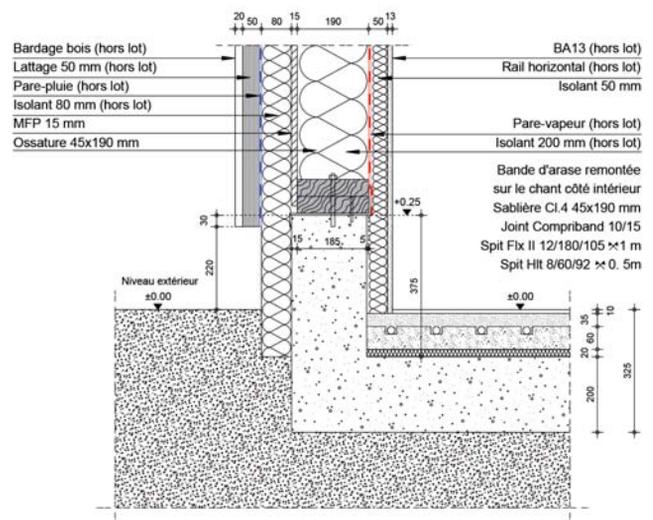
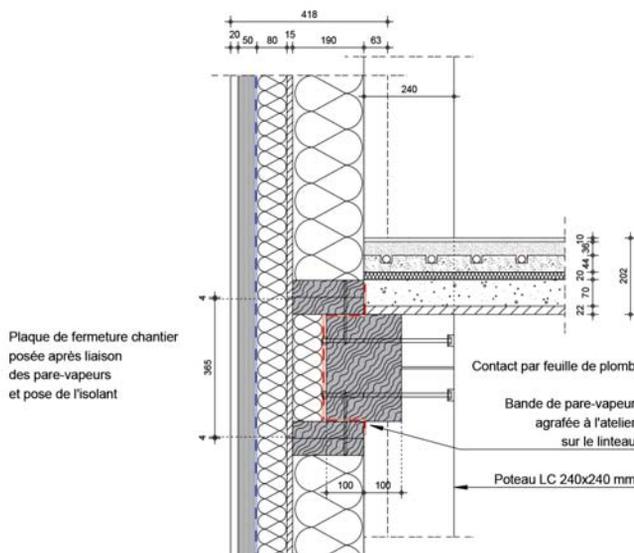


Caractéristiques de l'opération

Typologie	Bâtiment R+4.
Construction	Rez-de-chaussée : 1 logement T2 + locaux techniques, 8 places de stationnement dont 3 pour véhicules électriques (+ 2 garages en rez-de-chaussée + local vélos) R+1 et R+2 : 6 logements passifs (2 T2 + 2 T1 bis + 2 T3) R+3 et R+4 : bureaux.
Structure	Rez-de-chaussée : plancher et poteau poutre béton, cage d'ascenseur et un refend intérieur en prémur servant de contreventement. Etage : poteau poutre bois et murs ossature bois. Charpente shed en bois, couverture bac acier et intégration de panneaux solaires.
Isolation	Toiture terrasse : 60 mm de Foamglass et 240 mm de mousse Icynene (entre solives). Toiture shed : 80 mm + 190 mm de fibre de bois et 100 mm de laine de roche. Murs ossature bois : 190 mm de mousse Icynene (entre montants) + 50 mm de laine de roche pour les parois verticales + contre isolation extérieure 80 mm de fibre de bois.
Menuiserie extérieure	Bois aluminium. Pin lasuré en intérieur et aluminium laqué en capotage. Uw : 0,6 W/m ² .k fenetre. Ud < 0,8 W/m ² .K porte.
Vêtue	Bardage inox et bardage bois. Mur végétal.
Vitrage	Triple vitrage lame argon 4/16/4/16/4. Ug : 0,6 W/m ² K.
Occultation	Volets roulants lames PVC. Brise soleil en aluminium laqué et lames synthétiques.
Ventilation	2 CTA double flux 700m ³ /h. 1 au rez-de-chaussée pour logement, 1 au R+4 bureaux.
Chauffage	2 pac géothermiques avec 5 sondes géothermiques. Ballon tampon 300L. Plancher chauffant et rafraîchissant (logements et bureaux). Besoin chauffage 15 kWh/m ² /an.
Eau chaude sanitaire	Eau chaude sanitaire centralisée, production par les PAC. Comptage individuel. Ballon 1000L + 300L logements et bureaux. Installation de 35 modules solaires photovoltaïques pour une production estimée à 7000 kWh/an.
Label	Logements : BBC. Bureaux : Passivhaus. Production d'ENR.

Détails techniques

Coupe verticale sur pied de mur et plancher



1_ Une des façades du bâtiment est végétalisée. Apport de l'inertie au bâtiment et un confort d'été. 2_Structure poteaux-poutres massifs. 3_Vue sur la façade principale. 4_Pare-vapeur. 5_Isolant mousse Icynène.

Quel était votre lot dans cette opération ?

«Charpente Houot était en charge du gros-cœuvre bois, l'isolation ne nous incombait pas.

La problématique du maître d'ouvrage était de réaliser un R+4 en structure bois, tout en visant des labels thermiques très performants. Leur choix d'isolant s'était porté sur la ouate de cellulose insufflée qui requiert des compétences et des matériels spécifiques. De fait, le marché d'isolation a été sorti de notre lot. Pour la structure, nous avons opté pour un poteaux-poutres bois avec des murs conçus comme des caisses de remplissage, à ossature bois.»

Comment avez-vous choisi le type de plancher à réaliser ?

«Il nous fallait conjuguer l'usage des locaux, à savoir bureaux «open space» à 350daN/m² de charge d'exploitation avec le complément de charge de 120kg dû au plancher chauffant et les contraintes d'épaisseur de plancher. La solution que nous avons retenue est un plancher collaborant bois-béton de procédé Sylvabat. La structure poteaux-poutres en bois, recevant le plancher, a été calculée conformément aux normes de sécurité vis-à-vis du feu. De fait, les sections sont importantes.

Pour optimiser les descentes de charges, nous avons évité les porte-à-faux, et, en accord avec l'architecte, préalablement à la signature du marché, nous avons proposé d'éliminer les sujétions difficiles à reprendre avec des éléments en bois. Nous n'aurions pas pu procéder de la sorte en marché public. Charpente Houot a vraiment participé à l'APD, en accompagnant l'architecte sur chaque point spécifique de conception technique.

C'était un chantier en ville avec les contraintes que cela engendre. En privilégiant la préfabrication, nous avons significativement réduit les délais de chantier. Nous posions à l'avancement la structure poteaux-poutres puis les murs ossature bois. Un niveau était monté en moins de deux semaines.»

Pourquoi avoir opté pour un système poteaux-poutres bois, plutôt qu'une ossature bois ?

«Le choix d'une structure poteaux-poutres avec des murs à ossature bois plaqués comme un mur-rideau, était justifié par les charges importantes à recevoir et par la mise en œuvre du procédé de plancher Sylvabat. Dans ce cas, nous évitions de trop fortes retombées de poutres tout en nous assurant d'une raideur de plancher suffisante.

À partir de quatre niveaux et plus, il est cohérent d'opter pour un système poteaux-poutres pour ramener les charges au sol. En effet, dès que les charges sont un peu concentrées, le système de murs à ossature bois classiques n'est plus pertinent. Cela dit, en poteaux-poutre, il faut être vigilant sur les ferrures des poteaux reprenant les charges.

L'éventuelle faiblesse du procédé Sylvabat est dans la performance acoustique puisqu'il fait collaborer une chape de béton avec les solives en bois. Si les chapes de béton sont efficaces pour corriger les bruits aériens, elles sont inopérantes pour les bruits d'impact et il faut impérativement ajouter un assour sous forme de couche résiliente et une chape, sur ce chantier le plancher chauffant.

En termes de coût, ce qu'on perd au niveau des connexions du procédé Sylvabat, on le gagne dans l'économie de bois. »

PLAN DU NIVEAU R+3 (BUREAUX)



Prix ht de construction constatés

Les coûts présentés sont issus des descriptifs généraux détaillés de l'architecte, soit le montant total des coûts des travaux visés par le maître d'œuvre. Ils ont été actualisés avec l'indice BT01 du mois d'octobre 2012 : 876.6 du JO du 30/01/2013. Les lots indiqués en rouge correspondent aux lots bois.

DESIGNATION	MONTANT actualisé € ht	MT actualisé € ht/m ² - SHON	MT actualisé € ht/m ² - SU*	% montant du lot ramené au montant sous total de construction
		723 m ²	597 m ²	
Installation de chantier		compris lot VRD		
VRD	32 048	44	54	2 %
Terrassement				
Gros-cœuvre	246 778	341	413	15 %
Chapes				
Charpente bois	309 927	428	519	19 %
Charpente métallique				
Ossature / structure		compris lot charpente bois		
Plancher		compris lot charpente bois		
Menuiserie extérieure	167 064	231	280	10 %
Couverture	97 513	135	163	6 %
Etanchéité		0	0	
Bardage	140 029	194	235	9 %
Occultation bois				
Occultation PVC		compris lot menuiserie extérieure		
Occultation métal		compris serrurerie		
Façades	15 353	21	26	1 %
Isolation	29 857	41	50	2 %
Serrurerie	18 712	26	31	1 %
Conduits fumées				
Traitement antitermites				
Mur végétal	15 022	21	25	1 %
Clos couvert	1 072 302	1 483	1 796	66 %
Menuiserie intérieure		compris lot menuiserie extérieure		
Serrurerie intérieure				
Carrelage faïence	5 889	8	10	0 %
Sols souples	50 334	70	84	3 %
Parquets				
Cloison doublage	76 787	106	129	5 %
Faux plafond		compris lot cloison doublage		
Peinture	29 098	40	49	2 %
Parachèvement	162 108	224	271	10 %
Electricité	76 929	106	129	5 %
Plomberie		compris lot VMC		
VMC	276 770	383	464	17 %
Chauffage		compris lot VMC		
Chaudière		compris lot VMC		
Solaire		compris lot couverture		
Photovoltaïque				
Garage				
Ascenseur	26 840	37	45	2 %
Télévision				
Réseau souple				
Equipements	380 540	526	637	24 %
Sous total construction	1 614 950	2 233	2 705	100 %
Espace vert		compris lot VRD		
Terrassement		compris lot VRD		
Démolition				
Aménagements autres				
Aménagements autres 2				
Aménagement extérieur				
Coût total construction	1 614 950	2 233	2 705	

* SU = surface bureaux + surface habitable logements.

Ex 6

6 logements R+2 à Grenoble (38)

Un immeuble BBC en ossature bois sur trois niveaux. CONSTRUCTION 2012



Le programme

Réalisation d'un immeuble "Transition" (B6) en R+2 comprend 6 logements BBC. "Transition" est un collectif de type intermédiaire tout en bois, avec une toiture terrasse végétalisée. Garages en sous-sol.

Les intervenants

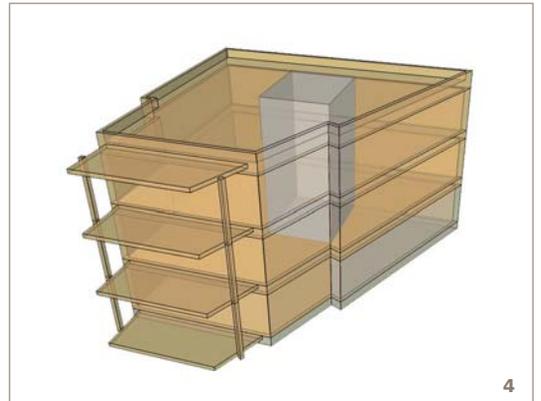
- Maîtrise d'ouvrage urbaine : Ville de Grenoble (38)
- Etudes urbaines
Architecte : Tekhné Architectes (69)
BE environnement : Soberco (69)
- Maître d'ouvrage : Blanc-Bouygues Immobilier, Grenoble (38)
- Architecte : Philippe Meunier, Noyarey (38)
- BE bois : Bois Conseil, Sassenage (38)
- BE acoustique : Ginger CEBTP, Elancourt (78)
- Entreprise bois : Darvey, Lescheraines (73).

Le choix constructif

Sous-sol en béton, refends en béton au rez-de-chaussée, murs ossatures bois, plancher traditionnel solivage bois.

Les caractéristiques générales

Livraison : 2012
Surface SHON : 428m²
Surface habitable : 375m²
Composition : rez-de-chaussée : 2 T1, R+1 : 1 T3 et 1 T4, R+2 1 T3 et 1 T4
Coût total de travaux actualisé : 588975€ ht
Performance énergétique : 58 kWh/m²/an.



PLAN DU NIVEAU R+1



1_Vue en cours de chantier. 2_Vue sur l'espace vert. 3_Plan de masse. 4_Axonométrie.

Résultats des mesures d'infiltrométrie

Tests réalisés conformément à la norme **NF EN 13829** et **GA P50-784**, selon les Arrêtés du **24 mai 2006** relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment et du **13 juin 2008** relatif à la performance énergétique des bâtiments existants.

		Q4Pa-Surf	n50	AL
POUR LE LOGEMENT COLLECTIF	RT 2005	1,2	≈ 2,6	
	BBC Effinergie	1	≈ 2,2	
	Passif	≈ 0,28	0,6	
Résultats		0,79		

Q4Pa-Surf : perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa de différentiel de pression, en $m^3/(h.m^2)$.
 n50 : taux de renouvellement d'air sous 50 Pa de différentiel de pression, en vol/h.
 AL : surface équivalente de fuite du bâtiment, en cm^2 .

PLAN D'UN APPARTEMENT T3



1. L'ouvrage est posé sur un sous-sol qui accueille les garages. Le rez-de-chaussée est mixte bois et béton.
2. Le noyau béton accueille les espaces communs, notamment les escaliers, ce qui simplifie l'isolation acoustique.
3. Les panneaux arrivent avec le pare-pluie, les pré-cadres de menuiseries et le bardage, horizontal ou vertical selon le cas.
4. Les pré-cadres métalliques ont été posés en atelier.
5. Vue d'ensemble du chantier.
6. L'ouvrage en fin de levage.

Résultats des mesures acoustiques

Les textes réglementaires applicables sont l'Arrêté du 30 juin 1999 et l'Arrêté du 30 mai 1996, modifié par l'Arrêté du 17 avril 2009. Les mesures sont réalisées selon la norme NFS 31-057.

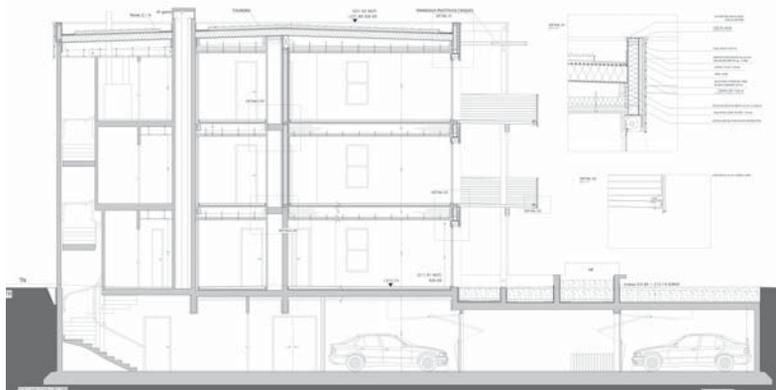
Résultats des mesures acoustiques entre logements et entre intérieur et extérieur	Objectif en dB	Valeurs mesurées en dB
Isolement acoustique standardisé en vertical	$DnT,A \geq 53$	63
Isolement acoustique standardisé en horizontal	$DnT,A \geq 53$	non mesuré
Niveau de bruit de choc en vertical	$L'nT,w \leq 58$	45
Isolement de façade	$DnT,A,tr \geq 30$	35 et 36

Il est toléré un écart de 3 dB vis-à-vis de l'objectif afin de tenir compte des incertitudes de mesure.

C = conforme ou conforme dans l'incertitude de mesure.

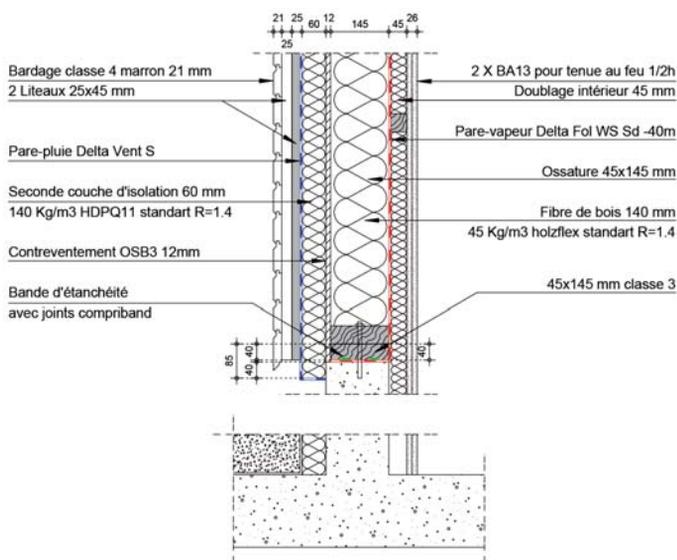
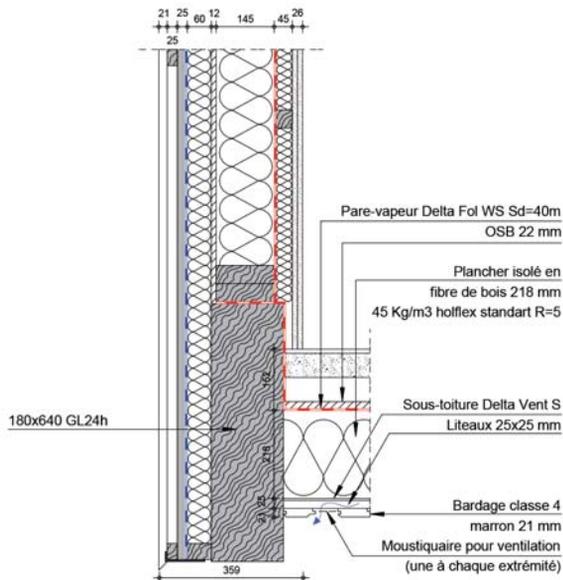
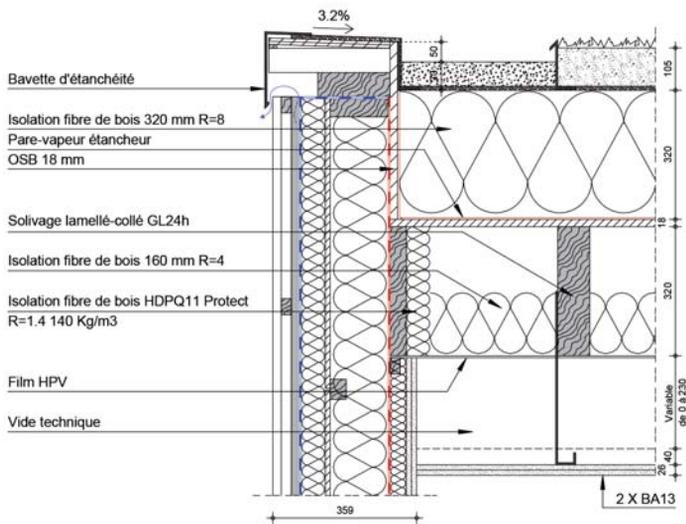
NC = non conforme à l'objectif.

COUPE TRANSVERSALE



Détails techniques

Coupe verticale sur pied de mur, plancher et acrotère



Peter Whelan,
entreprise Darvey

Quelle a été votre approche globale sur ce bâtiment ?

«Ce bâtiment est un R+2 de six logements avec un socle en béton et une cage d'escalier en béton, qui fait office d'âme centrale. Les étages intermédiaires et la toiture terrasse sont en solivage bois. Tous les murs sont en ossature bois (Cf. DTU 31.2).

Tous ces murs ont été préfabriqués avec le bardage extérieur fini, mais nous ne les avons pas isolés. Nous avons une méthode chez Darvey qui consiste après le levage, à contreventer en extérieur, et d'être ainsi à l'intérieur du bâtiment pour isoler tous les caissons d'ossature bois. Cela permet de gérer l'étanchéité à l'air en une seule action. De fait, nous avons levé des murs finis extérieurs parce nous tenions coûte que coûte à monter le bâtiment sans être obligés de l'échafauder par la suite. C'est efficace, on construit un R+2 avec toiture-terrasse, c'est-à-dire qu'une fois les murs dressés, nous travaillons sur un toit plat avec un acrotère qui couronne le bâtiment. Très facile à sécuriser, il n'est pas nécessaire d'échafauder pour sécuriser la toiture. Ainsi, nous économisons le poste échafaudage du bâtiment.»

Comment abordez-vous l'étanchéité à l'air ?

«Nous avons compris que l'étanchéité à l'air est un poste en tant que tel. Nous ne visons pas une performance mais plutôt une qualité de finition de ce travail-là. Nous utilisons des produits de qualité, sous Avis Technique, comme des adhésifs ou des joints à expansion automatique. Les équipes ont donc pour mot d'ordre d'assurer une étanchéité à l'air rigoureuse.»

Quels sont les points délicats rencontrés sur le chantier ?

«Nous n'avons pas rencontré de difficulté majeure mais deux points délicats sont à prendre en compte :

- Le premier, c'est la jonction entre la maçonnerie et le bois. En effet, la maçonnerie a des tolérances et des variations de cotes incompatibles avec une structure bois taillée au millimètre. Et c'est toujours le même problème... il a fallu adapter la structure. La mise au point technique à la conception devrait tenir compte de ce différentiel récurrent, mais c'est rarement le cas.



• Le second point est dû à l'inexpérience du maître d'ouvrage Bouygues Immobilier en construction bois et de celle des artisans ou entreprises avec lesquels il travaille habituellement. Quand nous sommes arrivés sur le chantier pour poser les refends et quelques murs extérieurs en ossature bois sur des murets en maçonnerie au rez-de-chaussée, l'électricien avait fait des incorporations dans ces murets, par habitude. Du coup, tous les fourreaux électriques se retrouvaient au milieu du mur bois et nous ne pouvions pas poser nos murs. Il y a quelques autres cas de figures dans ce bâtiment où l'intégration des autres corps d'état n'a pas été anticipée. La responsabilité de ces erreurs est partagée car nous avons chacun nos habitudes de travail. C'est une perte d'efficacité sur le chantier mais le pire a été évité : pas de plus-value à signer ni de véritable retard au final. Construire en bois est vraiment différent. C'est pourquoi **il serait profitable à tous les intervenants de se préparer, du projet au chantier, avec une formation sur la construction bois**, au début de l'opération.

Autrement, la pose et le levage se sont passés comme prévu, très vite et très bien ce qui souligne l'atout du bois sur le chantier. C'est un petit bâtiment qui est entouré par de grands bâtiments en béton et il est vrai que sur le chantier, ils l'ont vu apparaître en quelques semaines. Tout le monde s'est rendu compte « de visu » de la vitesse d'exécution d'un chantier bois.

En revanche, si la pose de grandes structures bois à l'avantage de la rapidité, elle a une contrainte inhérente, celle de la mise hors d'eau sans délai.

Je veux enfin souligner le travail impeccable du bureau d'études Bois Conseil ; il a dessiné la majorité des détails, après quoi nous avons fait nos détails d'exécution. Et c'est souvent le cas des projets bois.»



Performances thermiques

Grenoble : 6 logements SHON = 428 m²

DÉTAILS	Projet	Référence	Ecart en %
Ubat du bâtiment	0,428	0,573	25
Coefficient Cep (kWh énergie primaire / m²)	58,07	158,44	43
CHAUFFAGE			
Gaz	276	0	0
Bois	19 316	37 950	49
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	27,49	88,77	48
REFROIDISSEMENT			
EAU CHAUDE SANITAIRE			
Gaz	138	0	0
Bois	15 143	20 855	27
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	21,44	48,78	27
ECLAIRAGE			
Électrique	1 498	1 249	-20
Ventilateurs (électrique)	9,04	7,54	-20
AUXILIAIRES			
Électrique	549	833	34
Ventilateurs (électrique)	1 138	1 379	17
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	3,31	5,03	34
Vent - total énergie primaire (kWh EP/m ²)	6,87	8,32	17
Photovoltaïque			
Électrique	1 670	0	0
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	10,08	0	0

U22Win 2005 V. 4.8.0 évalué EVAL. 2010.02. Licence 3250. Calculs réalisés avec le moteur ThCE2005 (V1.1.3 du 12/12/08) conçu par le CSTB.



1_Le levage des panneaux ossature bois. 2_La pose en préfabrication de panneaux avec du bardage vertical est plus facile qu'avec du bardage horizontal. 3_Le moment où l'on réalise la toiture terrasse est toujours délicat jusqu'à la pose de l'étanchéité. 4_La fibre de bois prend place entre les montants d'ossature.

Volume de bois mis en œuvre

Estimation effectuée avec la méthode de calcul fixant le volume de bois incorporé dans certaines constructions, selon l'Arrêté du 13 septembre 2010.

Volume total de bois dans l'ouvrage (m³)	102
Surface hors œuvre nette de l'ouvrage (SHON en m²)	427
Volume de bois (dm³/m² SHON)	238



Caractéristiques de l'opération

Typologie	6 logements d'habitation basse consommation.
Construction	1 bâtiment en R+2 avec garage en sous-sol. Rez-de-chaussée : 2 logements séjour cuisine - 1 chambre, local poubelle, 6 caves. R+1 : 1 T3 et 1 T4. R+2 : 1 T3 et 1 T4.
Structure	Structure noyau béton pour les communs. Ossature bois pour murs et planchers. Toiture terrasse végétalisée.
Isolant	Murs : 150 mm de laine de bois et contre isolation extérieure. 60 mm de fibre de bois densifiée.
Menuiserie extérieure	Menuiseries bois.
Vêture	Bardage Pin traité classe IV teinte marron.
Vitrage occultation	Volets roulants électriques.
Ventilation	VMC simple flux hygro B / autoréglable.
Chauffage	Bois + chaudière gaz de secours.
Eau chaude sanitaire	Le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont assurés par une chaudière aux granulés de bois. Des panneaux photovoltaïques sont intégrés.
Label	BBC EFFINERGIE. RT 2005 au sens ThCE.

Philippe Meunier, maître d'œuvre de conception

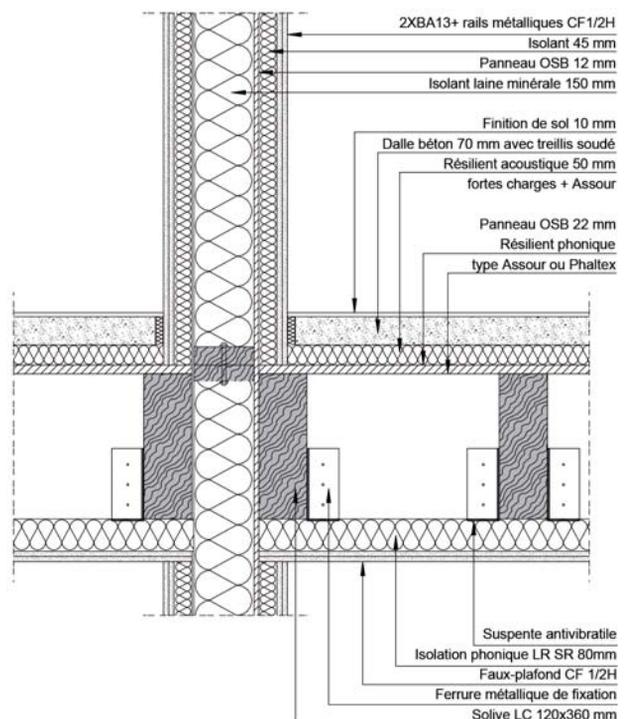
«Nous avons peu de marge pour l'implantation du bâtiment au regard du prospect et du plan général de la ZAC. La forme trapézoïdale en résulte avec son cortège de difficultés statiques pour contreventer l'ouvrage d'autant plus que les parties les plus fines du bâtiment sont orientées au sud avec forcément la façade la plus ouverte. La conception bois n'obéit pas aux mêmes règles que la maçonnerie où un trumeau de 20 ou 40 en béton peut assurer une stabilité. En l'occurrence, c'est le panneau complet qui contrevente, donc effectivement, la solution bois nous emmène à une autre forme de conception. Pour tout dire, la forme de ce bâtiment est contraignante pour une construction bois.

L'option « tout bois » du cahier des charges, impliquant des planchers, des refends et les façades en bois, a fortement impacté notre travail, en démultipliant les détails. Mais c'est indispensable pour obtenir, notamment, une acoustique de qualité, naturellement attendue du futur propriétaire. A l'agence, nous n'avons pas l'habitude de construire en bois, hormis des maisons individuelles. Ce projet est un de nos premiers projets significatifs en bois, et nous en avons mesuré l'exigence à cette échelle de logements collectifs. La conception s'est faite en étroite collaboration avec le bureau d'études structure bois. Echange indispensable mais fructueux pour trouver les solutions optimales conjuguant l'architecture et la stabilité.

Nous avons poussé la conception jusqu'à l'étape du DCE. Il y a deux ans, une maquette à l'échelle 1/25^e avait été réalisée et montrée à la biennale du développement durable. C'était avant tout une maquette de communication mais elle a été conçue de manière structurelle et elle nous a permis de vérifier la structure. Elle avait également un but pédagogique : montrer à tout le monde comment faire un bâtiment R+2 en bois.»

Détails techniques

Coupe verticale sur séparatif logements



Pourquoi le choix de faire un bâtiment tout bois ?

«Pour cette ZAC, nous avons déjà réalisé une première tranche de logements BBC, en béton avec des balcons en bois. C'était notre première confrontation avec le matériau. Pour la deuxième opération, nous avons deux bâtiments à réaliser : un collectif assez classique et un petit bâtiment. Voulant privilégier un bon bilan carbone dans une opération à forte exigence environnementale, nous avons « franchi le pas » et opté pour une construction du petit bâtiment « tout bois ». C'était pour nous l'occasion d'acquérir de l'expérience sur ce mode constructif, en BBC, et d'avoir des notions de prix réels. Nous ne voulions pas faire appel aux produits industriels -type KLH par exemple- pour ne pas être prisonnier d'un fournisseur. Ce projet devait nous permettre de tester cette construction bois en termes de prix de revient mais aussi, techniquement et commercialement. Nous voulions également prouver qu'un bâtiment en bois peut être aussi performant qu'un bâtiment béton, et nous voulions être capable de le vendre à des clients intéressés par ce type de construction.

A l'avenir, le « tout bois » sera privilégié sur des petits bâtiments collectifs, type R+1. Pour l'heure, notre politique « bois » s'oriente plutôt vers des bâtiments mixtes bois-béton, avec des dalles béton et des façades bois.»

D'où vient la forme singulière du bâtiment ?

«Cette forme de trapèze résulte du choix de l'aménageur, dans son plan de masse. C'est malheureusement une forme peu adaptée à la structure bois. Le fait d'être en zone sismique nous a aussi contraint à quelques parties d'ouvrage en béton car la structure bois seule n'était pas suffisante pour contreventer le bâtiment.

Notre équipe d'ingénierie était très motivée. Tous savaient que nous voulions construire en bois, quels que soient les problèmes qui pourraient apparaître. C'est la force du maître d'ouvrage de se donner les moyens de réussir un challenge en disant « on souhaite faire cela et on y va ! »

L'analyse des prix de revient fait ressortir un surcoût pour le plancher bois. Par contre, la façade bois n'est pas plus chère qu'une façade béton isolée. À performance égale, le prix est équivalent. Nous voulions vraiment tester ce bâtiment tout bois en évitant les solutions intermédiaires comme les planchers collaborants bois-béton. Grâce aux résultats thermiques, acoustiques et économiques, nous saurons optimiser au mieux la prochaine opération. Nous sommes satisfaits de voir que ce bâtiment fonctionne bien. Nous avons désormais tous les éléments en main pour « reproduire » ce concept et le vendre.

Le bois présente l'avantage de construire beaucoup plus vite qu'un bâtiment conventionnel. Ce bâtiment a été levé en trois semaines ! Pour un promoteur, un tel gain de temps est loin d'être négligeable ! Le délai est un élément crucial qui peut avoir un impact financier et commercial sur la vente du bien. Ce chantier a été riche d'enseignements pour tout le monde, y compris pour les entreprises dont c'était le premier bâtiment bois.»



Prix ht de construction constatés

Les coûts présentés sont issus du récapitulatif montant total marché, soit le montant total des offres des entreprises visées. Ils ont été actualisés avec l'indice BT01 du mois d'octobre 2012 : 876.6 du JO du 30/01/2013. Les lots indiqués en rouge correspondent aux lots bois.

DESIGNATION	MONTANT actualisé € ht	MT actualisé € ht/m ² - SHON	MT actualisé € ht/m ² - SHAB	% montant du lot ramené au montant sous total de construction
		428 m ²	375 m ²	
Installation de chantier				
VRD				
Terrassement				
Gros-œuvre	53 166	124	142	9%
Chapes	10 900	25	29	2%
Charpente bois	Compris lot ossature / structure			
Charpente métallique				
Ossature / structure	175 053	409	467	30%
Plancher				
Menuiserie extérieure	20 154	47	54	3%
Couverture				
Etanchéité	21 372	50	57	4%
Bardage	49 250	115	131	8%
Occultation bois				
Occultation PVC				
Occultation métal				
Façades				
Isolation				
Serrurerie	22 670	53	60	4%
Conduits fumées				
Traitement antitermites				
Mur végétal				
Clos couvert	352 565	825	940	60%
Menuiserie intérieure	18 270	43	49	3%
Serrurerie intérieure	-1	0	0	
Carrelage faïence	23 700	55	63	4%
Sols souples				
Parquets	9 494	22	25	2%
Cloison doublage	43 801	102	117	7%
Faux plafond				
Peinture	21 465	50	57	4%
Parachevement	116 730	273	311	20%
Electricité	40 474	95	108	7%
Plomberie	20 700	48	55	4%
VMC	6 287	15	17	1%
Chauffage	42 563	100	114	7%
Chaufferie				
Solaire				
Photovoltaïque	9 656	23	26	2%
Garage				
Ascenseur				
Télévision				
Réseau souple				
Equipements	119 680	280	319	20%
Sous total construction	588 975	1 378	1 571	100%
Espace vert				
Terrassement				
Démolition				
Aménagements autres				
Aménagements autres 2				
Aménagement extérieur	0	0	0	
Coût total construction	588 975	1 378	1 571	

1_La structure bois en cours de montage.

Ex 7

24 logements BBC R+2 à Veurey-Voroise (38)

5 petites résidences locatives s'intégrant parfaitement dans l'environnement. CONSTRUCTION 2013



Le programme

Réalisation de 24 logements locatifs sociaux répartis en 5 bâtiments et 13 garages boxés.

Les intervenants

- Maître d'ouvrage : SAIEM Grenoble Habitat (38)
- Architecte : R2K Architectes, Grenoble (38)
- BE bois : Arborescence, Bourg-Saint-Maurice (01)
- Entreprise bois : SDCC, Varcès-Allières-et-Risset (38).

Le choix constructif

Béton pour certains rez-de-chaussée.
Bois pour les murs, planchers et charpente.

Les caractéristiques générales

Livraison : 2013
Surface SHON : 1929m²
Surface habitable : 1628m²
Composition : 24 logements en 5 bâtiments R+3 : 3 T2, 9 T3, 10 T4 et 2 T5.
Coût total de travaux actualisé : 2 669 945 € ht
Performance énergétique : 90 kWh/m²/an.



PLAN DU NIVEAU R+1



1_Démarrage des lots bois sur le chantier. 2_Vue d'ensemble de l'opération.
3_Plan de masse.

Résultats des mesures d'infiltrométrie

Tests réalisés conformément à la norme **NF EN 13829** et **GA P50-784**, selon les Arrêtés du **24 mai 2006** relatifs aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment et du **13 juin 2008** relatif à la performance énergétique des bâtiments existants.

Le bâtiment n'étant pas terminé à la date de cette publication, les résultats des mesures d'infiltrométrie sont des mesures intermédiaires, réalisées avant la pose des parements intérieurs.

POUR LE LOGEMENT COLLECTIF	RT 2005	Q4Pa-Surf	n50	AI	
	BBC Effinergie	1	≈ 2,6	≈ 2,2	
	Passif	≈ 0,28	0,6		
Mesure 1		0,82	0,7	92,7	
Mesure 2		0,3	0,58	65,6	
Résultats		0,56	0,64		

Q4Pa-Surf : perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa de différentiel de pression, en m³/(h.m²).
 n50 : taux de renouvellement d'air sous 50 Pa de différentiel de pression, en vol/h.
 ATbat : surface de parois déperditives, hors planchers bas, en m².

* Selon la règle d'échantillonnage définie dans le guide d'application GA P 50-784, pour un ensemble supérieur à 30 logements, il faut tester 6 logements ayant les plus grandes valeurs de PI+PVI/SHI et étant répartis aux niveaux extrêmes et un au niveau intermédiaire.



1 Pose des premiers murs ; nous remarquons le pare vapeur en attente au droit du plancher et la maillière qui portera les solives. **2 & 3** Le pare-vapeur est en attente devant le plancher, il sera raccordé avec un scotch sur le pare-vapeur du mur. **4 & 5** Pose de la chape sèche, composée de plaques Fermacell et d'un granulat. **6** Les efforts horizontaux, dus à la zone sismique, sont repris avec des croix de Saint-André. **7** Vue sur l'ensemble de l'opération en chantier.

Résultats des mesures acoustiques

Mesures acoustiques

Isolement vis-à-vis du bruit de l'espace extérieur.

Contexte contractuel : Certification Qualitel et Habitat & Environnement.

Les textes réglementaires applicables sont l'Arrêté du 30 juin 1999 et l'Arrêté du 30 mai 1996, modifié par l'Arrêté du 17 avril 2009. Les mesures sont réalisées selon la norme NFS 31-057.

Résultats des mesures acoustiques entre intérieur et extérieur	Objectif en dB	Valeurs mesurées en dB
Isolement acoustique standardisé en vertical dB	DnT,A ≥ 53	59 - 60
Isolement acoustique standardisé en horizontal dB	DnT,A ≥ 53	73 - 69 - 73
Niveau de bruit de choc en vertical db	L'nT,w ≤ 58	49 - 48
Niveau de bruit de choc en horizontal db	L'nT,w ≤ 58	35 - 33 - 48
Isolement de façade	DnT,A ≥ 30	46

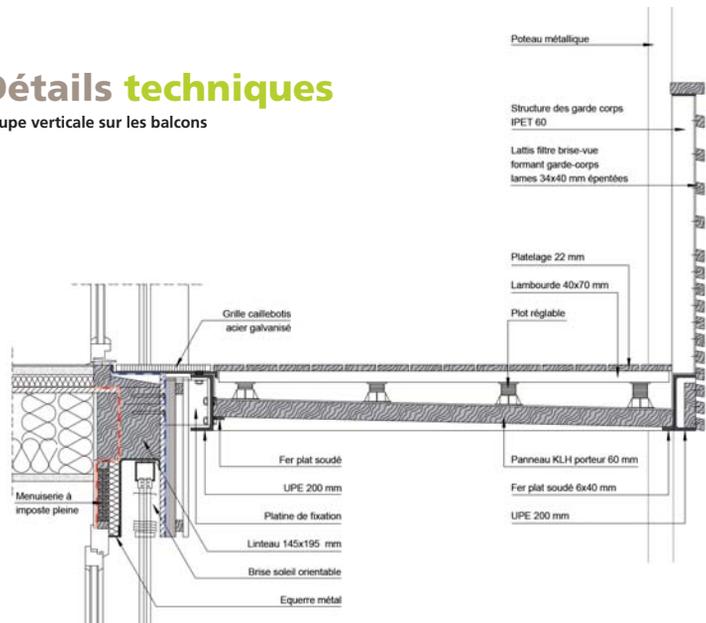
Il est toléré un écart de 3 dB vis-à-vis de l'objectif afin de tenir compte des incertitudes de mesure.

C = conforme ou conforme dans l'incertitude de mesure.

NC = non conforme à l'objectif.

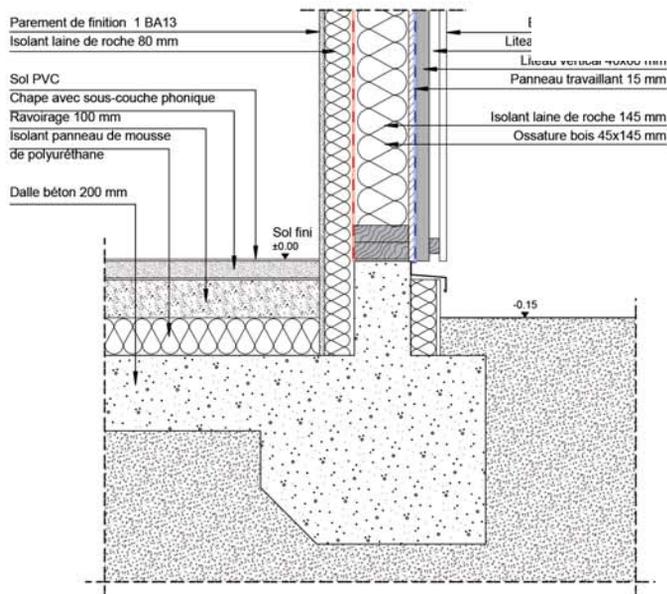
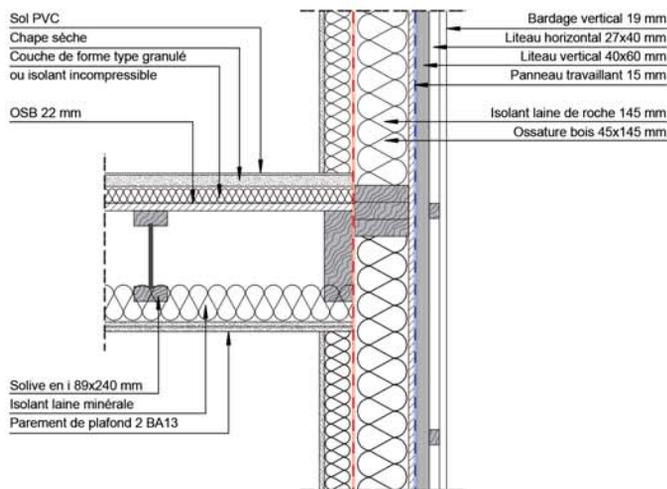
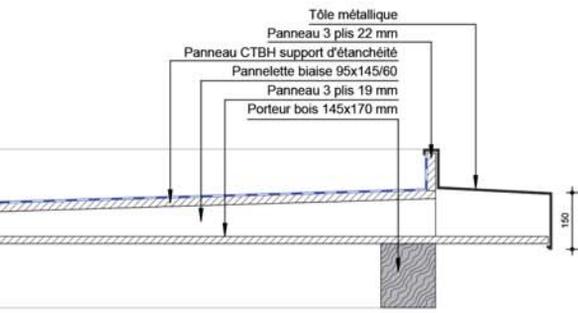
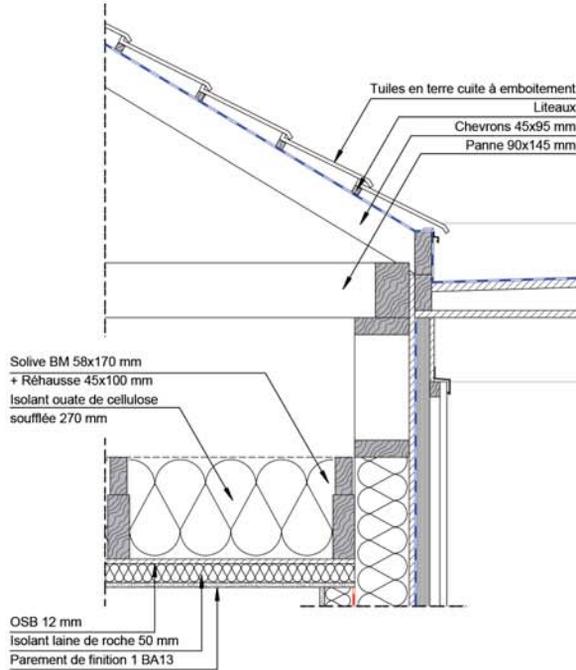
Détails techniques

Coupe verticale sur les balcons



Détails techniques

Coupe verticale sur pied de mur, plancher et toiture



Jean-Paul Roda, agence R2K architectes

Quelle a été la position du maître d'ouvrage face à l'utilisation d'un système bois ?

« Dans le cas présent le maître d'ouvrage a affiché sa volonté de construire en bois dès la genèse du projet en concordance avec la volonté politique forte de la commune d'utiliser le bois. Et avec le contexte très paysager du site en contrebas du centre village.

C'est dans ce contexte que la maîtrise d'ouvrage nous a sollicités pour concevoir ce projet connaissant très bien notre expertise de la construction bois.

Pas de réticence particulière de la MOA, si ce n'est bien sûr de construire au prix habituel du logement social et d'apporter des réponses fiables sur l'acoustique et le feu (pas de certification qualitel). Cependant, nos premières estimations ont confirmé le dépassement du budget, non pas du fait de construire en tout bois mais d'avoir fait le choix d'une typologie d'habitat intermédiaire pour répartir les 24 logements dans cinq bâtiments, au lieu d'un seul, et des aménagements extérieurs bien plus importants. Le choix de la maison multifamiliale était un choix consensuel partagé par tous qui répondait très bien au contexte très village de la commune constituée pour l'essentiel d'un tissu urbain de maisons individuelles.

Devant notre difficulté de tenir l'enveloppe financière initiale, la MOA nous a demandé d'évaluer des solutions mixtes (plancher béton et enveloppe bois). Nous avons très vite démontré que cette solution était plus chère que le tout bois, car il fallait multiplier les poteaux périphériques béton pour tenir les dalles.»

Comment s'est passée la consultation des entreprises ?

« Nous avons au départ proposé des macro-lots, source potentielle d'économie et limiter le nombre d'intervenants sur site favorable à une meilleure coordination de chantier. La maîtrise d'ouvrage ne l'a pas souhaité et a préféré une consultation classique de plusieurs lots estimant que la multiplicité des lots et des offres étaient davantage favorable à l'obtention d'un prix compétitif. Nous nous sommes finalement retrouvés avec un charpentier, un couvreur, un serrurier, un menuisier, un étancheur.

Nous sommes persuadés que le regroupement de plusieurs lots compatibles entre-eux est très favorable à une forte préfabrication en atelier avec par exemple menuiseries extérieures posées, isolation etc... C'est une source potentielle de forte économie, les heures d'atelier étant a priori moins chères et la productivité plus forte (pas d'intempérie), c'est un gage de qualité accrue par exemple pour l'étanchéité à l'air entre mur et menuiserie ainsi qu'une phase chantier simplifiée.

Il y a encore beaucoup à faire sur ce point, mais les choses changent vite et nous commençons à trouver une vraie concurrence entre entreprises multi-lots. Pas forcément sous la forme d'intégration de toutes les compétences au sein d'une même entreprise, mais également issue d'un regroupement temporaire de plusieurs entreprises indépendantes.»



Comment se grouper pour répondre ensemble ?

«Les entreprises doivent mettre en place de nouvelles synergies pour s'organiser et adhérer à ce processus en gagnant encore en compétitivité.

La répartition des responsabilités dans la fabrication d'un ouvrage doit également évoluer ; par exemple si le menuisier fournit la fenêtre au charpentier qui la pose dans son mur en atelier, qui devient responsable sur le chantier en cas de défaillance d'étanchéité à l'air de l'ouvrage ?

Nous avons besoin d'un montage juridique adapté entre les entreprises si elles sont différentes pour répondre ensemble à un processus de préfabrication de plusieurs lots intégrés.»

Pouvez-vous caractériser les offres des entreprises ?

«Près d'une dizaine d'entreprises d'ossature bois et charpente ont répondu. C'était une grosse surprise. Certaines venaient de loin. L'entreprise SDCC, entreprise locale et mieux-disante qui a été retenue, se situait environ 10% en dessous de notre estimation.

L'écart avec les autres offres se justifiait en partie par une utilisation optimisée de l'outil numérique pour fabriquer les murs et d'un coût de pose du bardage en atelier très performant. C'est d'ailleurs quasiment sur ce poste que la différence s'est faite avec le deuxième. Il est clair que notre choix d'une répétitivité dimensionnelle pour les cinq plots a participé à ce gain.»

Faire ces bâtiments en bois permet-il de construire plus vite ?

«Dans l'absolu, oui, si le temps de préfabrication est bien géré dans le planning général. Quand l'ossature bois arrive sur le chantier, l'émergence soudaine de ces murs qui s'assemblent et se montent en très peu de temps sur les socles de béton est très gratifiante. Pour le second œuvre, on ne peut pas dire qu'il y a vraiment un gain de temps sauf à en faire plus en atelier et optimiser le temps de pose sur le chantier. Nous sommes dans le cas présent à peu près à 11 mois de chantier, nous pourrions avoir un gain de temps possible de deux ou trois mois avec des macro-lots élargis.»

Si c'était à refaire, que faudrait-il améliorer ?

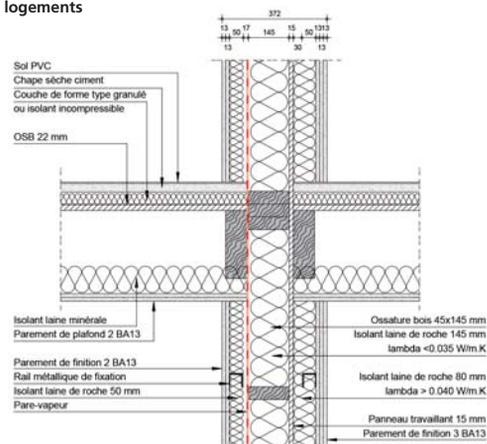
«Sur l'aspect technique, optimiser l'ergonomie des fluides particulièrement dans les planchers. L'ingénieur fluides raisonne encore trop souvent « construction classique » avec la dalle béton qui absorbe dans son épaisseur les tubes électriques ou de chauffage. La logique bois est très différente.

Dans le cas présent nous nous sommes retrouvés à percer des solives pour passer des fourreaux car le plénum sous les poutres était trop faible. Nous pouvions imaginer avoir certains réseaux apparents dans l'ossature bois sans dénaturer le logement, il existe des gaines et des fourreaux très esthétiques !

Sur l'aspect opérationnel, je pense qu'on se doit d'être beaucoup plus convaincant pour faire admettre l'idée du macro-lot et le gain économique qui en découle pour nos maîtres d'ouvrages lorsque nous construisons en tout bois.»

Détails techniques

Coupe verticale sur séparatif logements



Performances thermiques

Grenoble : 6 logements SHON = 427,53 m²

DÉTAILS	Projet	Référence	Ecart en %
Ubat du bâtiment	0,43	0,57	25
Coefficient Cep (kWh énergie primaire / m²)	90,72	158,44	43
CHAUFFAGE			
Gaz	276	0	0
Bois	19 316	37 950	49
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	45,83	88,77	48
REFROIDISSEMENT			
EAU CHAUDE SANITAIRE			
Gaz	138	0	0
Bois	15 143	20 855	27
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	35,74	48,78	27
ECLAIRAGE			
Électrique	1 498	1 249	-20
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	9,04	7,54	-20
AUXILIAIRES			
Électrique	549	833	34
Ventilateurs (électrique)	1 138	1 379	17
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	3,31	5,03	34
Vent - Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	6,87	8,32	17
Photovoltaïque			
Électrique	1 670	0	0
Total énergie primaire (kWh EP/m ²)	10,08	0	0

U22Win 2005 V. 4.8.0 évalué EVAL. 2010.02. Licence 3250. Calculs réalisés avec le moteur ThCE2005 (V1.1.3 du 12/12/08) conçu par le CSTB.



1_Les balcons préfabriqués incorporent la structure principale, la sous-face, la forme de pente et son étanchéité, et le platelage en partie supérieure. 2&3_ Le choix d'un bardage vertical est préférable dans une optique de préfabrication ; on limite l'intervention après levage, à la réalisation des étanchéités entre panneaux, et la pose des lames manquantes. 4&5_Les passages de gaines sont individualisés pour gérer l'étanchéité à l'air. 6_L'escalier métallique est indépendant de la structure, pour limiter les transmissions acoustiques.

Volume de bois mis en œuvre

Estimation effectuée avec la méthode de calcul fixant le volume de bois incorporé dans certaines constructions, selon l'Arrêté du 13 septembre 2010.

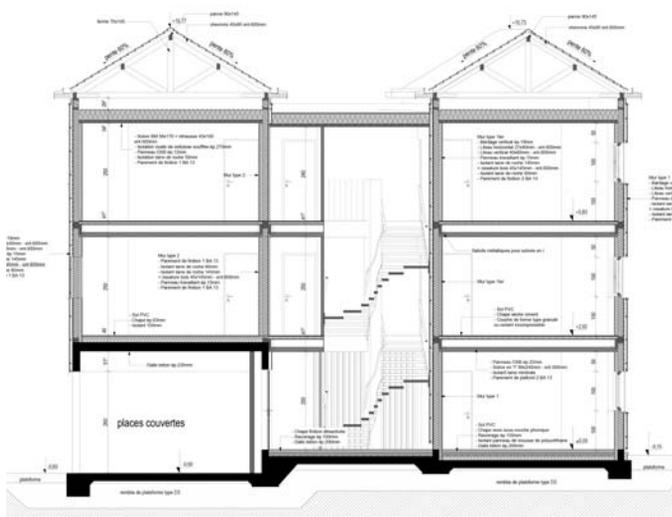
Volume total de bois dans l'ouvrage (m³)	325
Surface hors œuvre nette de l'ouvrage (SHON en m²)	1 929
Volume de bois (dm³/m² SHON)	169



Caractéristiques de l'opération

Typologie	24 logements en 5 bâtiments R+3 : 3 T2, 9 T3, 10 T4 et 2 T5.
Construction	Bâtiment 1 : local vélo et 7 caves et 3 T4. Bâtiment 2 : 12 caves et 3 T3. Bâtiment 3 : 6 places de parking couvertes, 1 T2, 2 T4 et un duplex T5. Bâtiment 4 : local vélo et chaufferie, 1 T2, 2 T3, 1 T4 et 1 T5. Bâtiment 5 : 6 places de parking couvertes, 1 T2, 2 T3 et 2 T4. Balcons pour chaque logement en étage.
Structure	Plancher bas rez-de-chaussée, plancher dalle pleine logements et murets des jardins en BA Voiles verticales extérieurs en béton armé. Cloisonnement des caves, locaux vélos et gaines techniques au rez-de-chaussée et local poubelle en bloc aggloméré. Ossature bois pour mur intérieur, pour cage d'escalier commune de chaque bâtiment. Plancher, plafond intermédiaires entre deux niveaux de murs à ossature bois en panneaux OSB sur solivage. Charpente bois traditionnelle avec pente à 60% et toiture végétalisée. Toiture local poubelles chevron et lisse bois. Balcon avec porteur Douglas, panneaux CTBH, habillage 3 plis.
Isolant	Pied de mur : 100 mm de panneaux de mousse de polyuréthane contre les longrines des logements rez-de-chaussée. Sous chape du RDC : 100 mm de panneaux de mousse de polyuréthane. Murs ossature bois : 145 mm de laine de roche. Toiture : 270 mm de ouate de cellulose insufflée sous toiture végétalisée.
Menuiserie extérieure	Porte-fenêtre bois ouvrant à la française. Châssis ouvrants bois.
Vêture	Bardage bois Mélèze ou Douglas sur liteau, pose jointif rainuré languette.
Vitrage	Double vitrage isolant clair à faible émissivité $R_w + C_{tr}$ de 31 dB mini. $U_w \leq 1,3W/m^2 \cdot ^\circ C$ $U_g = 1,1W/m^2 \cdot ^\circ C$
Occultation	Volets coulissants bois avec bardage vertical sur cadre métallique. Volets coulissants bois avec panneaux composites sur cadre métallique. Brises vues ajourés.
Ventilation	VMC individuelle simple flux hygro-réglable type B présente dans le ballon d'eau chaude sanitaire thermodynamique. Bouche d'entrée d'air acoustique hygro-réglable.
Chauffage	5 chaudières gaz murales à condensation, collectives pour les 5 bâtiments. $P = 25,5kW$. Diffusion par radiateurs moyenne température et sèches serviettes à eau. Régulation par vanne thermique tout ou rien commandé par thermostat d'ambiance avec programmeur général semi hebdomadaire.
Eau chaude sanitaire	Production individuelle par ballon thermodynamique 200L sur l'air extrait intégrant une pompe à chaleur inversée et un caisson de ventilation basse consommation.
Label	BBC EFFINERGIE. QEB REGION RHONES-ALPES.

COUPE TRANSVERSALE



Qui a proposé le système constructif sur cette opération ?

«C'était dans le cahier des charges depuis le départ. Nous avons répondu à un appel d'offres classique où le bureau d'étude bois et l'architecte avaient déjà établi la conception en murs à ossature bois. Les améliorations ont porté sur la pose des bardages en atelier avec l'intégration des bavettes à certains niveaux, des petits «U» en protection de bardage. Nous fabriquons nos panneaux de bardage de A à Z. Pour les panneaux de toiture, nous avons échangé avec l'architecte pour pouvoir préfabriquer les panneaux de toitures et les balcons.»

Quelles sont les techniques nouvelles mises en œuvre sur ce chantier ?

«La préfabrication des balcons et des panneaux toitures. En raison de l'architecture anguleuse du projet, nous avons pris le parti de gérer les difficultés et les sujétions en amont, au bureau d'études et à l'atelier. Puis, préfabrication maximum. Nous avons préfabriqué tous les panneaux de toiture avec les sous-faces de forget en 3 plis Mélèze. Nous avons également préfabriqué les panneaux de toiture, compris le débord de toiture support d'étanchéité ; l'insufflation de ouate de cellulose a été réalisée en atelier. En phase de chantier, il ne restait que le levage de ces panneaux qui étaient déjà finis. Levage d'ailleurs sans problème, car tout avait été vu en amont.

A noter que, pour la préfabrication des balcons, nous avons appliqué en atelier une étanchéité en résine spécifique pour support bois, ce qui nous a permis d'intégrer à l'atelier les «trop pleins», et même le platelage Mélèze fini.»

Pour être plus performant sur des prochains chantiers, quels points l'architecte pourrait-il prendre en compte ?

«Le choix d'une pose de bardage en vertical est très intéressant pour gérer la liaison des panneaux. En réservant à l'atelier 2 lames à poser sur le chantier, cela nous permet de garder un espace suffisant pour traiter l'étanchéité à l'eau après la pose du panneau à ossature bois. Il reste simplement à rajouter les 2 lames manquantes pour finir le bardage.

L'étanchéité des balcons était au lot de l'étanchéité et pas dans notre lot. Après l'attribution des lots, il a fallu que l'on procède à un échange avec le lot couverture-étanchéité pour qu'il nous rétrocède l'étanchéité des balcons en fourniture et pose, et nous l'avons intégrée dans notre marché. En effet, nous avions la structure métallique, les panneaux bois support d'étanchéité et le Mélèze ; et entre les deux, il y avait l'étanchéité. Il a donc fallu gérer cela avec une sous-traitance, une négociation de prix... Un aspect administratif à traiter et une perte d'énergie dont on aimerait se passer.

De même, les gardes corps de ces balcons n'étaient pas à notre lot, et bien qu'il avait été convenu avec le serrurier qu'il les livrerait sur chantier afin que nous puissions les monter au sol avant le levage, cela n'a jamais été le cas ! Des gardes corps provisoires ont donc été mis en place : perte de temps, d'argent, d'efficacité.»

De votre point de vue d'entrepreneur, comment optimiser une opération comme celle-ci ?

«Ce serait qu'il y ait un macro-lot enveloppe incluant l'étanchéité de toiture, la couverture, les menuiseries extérieures. Ce macro-lot nous aurait permis d'aller encore plus loin dans la préfabrication (menuiseries posées en atelier, étanchéité de toiture centrale posée à l'atelier) et d'améliorer encore la performance de l'ouvrage. Contrairement à ce qu'imagine le maître d'ouvrage, les mêmes entreprises auraient répondu à l'appel d'offres. La pose du bardage en atelier permet de réaliser de vraies économies.

En atelier, nous allons plus vite et la qualité de travail est meilleure sans compter l'économie pour la mobilisation de la nacelle.»

Votre prix de vente est-il satisfaisant pour l'entreprise ?

«Le fait de préfabriquer nous permet de faire des prix efficaces, tout en maintenant la valeur ajoutée nécessaire au fonctionnement de l'entreprise. Ensuite, c'est une question de maîtrise sur chantier, sans dérapage.»

Prix ht de construction constatés

Les coûts présentés sont issus de la décomposition du prix global et forfaitaire, soit les offres des entreprises non visées. Ils ont été actualisés avec l'indice BT01 du mois d'octobre 2012 : 876.6 du JO du 30/01/2013. Les lots indiqués en rouge correspondent aux lots bois.

DESIGNATION	MONTANT actualisé € ht	MT actualisé € ht/m ² - SHON	MT actualisé € ht/m ² - SHAB	% montant du lot ramené au montant sous total de construction
		1929 m ²	1628 m ²	
Installation de chantier		compris lot terrassement		
VRD	115 000	60	71	5 %
Terrassement	42 000	22	26	2 %
Gros-œuvre	280 000	145	172	10 %
Chapes				
Charpente bois		compris lot ossature / structure		
Charpente métallique				
Ossature / structure	797 400	413	490	32 %
Plancher				
Menuiserie extérieure		compris lot Menuiserie intérieuree		
Couverture	165 000	86	101	7 %
Etanchéité		compris lot ossature / structure		
Bardage		compris lot Menuiserie intérieuree		
Occultation bois				
Occultation PVC				
Occultation métal	24 883	13	15	1 %
Façades				
Isolation				
Serrurerie	125 000	65	77	5 %
Conduits fumées				
Traitement antitermites				
Mur végétal				
Clos couvert	1 549 283	803	952	62 %
Menuiserie intérieure	183 157	95	113	7 %
Serrurerie intérieure				
Carrelage faïence	18 900	10	12	1 %
Sols souples	44 000	23	27	2 %
Parquets				
Cloison doublage	262 887	136	162	10 %
Faux plafond				
Peinture	71 218	37	44	3 %
Parachèvement	580 162	301	356	23 %
Electricité	127 500	66	78	5 %
Plomberie	138 787	72	85	6 %
VMC	17 653	9	11	1 %
Chauffage	96 560	50	59	4 %
Chaufferie		compris lot chauffage		
Solaire				
Photovoltaïque				
Garage				
Ascenseur				
Télévision				
Réseau souple				
Equipements	380 500	197	234	15 %
Sous total construction	2 509 945	1 301	1 542	100 %
Espace vert		compris lot terrassement		
Terrassement	160 000	83	98	
Démolition				
Aménagements autres				
Aménagements autres 2				
Aménagement extérieur	160 000	83	98	
Coût total construction	2 669 945	1 384	1 640	

Ex 8

62 logements en 2 collectifs R+3, intermédiaires et individuels à Vertou (44). Opération réalisée avec des panneaux en bois massif, par une entreprise générale bois. CONSTRUCTION 2012



1

Le programme

Réalisation de 2 collectifs :

- le premier collectif R+3 de 32 logements (avec parking enterré),
- le deuxième collectif R+3 de 11 logements, puis 13 logements intermédiaires et 6 maisons individuelles.

Les intervenants

- Maîtres d'ouvrages : Atlantique Habitations et GHT Saint-Herblain (44)
- Architecte : forma6, Nantes (44)
- BE acoustique : Acoustibel, Chavagne (35)
- Entreprise générale Mureko, Saint-Herblain (44).

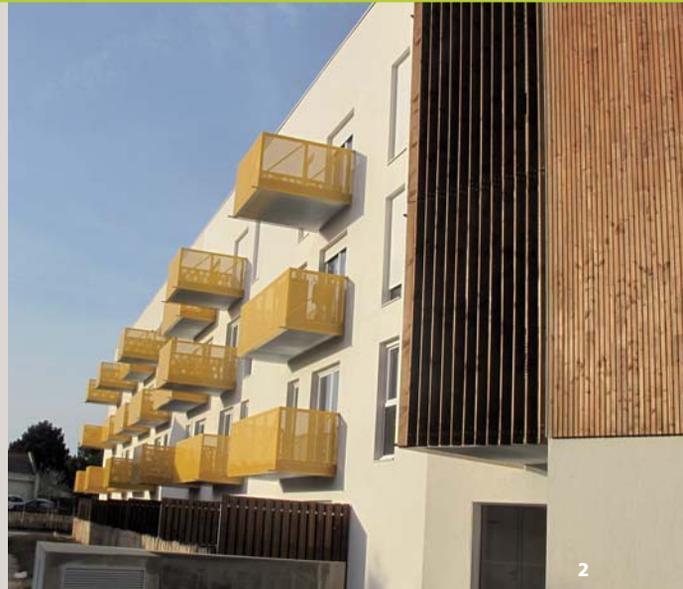
Le choix constructif

Les deux premiers collectifs : élévation tout en bois massif contrecollé, plancher et mur type KLH. Toiture terrasse non accessible isolée avec revêtement bituminé, ITE enduit. Cage ascenseur en bois massif dans le premier collectif.

Les 13 logements intermédiaires et 6 maisons : élévation en bois massif contre cloué, type MHM, plancher sur solivage, toiture fermette 2 pans en zinc naturel, panache d'ITE en panneau de résine, bardage bois vertical type Douglas et bac zinc.

Les caractéristiques générales

Livraison : 2012
 Surface SHON : 5 575 m²
 Surface habitable : 4 211 m²
 Composition : 14 T2, 34 T3, 12 T4, 2 T5
 Coût total de travaux actualisé : 6 447 356 € ht
 Performance énergétique : 43 kWhép/m²/an.



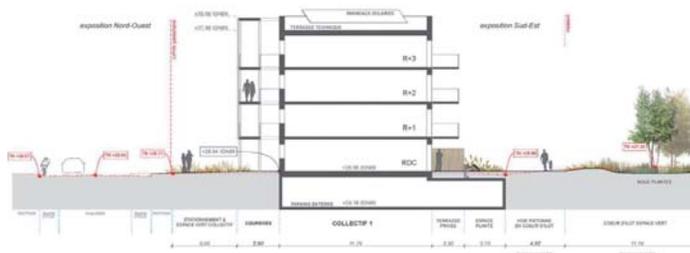
2



3

1_La structure bois est achevée. 2_Vue sur la façade sud des logements collectifs. 3_Plan de masse.

COUPE



Résultats des mesures d'infiltrométrie

Tests réalisés conformément à la norme **NF EN 13829** et **GA P50-784**, selon les Arrêtés du **24 mai 2006** relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment et du **13 juin 2008** relatif à la performance énergétique des bâtiments existants.

		Q4Pa-Surf	n50	AL
POUR LE LOGEMENT COLLECTIF	RT 2005	1,2	≈ 2,6	
	BBC Effinergie	1	≈ 2,2	
	Passif	≈ 0,28	0,6	
Résultats		0,32		

Q4Pa-Surf : perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa de différentiel de pression, en $m^3/(h.m^2)$.
n50 : taux de renouvellement d'air sous 50 Pa de différentiel de pression, en vol/h.
AL : Surface équivalente de fuite du bâtiment, en cm^2 .

La valeur de perméabilité à l'air obtenue est inférieure à la valeur BBC bâtiment collectif.



1. Façade principale. 2. Des ferrures sont en attente pour fixer les structures métalliques des accès aux logements. 3, 4 & 5. Les panneaux contrecollés sont acheminés. Le levage des murs/refends/planchers est terminé. 6. Les panneaux en bois contrecollés en cours de montage.

Résultats des mesures acoustiques

Le texte réglementaire applicable est l'Arrêté du 30 juin 1999. Les mesures sont réalisées selon la norme NFS 31-057.

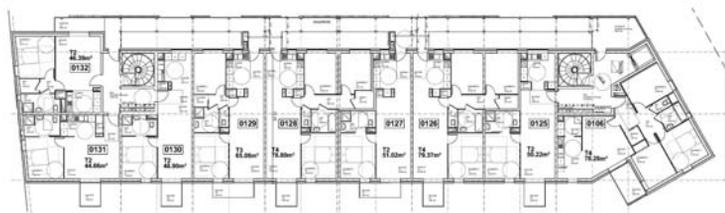
Résultats des mesures acoustiques entre logements et entre intérieur et extérieur	Objectif en dB	Valeurs mesurées en dB
Isolement acoustique standardisé en vertical	$DnT,A \geq 53$	57,53 (entre chambres)
Isolement acoustique standardisé en horizontal	$DnT,A \geq 53$	54,52,52 (entre chambres et entre séjours)
Niveau de bruit de choc en vertical	$L'nT,w \leq 58$	51,51,44 (Entre chambres)
Isolement de façade	$DnT,A,tr \geq 30$	NM

Il est toléré un écart de 3 dB vis-à-vis de l'objectif afin de tenir compte des incertitudes de mesure.

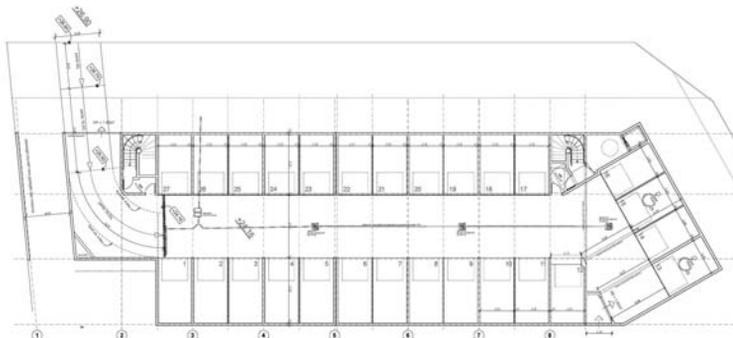
C = conforme ou conforme dans l'incertitude de mesure.

NC = non conforme à l'objectif.

ETAGE COURANT

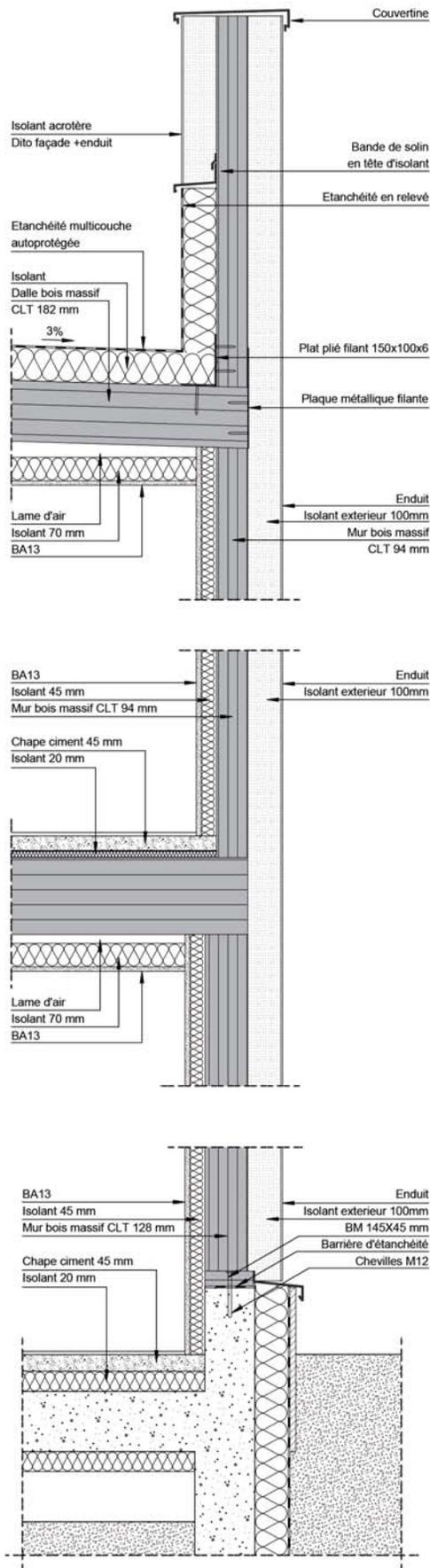


SOUS-SOL GARAGE



Détails techniques

Coupe verticale sur pied de mur, plancher et toiture terrasse



Architecte
forma6

Comment a été initié ce projet ?

« Dans le cadre de la création d'un éco-quartier, opération de 62 logements à performance BBC visée. »

Comment s'est passée la consultation d'entreprises ?

« Nous avons lancé la consultation en entreprise générale en proposant deux versions : une solution de base en béton et une variante en bois massif. Le bois massif avait notre préférence mais comme il est peu pratiqué, nous voulions rassurer le maître d'ouvrage en proposant une version béton. L'entreprise MUREKO a répondu en bois massif et a remporté le marché en entreprise générale. Ils ont ensuite fait le choix de leurs sous-traitants. En terme de prix, ils étaient compétitifs mais je ne suis pas certain qu'ils aient gagné de l'argent sur cette opération. »

Ils ont proposé 2 systèmes en bois massif : pour les 2 immeubles collectifs, un système KLH (panneaux de planches croisées collées), et pour les logements intermédiaires et maisons individuelles, ils ont adopté un système MHM (panneaux de planches croisées clouées).

Le MHM ne permet pas de monter très haut et de réaliser les planchers. Pour cette raison, le MHM est cantonné aux cœurs d'îlots et les collectifs sont en KLH. Pour optimiser les approvisionnements, MUREKO et un de ses partenaires ont monté une usine de panneaux MHM à Brest. »

Et au niveau de l'allotissement ?

« Ils ont assez classiquement découpé lot par lot en se conservant la pose du bois (voir Mureko). »

MUREKO est une entreprise bois qui est en train de se développer à la pratique d'entreprise générale.

Le système bois massif, à forte préfabrication et haute logistique requiert ce type de compétence. »

Quel était le contexte local ?

« Cette opération de logements est située en mitoyenneté d'une école maternelle et d'une école primaire. Auprès de la Ville de Vertou, notre argument pour construire en filière sèche, en l'occurrence en bois, était de minimiser les nuisances vis-à-vis des groupes scolaires. En plus, dans cette opération, les parcelles de maisons individuelles sont enclavées ; raison de plus pour limiter les nuisances grâce à une technologie de construction sèche. Les deux immeubles collectifs sont en R+3 en 2^e famille A. »

Comment avez-vous géré la problématique de l'acoustique ?

« En optant pour un principe de « boîtes dans la boîte » nous désolidarisons les espaces de vie des structures. Du coup, à l'intérieur, les panneaux de bois ne sont pas visibles. Durant toutes les études, nous nous sommes entourés des compétences du B.E Acoustibel de Rennes. Tous les détails ont été mis au point avec eux. L'entreprise a réalisé un prototype pour tester en conditions réelles les affaiblissements acoustiques, tant vis-à-vis de l'extérieur qu'entre logements, en transmissions horizontales et verticales. »

Les murs mitoyens entre logements ont été doublés sur leurs deux faces pour assurer l'acoustique entre logements. Une autre solution aurait été de fonctionner en double mur au



droit de ces murs mitoyens pour assurer une discontinuité totale des structures au droit des planchers et façades. Dans ce cas, il aurait fallu doubler tous les refends, puis désolidariser les planchers de la même manière et enfin, reprendre la stabilité de l'ensemble... Financièrement, impossible. C'est la raison pour laquelle nous avons retenu le système des « boîtes dans la boîte » avec doublages de part et d'autre des refends, chape sur plancher bois et faux-plafond acoustique en sous-face. Nous avons également des contraintes spécifiques en termes d'affaiblissement acoustique pour la façade sur la rue de Clisson, classée en catégorie 3, soit 38 dB requis.»

Quel dispositif avez-vous employé pour l'étanchéité à l'air ?

«Pour les collectifs, l'étanchéité à l'air est réalisée par le KLH, sans membrane. Pour le MHM utilisé pour les maisons et les logements intermédiaires, c'est une membrane pare-vapeur intérieure qui assure l'étanchéité à l'air.»

Comment s'est déroulé le chantier ?

«Plutôt bien en dépit du caractère expérimental, il a été piloté par une entreprise jeune qui manquait d'expérience en entreprise générale. Heureusement, il y avait des gens motivés et des compagnons compétents. Le travail avec les sous-traitants doit s'apprendre, un travail de contrôle, de synthèse... La construction bois massif c'est un grand confort. **Un chantier propre pendant toute la phase gros-œuvre.** Un chantier qui avance facilement grâce à la préparation en amont qui participe au déroulement sans accroc de la pose des éléments structurels.

Pour le collectif R+3 de 32 logements, nous montions un niveau tous les 15 jours. En une semaine, toutes les élévations étaient montées. La semaine suivante était consacrée à la mise en oeuvre des planchers. Entre ces deux étapes, les salles de bains préfabriquées étaient mises en place.

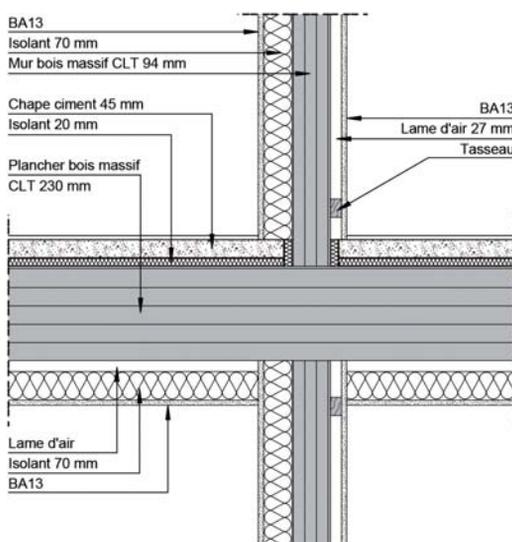
C'est une réelle satisfaction de voir s'élever le bâtiment si rapidement. Quelques soucis sont apparus à l'arrivée des sous-traitants. Dès l'instant où nous nous sommes retrouvés dans une configuration classique, le chantier est devenu un peu plus laborieux.

Nous sommes très satisfaits des performances environnementales apportées par la technique bois massif. Le déroulement du chantier en filière sèche nous a permis de minimiser au maximum les nuisances acoustiques et la production de déchets. En matière de bilan carbone, de par le volume important de bois mis en oeuvre, cette opération représente environ 1 185 tonnes de CO₂ stockées.»



Détails techniques

Coupe verticale sur séparatif logements



Performances thermiques

Bâtiment n°1 : bâtiment LC1

DÉTAILS	Projet	Référence	Ecart en %
Ubat du bâtiment	0,489	0,697	29,82
Coefficient Cep (kWh énergie primaire / m²)	42,99	83,65	48,61
CHAUFFAGE			
Gaz	23 434	82 935	71,74
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	9,88	34,95	71,74
REFROIDISSEMENT			
EAU CHAUDE SANITAIRE			
Gaz	42 523	78 366	45,74
Solaire	47 177,93	0	0
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	17,92	33,03	45,74
ECLAIRAGE			
Électrique	6 729	6264	-7,42
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	7,32	6,81	-7,42
AUXILIAIRES			
Électrique	1 328	1 342	1,02
Ventilateurs (électrique)	5 913	6 799	13,04
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	1,44	1,46	1,02
Vent - Total énergie primaire (kWh EP/m²)	6,43	7,39	13,04

U22Win 2005 V. 4.8.0 évalué EVAL. 2010.02. Licence 3250. Calculs réalisés avec le moteur ThCE2005 (V1.1.3 du 12/12/08) conçu par le CSTB.

1&2 Côté balcon, la façade est recouverte d'un enduit sur isolant ; de l'autre côté se trouvent les accès via une structure métallique. 3&4 Les vêtements des maisons individuelles alternent entre le zinc et le bois. 5 Vue sur l'axe piéton devant les maisons individuelles.

Volume de bois mis en œuvre

Estimation effectuée avec les quantitatifs de l'entreprise générale.

Volume total de bois dans l'ouvrage (m³)	1 185
Surface hors œuvre nette de l'ouvrage (SHON en m²)	5 574
Volume de bois (dm³/m² SHON)	212



Caractéristiques de l'opération

NB: le descriptif ci-dessous porte sur le collectif de 32 logements.

Typologie	Collectifs 1 : 1 bâtiment 32 logements. Collectifs 2 : 1 bâtiment 11 logements, hauteur 10,6 m. Intermédiaires : 1 bâtiment 13 logements. Intermédiaires : 6 maisons accolées en accession. Composition : 14 T2, 34 T3, 12 T4, 2 T5.
Construction	32 logements en R+3 sur niveau parking enterré, toiture terrasse non accessible.
Structure	Structure BA pour parking enterré, élévation en bois massif contrecollé, mur et plancher KLH, cage ascenseur en BM indépendante. Toiture terrasse isolée avec revêtement bi-couche bitumé, isolation thermique extérieure enduit.
Isolant	Paroi verticale sur extérieur : 16,1 cm de bois massif type MUREKO (R=1.70m²°C/W), isolation par l'extérieur 100 mm de PSE (R = 2,60m²°C/W) (Up = 0,22W/m²°C).
Menuiserie extérieure	Porte d'entrée : U = 1,20W/m²°C. Menuiseries extérieures PVC avec vitrage 4/16/4, remplissage ARGON, permettant d'atteindre : Uw = 1,50W/m²°C sans volets, Ujn = 1,30W/m²°C avec volets.
Vêture	Enduit RPE sur PSE. Bardage métallique. Bardage bois.
Vitrage	Vitrage 4/16/4.
Occultation	Coffres de volets roulants PVC de marque BOUVET ou équivalent. A.T. 6/05-1601, U = 1,49 + (0,38 / L) en W/m²°C.
Ventilation	VMC collective simple flux hygroréglable B de type Bahia équipée d'un caisson standard.
Chauffage	2 chaudières gaz : à condensation GUILLOT de type CONDENSINOX60 ou équivalent. P = 60 kW. Chaudière N°1 prioritaire, N°2 en cascade. Radiateurs moyenne température avec robinets thermostatiques. Programmation hebdomadaire par zone et régulation en fonction de la température extérieure.
Eau chaude sanitaire	20 capteurs solaires de 2m² en toiture orientés au sud, inclinés à 45° et non masqués. 1 ballon de stockage solaire 2000L
Label	Réglementation thermique RT2005. BBC EFFINERGIE

Jean-Michel Lepineau,
entreprise Muréko

L'appel d'offres avait-il été conçu pour le bois ?

«Non, au départ, c'était un appel d'offres tout béton ; nous étions en fin d'année 2008 et nous venions de créer MUREKO.

Mon associé et moi connaissons le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre. Nous leur avons présenté le concept MUREKO en bois massif. Dès lors, au moment du DCE, nous avons regardé le projet avec l'architecte pour voir s'il n'y avait pas de contrainte particulière pénalisant le bois. Il s'est avéré que cela pouvait se construire en bois massif.

L'appel d'offres a été lancé en béton ce qui orientait vers l'entreprise générale mais avec des variantes possibles. Nous avons répondu en béton avec une variante bois laquelle s'est avérée financièrement plus compétitive que l'option béton. Le principe de l'entreprise générale, y compris en structure bois, a permis des économies qui n'auraient pas été possibles en lots séparés.»

La construction correspondait-elle aux compétences de l'entreprise ?

«Nous avions les compétences « métier » mais pas encore une grande expérience en construction bois massif. En l'absence de DTU sur la mise en œuvre des murs en voiles de bois massif, il nous a fallu adapter notre mode constructif à la réglementation française. Nous avions les avis techniques des fabricants mais encore peu d'exemples de grosses réalisations en mur massif en France. Il nous a fallu procéder à toute une batterie de tests, thermiques, étanchéité, et feu pour apporter les réponses adéquates au bureau de contrôle qui manquait de références en la matière. Ce chantier nous a permis d'expérimenter « en grand » tous les tests que nous avions déjà réalisés sur des prototypes ou sur des maisons.»

Quels ont été les freins liés à l'utilisation du bois ?

«Bien sûr, le feu, mais les tests ont démontré la bonne tenue au feu du clos-couvert. Sont venues ensuite les problématiques acoustiques et thermiques. L'acoustique s'est résolue par désolidarisation des structures et des lieux de vie. L'isolation thermique par l'extérieur que nous privilégions consistait en un enduit sur isolant de type STO. Le système STO adapté à l'ossature bois, sous Avis Technique, est limité à des

bâtiments de 3 niveaux. Pour obtenir l'accord du bureau de contrôle, un groupe de travail avec les industriels et les bureaux de contrôle a permis la rédaction d'un cahier des charges validé par tous les acteurs, entérinant la pose d'une ITE au-delà du R+2.»

Comment s'est déroulé le chantier avec les corps d'état secondaires ?

«Il y a 2 catégories d'intervenants dans les corps d'état secondaires : ceux que nous connaissions et qui avaient déjà travaillé avec nous sur d'autres opérations. Certains venaient du béton, comme moi, et nous les avons sensibilisés à notre mode constructif. Nous leur avons démontré qu'ils pouvaient gagner en productivité sur leur main-d'œuvre. **Tous les corps d'états, hormis le peintre, peuvent gagner de 10 à 20% en productivité du fait de la construction sèche** : organisation et logistique !

Et à côté, il y avait une autre catégorie d'entreprises retenues dans le cadre de notre appel d'offres de sous-traitants, qui n'ont pas su ou pas voulu se remettre en question et adapter leur pratique aux méthodes de construction bois. Ils avaient l'occasion de changer leurs « mauvaises habitudes » mais ça n'a pas été le cas. Ils ont reproduit leurs pratiques, approximatives, ce qui est pire sur ce type de chantier.

MUREKO en a tiré les leçons. Actuellement, nous travaillons sur un projet d'école à Orléans ; les entreprises travaillant pour nous s'engagent sur notre cahier des charges et doivent s'adapter à notre mode constructif.»



Peut-on gérer l'étanchéité à l'air avec des murs en bois ?

«À Vertou, nous avons testé 2 types de mur bois massif, contrecollé et contre-cloué. Le contrecollé est systématiquement utilisé lorsque nous dépassons le R+3 / R+4. En deçà, nous avons le choix entre du contre-cloué ou de maintenir du contrecollé. Les murs en contre-cloué sont produits sur le territoire, avec des essences françaises. Cette proximité est un avantage. L'inconvénient c'est la moins bonne reprise de charges. Il n'est donc pas possible de monter au-delà de 3 niveaux. Avec du contrecollé, en revanche, nous pouvons monter bien plus haut. Pour Vertou, nous avons fait les 2 collectifs R+3 en contrecollé, et les maisons individuelles et logements intermédiaires en contre-cloué. Des tests d'étanchéité à l'air ont été réalisés sur un prototype : le contrecollé fonctionne comme un voile béton, il est parfaitement étanche sans mettre de scotch. En contre-cloué, il faut assurer l'étanchéité avec un pare-vapeur étanche posé à l'intérieur. En effet, le mur contre-cloué avec ses lames de bois rainurées sur une face et clouées entres-elles, n'assure pas seul l'étanchéité à l'air. Mais l'idée consiste à laisser circuler de l'air dans la paroi pour améliorer l'isolation acoustique et thermique.»

Est-ce que l'offre de prix que vous avez faite peut être reconduite ?

«Non, sur cette opération, le prix est vraiment serré. Ce projet est très abouti en termes de performances sur la partie thermique, mais aussi sur la prestation architecturale... Par exemple, nous avons une coursive importante qui a coûté 9% du budget global ! C'est énorme, et s'il n'y avait pas eu cette coursive mais 2 escaliers intérieurs avec une circulation intérieure, nous aurions réalisé une importante économie. Mais pour une prochaine opération, si le bâtiment est travaillé très en amont, il est possible de trouver des économies. Autre exemple, il a été difficile de sensibiliser le bureau d'études béton au fait que notre bâtiment est 5 fois plus léger qu'un bâtiment béton et que cela doit se répercuter sur le calcul des fondations. À Vertou, nous avons gagné 150 000€ sur les fondations ! Le terrain était vraiment mauvais, et si nous avions construit en conventionnel, il aurait fallu fonder sur pieux. Nous voyons bien qu'à tous les niveaux, les habitudes doivent changer et évoluer... dans le bon sens.»

Quel est le bilan pour votre entreprise ?

«Vertou est une très belle opération pour nous. Nous nous sommes confrontés à toutes les typologies de bâtiments (R+3, logements intermédiaires, collectifs sur sous-sol, maison...) et ensuite, à tous les types de revêtements façades, enduit, bardage zinc, bois... sans parler des différents types de chauffage, bois, gaz et panneaux solaires pour l'eau chaude sanitaire. Aujourd'hui, nous maîtrisons ce mode constructif, extrêmement industrialisé et faisant appel à des compagnons du devoir. Il nous semble que le maçon a une vision peut-être plus globale de l'ouvrage que le charpentier qui intervient en général de façon ponctuelle. Notre mode constructif favorise l'alliance de ces deux grands corps de métier qui s'enrichissent mutuellement de leurs différences. En bonus, l'absence de nuisance sonore, la propreté du chantier et la rapidité sont des atouts à développer. J'en veux pour preuve l'école mitoyenne : durant tout le chantier, nous n'avons jamais eu de remarques de la part de la Directrice, bien au contraire.»

PLAN T3



Prix ht de construction constatés

Les coûts présentés sont issus des descriptifs généraux détaillés architecte, soit le montant total des coûts des travaux visés par le maître d'œuvre. Ils ont été actualisés avec l'indice BT01 du mois d'octobre 2012 : 876.6 du JO du 30/01/2013. Les lots indiqués en rouge correspondent aux lots bois.

DESIGNATION	MONTANT actualisé € ht	MT actualisé € ht/m² - SHON	MT actualisé € ht/m² - SHAB	% montant du lot ramené au montant sous total de construction
		5575 m²	4211 m²	
Installation de chantier				
VRD		compris lot terrassement		
Terrassement	303 162	54	72	5%
Gros-œuvre	1 274 699	229	303	20%
Chapes				
Charpente bois				
Charpente métallique	525 053	94	125	8%
Ossature / structure	1 258 342	226	299	20%
Plancher				
Menuiserie extérieure	145 681	26	35	2%
Couverture	164 532	30	39	3%
Etanchéité	128 952	23	31	2%
Bardage		compris lot ossature structure		
Occultation bois				
Occultation PVC		compris lot menuiserie extérieure		
Occultation métal				
Façades				
Isolation	265 148	48	63	4%
Serrurerie	139 985	25	33	2%
Conduits fumées				
Traitement antitermites				
Mur végétal				
Clos couvert	4 205 555	754	999	66%
Menuiserie intérieure	197 786	35	47	3%
Serrurerie intérieure				
Carrelage faïence	208 786	37	50	3%
Sols souples	91 511	16	22	1%
Parquets				
Cloison doublage	362 612	65	86	6%
Faux plafond	2 597	0	1	
Peinture	191 112	34	45	3%
Parachèvement	1 054 406	189	250	16%
Electricité	290 551	52	69	5%
Plomberie	750 142	135	178	12%
VMC		compris lot plomberie		
Chauffage		compris lot plomberie		
Chaufferie				
Solaire				
Photovoltaïque				
Garage				
Ascenseur	24 000	4	6	0%
Télévision				
Réseau souple	74 726	13	18	1%
Equipements	1 139 419	204	271	18%
Sous total construction	6 399 380	1 148	1 520	100%
Espace vert	47 977	9	11	
Terrassement				
Démolition				
Aménagements autres				
Aménagements autres 2				
Aménagement extérieur	47 977	9	11	
Coût total construction	6 447 356	1 157	1 531	

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 7 thèmes :

Infiltrométrie : une méthode inspirée de La Maison Passive à Saint-Doulchard. page 49

Quel type de consultation pour un opération performante ? page 50

Analyse économique des 8 réalisations. page 52

La réglementation feu pour les logements de 2^{ème} famille. page 54

Quelles vêtures pour des immeubles d'habitation à structure bois. page 55

Les solutions pour répondre aux exigences acoustiques. page 56

Evaluation des volumes bois. page 58

Conclusion : quels enseignements ? page 59

Logements collectifs bois

Test d'infiltrométrie

Une méthode inhabituelle à Saint-Doulchard, inspirée de la Maison Passive.

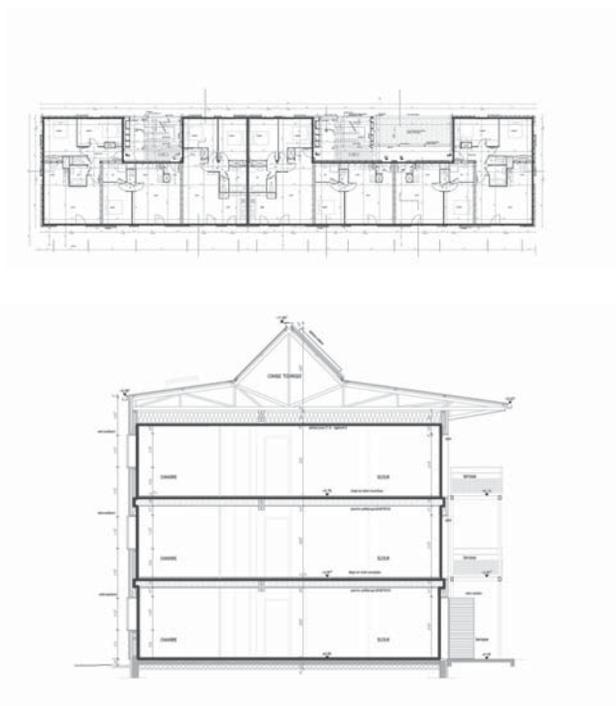
Thierry Elvin,
Entreprise Elvin

« Les séparatifs logements sont des double-murs. Mais ces murs ont une particularité liée au test d'étanchéité. Pour éviter de procéder à 21 tests d'étanchéité, puisque nous avons 21 logements, et éviter d'étancher « pour rien » entre deux logements, les double-murs sont restés « ouverts », avec un percement de 3m² que nous reboucheons en fin de chantier, à l'issue des essais finaux.

En effet, comme les cages d'escalier ne sont pas étanches à l'air (l'étanchéité est périphérique aux logements), nous ne pouvons pas mettre les cages d'escalier en pression. Dès lors, nous ne savons pas tester mes logements autrement que séparément. L'autre option consistait à étancher chaque logement, l'un par rapport à l'autre. Financièrement inenvisageable.

Nous avons deux cages d'escalier, l'une dessert trois logements et l'autre en dessert quatre. Du coup, nous allons étancher deux zones, de part et d'autre des cages d'escalier puis nous ferons en sorte de tester d'un coup trois logements puis les quatre autres. Les murs de refends qui sont aussi les séparatifs entre logements sont ouverts sur 3m² pour que la pression soit homogène et qu'on puisse tester les fuites.

La Maison Passive a validé cette méthode. L'association cherchait des solutions pour éviter d'étancher plus qu'il ne faut, et minimiser l'impact financier du dispositif passif. Avec notre mode opératoire, nous étançons moins et nous testons moins, donc cela revient un peu moins cher. L'association La Maison Passive envisage sérieusement de développer cette méthode. »



Quel type de consultation pour une **opération bois performante** ?

Sur les 8 opérations observées, nous avons relevé 5 formules différentes au niveau des consultations, de concepteurs et/ou d'entreprises. Des plus classiques aux moins conventionnelles, voici l'analyse de chacune, avec leurs avantages et défauts.

1_Désignation d'un concepteur architecte auquel sont confiées une mission de maîtrise d'œuvre traditionnelle, puis une consultation d'entreprises en corps d'état séparés **OPÉRATIONS DE VEUREY, GRENOBLE, TOURCOING, DIJON**

Il s'agit de la formulation la plus classique. Les maîtres d'ouvrage espèrent diminuer les coûts en multipliant les lots, ce qui permet « à priori » une plus large réponse des entreprises. Cette approche ne s'avère pas automatiquement judicieuse notamment pour les lots auxquels le bois est associé. En effet, la force des solutions bois réside dans la préfabrication permettant d'intégrer le plus de tâches et de composants avant le chantier. En témoignent les opérations de Veurey et de Dijon où les entreprises ont répondu à leur lot, puis ont négocié avec les adjudicataires d'autres lots pour recomposer une offre plus performante.

Les entreprises bois, tout comme les concepteurs avertis de la construction bois, militent pour des « macro-lots incluant tous les éléments liés à l'enveloppe », qui valorisent la préfabrication et génèrent des économies. Ces macro-lots intègreraient, à minima, les structures des murs, planchers, charpente, puis les isolants et pare-vapeur, les vêtures, et enfin les menuiseries, et ce, en raison de l'interface complexe menuiserie/tableaux/bardage. La couverture et/ou le lot étanchéité pourraient également rejoindre ce macro-lot, car la coordination d'intervention de l'étancheur est primordiale pour protéger les éléments bois mis en œuvre. Les cas d'interventions tardives entraînent de très sérieux désordres.

L'intervention en temps voulu de l'étancheur ou du couvreur est primordiale dans l'ossature bois, car en cas d'intempérie, les ouvrages peuvent être humidifiés. Plus grave, les isolants peuvent être mouillés. La maîtrise de ces lots par le macro-lot est un gage de qualité sur le chantier.



Lot d'ouvrage traditionnel	Combinaison des lots pour faire un macro-lot
1 Ouvrages de charpente, mur, planchers	Ensemble minimum de lots à associer pour proposer un macro-lot
2 Isolation et pare-vapeur	
3 Menuiserie extérieure	
4 Vêtiture, bardage	
5 Serrurerie	Intégration de ce lot pour des balcons métalliques rapportés qui interfèrent fortement avec le bois
6 Couverture	L'intégration de ces lots permet au détenteur du macro-lot de maîtriser les interventions de mise hors d'eau des ouvrages
7 Etanchéité	
8 Chape	Ce lot peut être intégré dans le cas de plancher bois avec chape rapportée

- 😊 Formule habituelle, ouverte à tous les maîtres d'ouvrage
- ☹️ Permet une réponse bois performante si constitution d'un macro-lot

2_Désignation d'un concepteur architecte auquel sont confiées une mission de maîtrise d'œuvre classique, puis une consultation d'entreprises générales **OPÉRATION VERTOU**



Cette solution est intéressante puisqu'elle se rapproche de l'idée du macro-lot. Elle implique toutefois que l'entreprise générale bois maîtrise réellement la mise en œuvre du matériau, avec notamment des corps d'état secondaires formés au bois, comme le souligne M. Lepineau de Mureko, sur l'opération de Vertou. Et qu'il ne s'agisse pas seulement d'un affichage pour profiter d'un effet d'aubaine et de création de marge sur les sous-traitants... A ce jour, nous connaissons peu d'entreprises générales bois. Le développement de groupements d'entreprises bois avec un mandataire est une alternative. Des initiatives locales émergent méritant d'être accompagnées et développées.

- 😊
 - Permet une réponse tout corps d'état
 - Permet une ouverture vers les groupements d'entreprises
 - favorise une préfabrication poussée
- ☹️
 - Le nombre d'entreprises en possibilité de réponse est globalement faible (à vérifier selon la localisation du projet)
 - Attention : l'entreprise générale doit impérativement choisir toutes les entreprises avant le démarrage des plans d'exécution, ce qui n'est pas toujours dans ses habitudes.

3_Désignation d'un concepteur architecte avec une mission minimaliste, type PC et détails architecturaux, puis choix des entreprises et travail d'élaboration technique du projet entre les entreprises et la cellule technique du maître d'ouvrage OPÉRATION ROMAINVILLE

Les retours des maîtres d'ouvrages, entreprises et architectes sont globalement positifs. Toutefois l'architecte voit la fragilité de ce montage **dont la réussite repose uniquement sur la détermination du maître d'ouvrage** à faire respecter jusqu'au bout les directives de l'architecte. Or ce n'est pas toujours le cas, les impératifs financiers pouvant rogner les choix architecturaux. Enfin, pour l'opération de Romainville, certains lots ont été désignés trop tard, en particulier la serrurerie, empêchant la réalisation de l'ensemble des plans d'exécution à temps. Il faut comprendre que le succès d'une opération repose sur la désignation de toutes les entreprises après l'ouverture des plis, permettant une bonne coordination en amont et la mise au point de l'ensemble des plans d'exécution avant le chantier.



- 😊 Permet un travail étroit d'élaboration du projet entre le maître d'ouvrage et les entreprises
- 😞 Formule ne pouvant fonctionner qu'avec un maître d'ouvrage volontaire pour « jouer le jeu »

4_Désignation d'un concepteur architecte puis lancement d'une consultation en dialogue compétitif, sur le thème de l'enveloppe du bâtiment OPÉRATION ANGERS

Cette formulation a mis en concurrence les filières béton, métal et bois, sur un macro-lot d'enveloppe, avec des impératifs de performance à atteindre. Il est révélateur d'observer qu'une exigence de macro-lot a permis à l'entreprise bois de remporter le marché. Cela démontre bien que la performance économique du bois s'exprime quand l'appel d'offre lui laisse la possibilité de mettre en avant ses spécificités, préfabrication et ordonnancement. L'architecte de l'opération d'Angers en témoigne.

C. Quenouault, entreprise Cruard

«Ce qui est intéressant dans le dialogue compétitif c'est la possibilité de répondre avec nos points forts dès le départ, dès la genèse du dossier. En effet, en appel d'offres classique, on ne peut faire que ce qui est préconisé parce que la phase projet est trop avancée pour proposer des modifications. Dans le cas présent, on intervient avant le dépôt du permis de construire, à l'APS et on peut rationaliser la conception technique.»

C. Faure, architecte de l'opération d'Angers

«Lors d'un dialogue compétitif, il y a évidemment beaucoup plus de travail en amont, c'est plus long, plus itératif. C'est différent d'un appel d'offres classique, plus intéressant aussi mais plus compliqué. On ne dissocie pas le projet architectural et la technique. C'est une contrainte mais elle fait avancer le projet. Avec le bois, on a besoin de la connaissance des entreprises et leur savoir-faire très en amont.»



- 😊 Permet un travail inter-entreprises fructueux en amont du projet
- 😞 Consultation plus longue

5_Lancement d'une consultation en conception-réalisation pour sélectionner une équipe de concepteurs et d'entreprises, représentés par un mandataire OPÉRATION SAINT-DOULCHARD

Cette formule a permis une offre globale, qui s'est avérée performante dans les réponses techniques, économiques et architecturales. Les retours sont très positifs, comme en témoignent le maître d'ouvrage ou l'entreprise.

F. Galan, maître d'ouvrage

«Ce que nous avons apprécié ce sont les échanges soutenus et la dynamique entre les bureaux d'études, l'architecte et l'entreprise de pose ou de construction du bâtiment. Avec le système d'appel d'offres traditionnel, nous tentons bien de faire ces allers retours pour le montage du dossier Marché mais c'est beaucoup moins dynamique et les échanges sont moins rapides.»

T. Elvin, entreprise Elvin

«Nous avons un bureau d'études pour la structure, pour la thermique, un architecte pour la conception, et toutes les entreprises qui apportaient systématiquement leur savoir-faire pour que l'opération soit réalisable en l'état si nous étions adjudicataire du marché. Ce qui avait été dessiné à la remise de l'offre était déjà faisable, et nous savions que nous pouvions l'amener au bout.»



- 😊 Permet un travail fructueux entre les entreprises et les concepteurs, en amont du projet
- 😞 Procédure limitée dans le cadre des marchés publics

Le rôle du mandataire est crucial dans le fonctionnement d'une telle procédure. Il est important d'accorder une rémunération satisfaisante à cette fonction, afin que l'entreprise désignée puisse assurer cette responsabilité correctement, tout le temps de l'opération ; dans le cas de Saint-Doulchard, T. Elvin s'est aperçu qu'il l'avait sous-estimé.

T. Elvin, entreprise Elvin

«J'ai des honoraires en tant que mandataire mais il est difficile d'estimer le temps affecté à la mission parce que tout est interdépendant ; le temps passé sur les lots de mon entreprise et le temps dévolu aux autres lots, en tant que mandataire. Il y a beaucoup de travail en conception technique amont ainsi que sur la préparation des marchés ; on oscille en permanence entre deux missions, celle du mandataire et celle du charpentier, c'est intimement lié.»

Analyse économique des 8 réalisations

Les coûts de construction constatés

Nous avons présenté les coûts de construction sans l'adaptation au site et les aménagements extérieurs, qui sont variables et indépendants du bâtiment (démolition, traitement des sols...). Cela pour permettre une meilleure approche comparative entre les 8 opérations.

Toutefois, le coût d'adaptation n'a pas pu être isolé sur Grenoble, Saint-Doulchard et Tourcoing. Il est vraisemblablement intégré dans le gros-œuvre. Les coûts de ces 3 opérations sont donc légèrement surévalués.

Les coûts constatés oscillent dans une fourchette croissante entre 1 108 € et 1 386 € ht/m² SHON, hormis l'opération de Tourcoing qui sort à 2 233 € ht/m² SHON (1^{er} diagramme).

En surface habitable, les coûts constatés de 6 opérations oscillent dans une fourchette serrée entre 1 520 € et 1 660 € ht/m², avec une valeur inférieure de 1 356 € ht/m² (Dijon) et une valeur supérieure de 2 705 € ht/m² (Tourcoing) (2^{ème} diagramme).

Commentaires

Le coût plus élevé de Tourcoing s'explique par sa complexité (poteau poutre R+4 tout bois), sa localisation (cœur de ville), ses fondations spéciales (pieux de 14 à 18 m) ses équipements (géothermie, ascenseur, panneaux solaires), sa performance énergétique (passif), sa faible taille (7 logements) et ses choix architecturaux (développé de façade important, vêtue inox ou végétale).

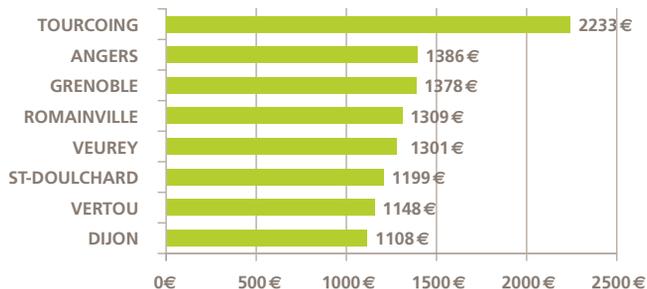
A l'inverse, bien que visant le passif, l'opération de Dijon est la moins chère. Cela est dû à la taille importante de l'opération (39 logements) et à l'absence de parking en sous-sol, contrairement aux 6 autres opérations.

Six opérations sur 8 comportent des garages fermés. Pour faciliter la comparaison, nous avons « gommé » le coût des garages, dans chaque opération. Pour cela, nous avons valorisé à 600 € ht le m² de garage, multiplié par un ratio de 25 m² par emplacement en sous-sol, ou 15 m² pour un garage en rez-de-chaussée.

Nous avons déduit ces montants des 6 opérations intégrant des garages (3^{ème} diagramme).

Avec cette approche, les coûts constatés oscillent dans une fourchette serrée entre 1 311 € et 1 638 € ht/m² SHAB, avec une valeur supérieure de 2 668 € ht/m² (Tourcoing).

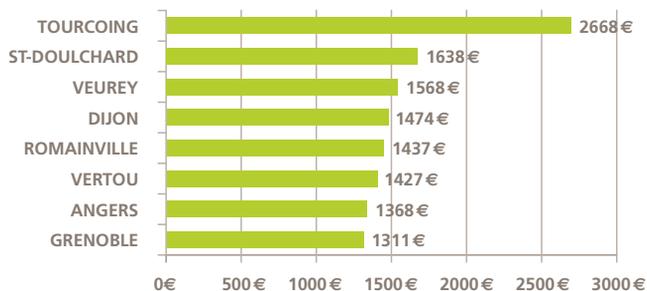
Coût construction hors adaptation ht/m² SHON



Coût construction hors adaptation ht/m² SHAB

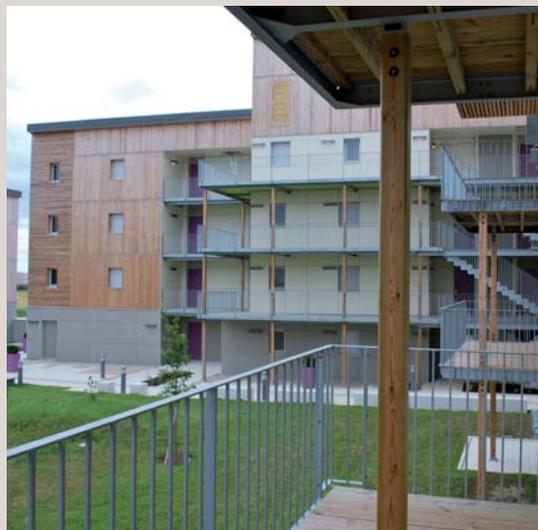


Coût construction hors adaptation ht/m² SHAB après déduction des coûts liés aux garages



Principales caractéristiques des 8 opérations

OPÉRATION	MT actualisé ht/m ² SHAB	MT actualisé ht/m ² SHON	Nombre total logements	Nombre moyen de logements par immeuble	Nombre de garages	Ratio SHAB / SHON	Performance thermique
Dijon	1356	1108	39	39	0	82%	passif
Romainville	1618	1309	76	9	76 en RDC	81%	RT 2005
Vertou	1520	1148	62	62	27 en sous-sol	76%	BBC
Veurey	1542	1301	24	4	12 en RDC	84%	BBC
Grenoble	1571	1378	6	6	6 en sous-sol	88%	BBC
St-Doulchard	1638	1199	21	21	0	73%	passif
Angers	1660	1386	64	13	70 en sous-sol	83%	BBC
Tourcoing	2705	2233	7	7	2 en RDC	83%	passif



Quatre questions sur la part des lots bois

Quelle part représente les lots bois liés à la structure, c'est-à-dire plancher et mur, dans le coût total de construction ?

L'opération de Dijon étant en construction mixte, nous l'avons exclue du calcul. Les lots bardage n'ont pas pu être parfaitement identifiés selon les opérations et nous les avons donc intégrés. La moyenne sur 7 opérations des lots planchers-murs-bardage est de 28% du coût total de construction. On peut estimer qu'hors bardage il se situe autour de 25%.

Quelle part représente les lots bois dans le coût total de construction ?

Les lots identifiés « bois » dans les opérations sont les suivants : charpente bois, ossature/structure, plancher, menuiseries extérieures (sauf Angers et Vertou), bardage et occultations bois. Ces lots représentent en moyenne 31% du coût total de construction, sur l'ensemble des opérations.

Option bois : plus économique ou plus cher ?

Sur les 8 opérations, nous avons 3 réponses sans ambiguïté

- **Sur Vertou**, l'option bois était en concurrence avec la maçonnerie ; c'est le bois qui l'a emporté avec une offre plus compétitive.
- **Sur Angers**, l'appel d'offres compétitif était ouvert à plusieurs filières : le bois l'a emporté.

(On notera que ces 2 réponses en faveur du bois sont des réponses en entreprise générale (Vertou) ou en macro-lot (Angers) ; ce qui confirme que la possibilité de formuler une offre en macro-lots est étroitement liée à la performance économique).

- **Sur Grenoble**, le bois était un « choix test » du maître d'ouvrage ; de son point de vue, la solution bois est performante sur les murs, mais pénalisante sur les planchers, elle est donc plus onéreuse. Il estime toutefois qu'une meilleure maîtrise de cette technique par les entreprises devrait permettre dans l'avenir de concurrencer le béton.

Répartition des coûts de construction en € ht/m² habitable, actualisés par ensemble d'ouvrages

OPÉRATION	Clos couvert		Parachèvement		Equipements		Adaptation		Coût total construction
St-Doulchard	1012€	62 %	267€	16 %	359€	22 %	0€	0 %	1638€
Romainville	1050€	59 %	336€	17 %	231€	14 %	198€	10 %	1816€
Dijon	845€	57 %	231€	16 %	281€	19 %	119€	8 %	1475€
Angers	1357€	77 %	167€	9 %	136€	8 %	96€	5 %	1756€
Tourcoing	1796€	66 %	271€	10 %	637€	24 %	0€	0 %	2705€
Grenoble	940€	60 %	311€	20 %	319€	20 %	0€	0 %	1571€
Veurey	952€	58 %	356€	22 %	234€	14 %	98€	6 %	1640€
Vertou	999€	65 %	250€	16 %	271€	18 %	11€	1 %	1531€
Moyenne	1 119€	63%	274€	16%	308€	17%	65€	4%	1 767€



à retenir

planchers et mur bois	25% du coût de construction
ensemble des lots bois	31% du coût de construction
macro-lot bois	43% du coût de construction

Quelle part représenterait un «macro-lot» sur l'ensemble des opérations, dans le coût total de construction ?

Nous avons évalué ce que serait un macro-lot sur ces opérations. Les lots identifiés seraient comme précédemment charpente bois, ossature/structure, plancher, menuiseries extérieures (sauf Angers et Vertou), bardage, occultations, auxquels on ajouterait charpente métallique, couverture, étanchéité, bardage, façades, isolation, serrurerie. Un tel macro-lot représenterait en moyenne 43% du coût total de construction, sur l'ensemble des opérations.

Quelle part représente les lots bois dans le clos couvert ?

Le clos couvert représente en moyenne 63% du coût total de construction. Les lots bois représentent donc environ 50% du clos couvert, plus s'il s'agit d'un macro-lot.



à retenir

lots bois	50% du clos couvert
-----------	---------------------

Pour les autres opérations, la réponse est plus délicate

- **Sur Veurey**, l'architecte estime que le coût final correspond à la particularité du projet, et que l'option bois n'a pas modifié ce coût.
- **Sur Dijon**, le choix de l'architecte d'adopter un système bois et béton s'est fait par défaut, car l'option bois n'avait pas permis de satisfaire les coûts d'objectif.
- **Sur Romainville et Tourcoing**, il s'agit de choix des maîtres d'ouvrage en faveur du bois pour des choix de performances esthétiques, environnementales, énergétiques. La comparaison entre les filières est, dans ces cas, difficile.



à retenir

clos couvert	63% du coût de construction
parachèvement	16% du coût de construction
équipements	17% du coût de construction
adaptation	4% du coût de construction

La réglementation feu pour les logements de 2^{ème} famille

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

Nous nous intéressons dans ce document aux opérations de logements classées en 2^{ème} famille.

1 ^{ère} famille	2 ^{ème} famille	3 ^{ème} famille	
		Type A	Type B
<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. 	Collectifs à R+3 maximum (possibilité de duplex sur 3 ^e étage). Plancher haut à une altitude de 8 m maximum.	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 rez-de-chaussée.	Collectifs de R+4 à R+7 ne répondant pas aux règles Type A. Collectifs supérieurs à R+7 et inférieurs ou égaux à 28m.

Les principales exigences au niveau du feu pour les ouvrages de 1^{ère} et 2^{ème} famille sont rassemblées dans le tableau ci-contre.

Les exigences de niveau coupe feu 1/2h peuvent être facilement respectées par l'application du DTU Bois feu 88.

		1 ^{ère} famille	2 ^{ème} famille
Résistance au feu des planchers		CF 1/4h	CF 1/2h
Résistance au feu des structures		ST 1/4h	ST 1/2h
Résistance au feu des parois			
Revêtement de façade	Rez-de-chaussée	M3 ou M4 si habitat individuel à plus de 4 m de la limite de propriété.	M3
	Étage avec ouvertures		
Application de la règle du C+D	Étage avec ouvertures	Non	Non
	Étage sans ouverture		

Réaction au feu des vêtements

Les immeubles d'habitation de 2^{ème} famille nécessitent des vêtements M3.

Le bois est donc possible, sous réserve d'une épaisseur supérieure à 18 mm (résineux) ou d'un P.V. d'essai.

Attention toutefois dans le cas d'une construction en vis-à-vis d'un autre bâtiment, si l'éloignement est tel que le rapport de P (éloignement) sur H (hauteur) est inférieur à 0,8 alors les vêtements doivent être classés en catégorie M2 au moins.

attention 

! La réglementation impose une coupure horizontale du bardage tous les 2 niveaux. Toutefois, l'Instruction Technique 249 relative au C+D, révisée en 2011 et qui intègre des solutions bois, préconise une coupure à chaque niveau.
Bien que la règle du C+D ne s'applique pas pour les ouvrages de 2^{ème} famille, cette instruction est un référent sur lequel s'appuient souvent les contrôleurs.
Ainsi, le recouvrement systématique des bardages au droit de chaque plancher, est souvent demandé, bien que non obligatoire.



à retenir

Existe-t-il du bois M2 ?

A ce jour, seule la pose de Mélèze avec un profil emboîté, bénéficie d'un Procès Verbal d'essai du LNE, qui atteste de son classement M2.

Les autres essences résineuses sont considérées M3.

A noter : certains fabricants ont développé des bardages caractérisés M2, pour lesquels ils bénéficient d'un PV.

Peut-on traiter un bardage pour le rendre M2 ?

A ce jour, on considère qu'un traitement amenant un bois à un niveau M2, n'est pas pérenne, quand il est soumis à des conditions extérieures. On ne peut donc pas traiter un bardage extérieur pour l'amener à un niveau M2. Toutefois, on peut supposer que dans quelques années, des trilogies produits de traitement/essence/profil de bardage pourraient être qualifiées M2.

Quelles vêtements pour des immeubles d'habitation à structure bois ? (classés au feu en 2^{ème} famille)

Les bardages bois

Ils sont présentés sur les 8 opérations sous différentes formes. La plus traditionnelle est le bardage avec embrèvement, en vertical ou horizontal. La tendance actuelle est aux bardages à « claire voie ». Ce type de pose n'est pas pris en compte dans le DTU 31.2 à ce jour, mais sera intégré dans l'actualisation de ce DTU qui paraîtra en 2013.

Les vêtements sous forme de panneaux composites

Nous trouvons cette formulation sur Angers avec un jeu d'alternance entre des vêtements bois en partie haute et donc protégées, et des panneaux en dessous. Ces panneaux ont l'avantage de se passer d'entretien ; ils sont en revanche plus onéreux.

Plusieurs d'entre eux possèdent un avis technique permettant la pose sur ossature bois ; il faut toutefois vérifier pour chacun les limites en hauteur préconisées dans l'A.T.

Les vêtements type RPE (enduit mince)

Les RPE sont automatiquement associés à une contre isolation extérieure. Ils permettent de conserver un aspect enduit à un ouvrage bois. Cette technique a été utilisée sur Dijon. Les produits sont sous avis techniques, et il faut vérifier les limites de hauteur possibles, selon l'opération.

Les vêtements métalliques sur support bois

Cette formulation a été utilisée sur Vertou ; les vêtements sont posés sur un voligeage ventilé, lui-même fixé sur la structure du bâtiment.



à retenir

Intégrer une vêtue dans la préfabrication

- 😊😊 bardage bois lames verticales
- 😊 bardage bois lames horizontales
- 😞 bardage panneaux composites
- 😞 revêtement plastique

Romainville

Panneaux 3 plis et planches verticales



Angers

Panneaux composites



Dijon

RPE



Vertou

Bardage métallique



Les solutions pour répondre aux exigences acoustiques

Les planchers sont le point sensible d'une opération bois. Nous avons pu extraire le coût de 4 d'entre eux, parmi les opérations étudiées.

La technique la plus « classique », avec une chape rapportée, est utilisée sur **Romainville** et **Grenoble**, pour respectivement 164 et 232 €/ht/m². La différence de prix pour une même technique s'explique pour **Romainville** par la taille importante de l'opération (76 logements), l'aspect répétitif de construction (système de plots), et une trame orthogonale stricte ; à contrario, **Grenoble** est une petite opération (7 logements) et possède un plan complexe du fait du terrain.

Le plancher de **Saint-Doulchard** est le plus onéreux, 257 €/ht/m² ; c'est le seul qui offre une sous face bois apparente et il offre l'épaisseur la plus faible face aux

autres solutions. Des précautions sont nécessaires pour la mise en œuvre de ce type de plancher massif, qui impose impérativement une excellente protection aux intempéries.

Le plancher d'**Angers** en structure bois et béton connecté ressort à 190 €/ht/m² ; il permet des franchissements supérieurs à la solution traditionnelle avec chape.

Le plancher traditionnel béton à **Dijon** reste la solution la plus économique dans une comparaison au m² de plancher ; mais dans une vue plus globale de macro-lot, cet avantage ne reste pas forcément valable.

Ex 1 21 logements R+2 à Saint-Doulchard (18)

Résultats des mesures acoustiques entre logements et entre intérieur et extérieur	Objectif en dB	Valeurs mesurées en dB
---	----------------	------------------------

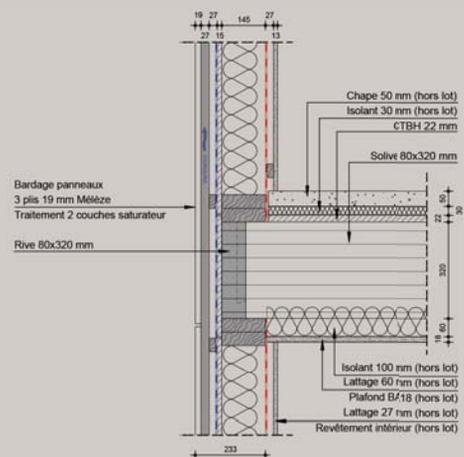
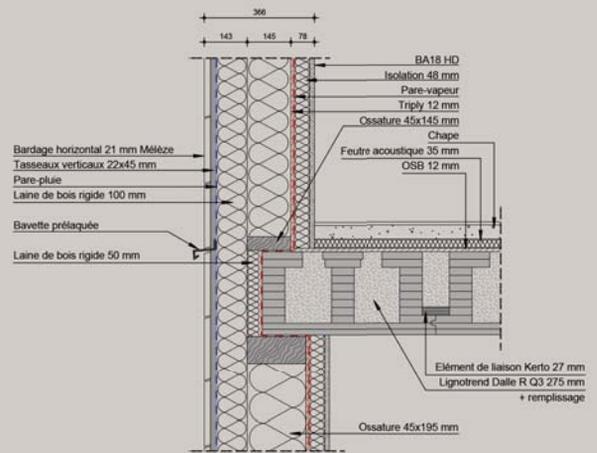
Mesures non réalisées pour la parution du document



Ex 2 76 logements R+3 à Romainville (93)

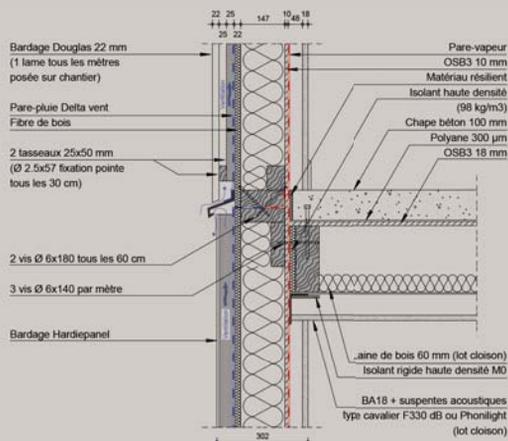
Résultats des mesures acoustiques entre logements et entre intérieur et extérieur	Objectif en dB	Valeurs mesurées en dB
---	----------------	------------------------

Mesures non communiquées par le maître d'ouvrage



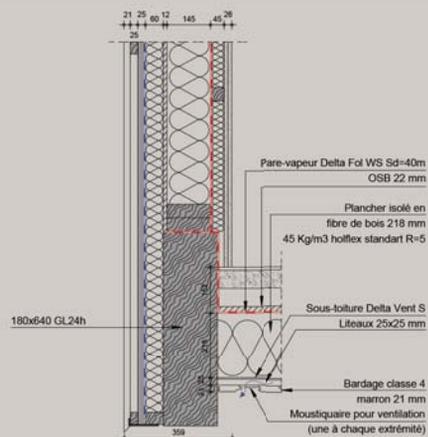
Ex 4 4 logements BBC R+4
à Angers (49)

Résultats des mesures acoustiques entre logements et entre intérieur et extérieur	Objectif en dB	Valeurs mesurées en dB
Isolement acoustique standardisé en vertical	$DnT,A \geq 53$	53
Niveau de bruit de choc en vertical	$L'nT,w \leq 58$	44



Ex 6 6 logements R+2
à Grenoble (38)

Résultats des mesures acoustiques entre logements et entre intérieur et extérieur	Objectif en dB	Valeurs mesurées en dB
Isolement acoustique standardisé en vertical	$DnT,A \geq 53$	63
Niveau de bruit de choc en vertical	$L'nT,w \leq 58$	45



Nicolas Balanant,
acousticien chez Cerqual

Pouvez-vous nous évoquer les travaux du groupe de travail ACOUBOIS* ?

«Nous avons engagé un travail de fond avec le CSTB, FCBA, et des professionnels, pour valider des solutions bois permettant de répondre aux exigences acoustiques. Car nous sommes de plus en plus interrogés sur le bois, et nous n'avons pas à l'heure actuelle, de solutions bois dans notre référentiel.

Au terme d'une première étape, nous avons compilé des mesures sur 15 bâtiments de logements bois, dont la moitié environ en collectif. Sur toutes ces opérations, les mesures sur les planchers ou les murs étaient conformes. Ce qui prouve que les solutions existent. Mais il est difficile d'en tirer des conclusions, du fait de la multiplicité des systèmes constructifs.

Concernant les planchers, les systèmes solives et chape liquide sur résilient, donnent de bons résultats. L'utilisation d'une chape sèche donne également des résultats de mesure conforme à la réglementation, mais qui semblerait ne pas correspondre au confort qu'attend l'occupant. Il s'agit là d'un point délicat. Nous venons de lancer une enquête auprès d'utilisateurs, pour établir une corrélation entre les mesures et le confort acoustique ressenti.

Pour les murs entre logements, la solution en double ossature est très sécuritaire, bien que moyennement performante en basses fréquences. La solution en simple ossature fonctionne également avec une contre cloison ; elle est intéressante dans le sens où elle permet de réduire légèrement l'épaisseur de la paroi.

En revanche, contrairement aux isolements, aux bruits aériens et bruits de chocs, seule une opération a donné des résultats conformes pour les bruits d'équipement, au niveau des chutes d'eau.»

Quelles sont les nouvelles obligations vis-à-vis de l'acoustique ?

«Pour toutes les opérations dont le permis de construire sera posé après le 1^{er} janvier 2013, et dont le nombre de logements sera supérieur ou égal à 10, une attestation de conformité devra être fournie après réalisation de mesures acoustiques.»

* Financement du projet ACOUBOIS : d'une part DHUP-CODIFAB-ADEME-QUALITEL, et d'autre part les industriels par le biais de leur syndicat : SNIP-FILMM-ASIV-AFCSAM-SFEC et 2 fabricants de dalles bois.

Evaluation des **volumes bois**

Sur ces 8 opérations, le volume moyen de bois utilisé pour la construction ressort à **144 dm³/m² SHON**. Soit une moyenne de l'ordre de **11 m³ par logement**.

Le décret du 15 mars 2010 impose une quantité minimale de 10 dm³/m² SHON pour les logements collectifs ; les bâtiments étudiés sont donc très au-delà de cette valeur, avec en moyenne 15 fois la valeur minimale imposée par la loi.

L'opération utilisant le moins de bois est logiquement celle de Dijon, du fait d'une structure poteau poutre béton. D'où une valeur de 45 dm³/m² SHON, soit 4 m³ par logement.

Deux opérations révèlent des volumes bois très supérieurs à la moyenne : Grenoble (238 dm³/m² SHON) et Vertou (212 dm³/m² SHON).

Pour Grenoble, la réponse est dans l'utilisation d'isolant en fibre de bois, tant en isolation dans les murs ossature bois qu'en contre isolation extérieure.

Pour la seconde, c'est l'utilisation de panneaux en bois massif collé (BMC) ou cloué, pour les murs ou les planchers.



à retenir

- Volume bois imposé par le décret du 15 mars 2010 : **10 dm³/m² SHON**
- Volume bois moyen par m² SHON : **144 dm³/m² SHON**
- Volume bois moyen par logement : **11 m³**

	Bois mis en œuvre		nombre de logements	m ³ bois par logement
	total m ³	dm ³ /m ² SHON		
Saint-Doulchard	210	137	21	10
Romainville	514	89	76	7
Dijon	158	45	39	4
Angers	647	116	64	9
Tourcoing	60	147	7	9
Grenoble	102	238	6	17
Veurey	325	169	24	14
Vertou	1185	212	62	19
Moyenne		144		11



Conclusion

Au cours des entretiens, les acteurs de ces 8 opérations ont mis en avant les atouts de la construction bois, qu'ils ont constatés sur leurs opérations. Cinq points sont apparus :

- La rapidité de levage des structures, qui est spectaculaire (3 semaines pour lever l'immeuble de Grenoble), sous réserve que les gains de temps réalisés ne soient pas perdus avec l'intervention du second œuvre.
- Un bilan carbone sans équivalent par rapport à une solution maçonnée (division par 2 du bilan carbone)
- Un accès à la RT 2012 ou au label passif sans dispositif constructif « spécifique » (les solutions sont conformes aux D.T.U. ou Avis Technique).
- Une satisfaction partagée de travailler avec le bois, par les acteurs de l'ingénierie, les entreprises, l'environnement du chantier: souci de qualité reconnu, personnels compétents, conditions de chantier positives (chantier sec, propre, rapide, bonne gestion des déchets)
- Le constat qu'une réponse bois peut être concurrentielle face aux autres filières sous certaines conditions (voir les conseils du paragraphe ci-dessous)

Les retours d'expérience de ces 8 opérations amènent des enseignements qui seront précieux pour de futures réalisations. On trouvera dans l'ouvrage des solutions constructives qui permettent de répondre aux exigences diverses. Plus qualitativement, nous avons compilé les principaux conseils émis par les opérateurs, sous les 3 rubriques suivantes.

Organiser la consultation

- Mettre en place une consultation qui permette à tous les acteurs, concepteurs et réalisateurs, de travailler sur le projet le plus en amont possible.
- Concevoir un allotissement avec un macro-lot enveloppe, autorisant un niveau de préfabrication élevé.
- Inciter à la formation de groupements d'entreprises pour répondre à ces macro-lots (information, mise en réseau) et former à la « gestion d'un groupement » (rôle et engagements du mandataire, gestion de la sécurité du chantier...).
- Intégrer une compétence bois dans l'ingénierie du projet, à minima un BET bois.

Bien gérer les études et le chantier

- Finaliser les études d'exécution une fois toutes les entreprises choisies (compris les lots annexes, serrurerie, fluides...).
- Étudier soigneusement en amont le passage des réseaux du projet, avec le charpentier et les corps d'état concernés, en particulier au niveau des planchers.
- Mettre au point les interfaces bois-béton en tenant compte des tolérances différentes entre les 2 matériaux, et prévoir de les viser avec le chef de chantier béton, pour déroger aux habitudes du béton (incorporation des fourreaux).
- Réaliser la mise hors d'eau dès la fin du levage, pour ne pas prendre le risque d'exposer les ouvrages bois aux intempéries ; cette exigence peut être solutionnée avec la composition d'un-macro lot qui intègre l'étanchéité ou la couverture.

Et pour mémoire...

- Penser au large éventail de vêtures possibles sur une structure bois, au-delà du bardage bois.
- Concevoir les vêtures en réfléchissant à la préfabrication possible (calepinage).
- Se former aux techniques du logement collectif bois avant de démarrer la conception, tant pour les concepteurs que pour les entreprises, l'idéal étant des formations mixant ces 2 publics.





Remerciements

Saint-Doulchard

Fermin Galan Groupe Arcade-France Loire, maître d'ouvrage
Christian Bosredon atelier Bosredon Pietu, architecte
Thierry Elvin entreprise Elvin
Régis Mautré Chambre des Métiers et de l'Artisanat (CMA 18)

Romainville

Alain Monfort Nexity Apollonia, maître d'ouvrage
Agnès Defer agence Reichen et Robert & Associés, architecte
Philippe Neurisse entreprise Charpente Houot

Dijon

Villéo maître d'ouvrage
Philippe Vionnet agence A2A architectes,
Guillaume Deneff entreprise Socopa

Angers

Jean-Marc Jovelin, HLM Le Val de Loire, maître d'ouvrage
Clément Faure agence Matières d'espaces, architecte
Cyril Quenouault entreprise Cruard

Tourcoing

Philippe Coppe agence Pierre Coppe architectes.
Philippe Neurisse entreprise Charpente Houot

Grenoble

Pascal Giraud Blanc-Bouygues Immobilier, maître d'ouvrage
Philippe Meunier maître d'œuvre pour la partie conception
Peter Whelan entreprise Darvey

Veurey-Voroise

Jean-Paul Roda agence R2K architectes
David Bosch entreprise SDCC

Vertou

Les architectes agence forma6
Jean-Michel Lepineau entreprise Muréko

Détails techniques : **Nadège Hérisson**, Itinéraire bois
Approche économique : **Nicolas Seymarc**, SCT Travaux

Plus généralement, nous remercions toutes les personnes qui ont participé à la publication et à la relecture.

Logements collectifs bois



En détaillant les conditions de conception et de réalisation de huit opérations récentes, ce document propose un regard d'actualité sur l'évolution des pratiques des professionnels dans le secteur du logement collectif bois.

Pour chaque opération, les acteurs font part de leur retour d'expérience et le lecteur dispose des informations nécessaires pour les caractériser : descriptif, plans, coupes, performances thermiques et acoustiques, étanchéité à l'air, volumes de bois utilisés et coûts de construction par lot.

La seconde partie de l'ouvrage constitue une synthèse des enseignements à tirer de ces 8 opérations, en ciblant des points précis tels que : procédure de consultation, solutions constructives permettant de répondre aux exigences acoustiques et de sécurité au feu, vêtures possibles, coûts de construction attendus...

Autant d'informations qui pourront être mises au bénéfice de futures réalisations.



Comité National pour le Développement du Bois
6 avenue de Saint-Mandé - 75012 PARIS
www.cndb.org



Avec le soutien financier de :



Rhône-Alpes Région



Édition CNDB 2013
Prix : 45,00 € TTC
ISBN : 978-2-919213-07-8

