

La problématique structurale d'un bâtiment en bois

Espace Capital et Croissance - 2008

Projet de diffusion de bonnes pratiques
[volet scientifique de la Formation *le Bois dans la Construction*]



RÉGION WALLONNE



(Source de l'illustration : Synergy international)

Auteurs : Van Obbergh, Lionel ; Zastavni, Denis

Comité scientifique : Frère, Hugues* ; Vincke, Caroline** ; Zastavni, Denis***

[* : Hout Info Bois ; ** Eaux et Forêts, UCL ; *** : Architecture, Ingénierie et Urbanisme, UCL]

Les dossiers de Diffusion de bonnes pratiques

Dans le cadre du volet scientifique de la formation continuée de l'UCL *Le Bois dans la Construction*, un projet de diffusion de bonnes pratiques concernant l'utilisation du bois dans la construction a été imaginé afin de guider les concepteurs à l'abord d'un projet de construction avec le bois.

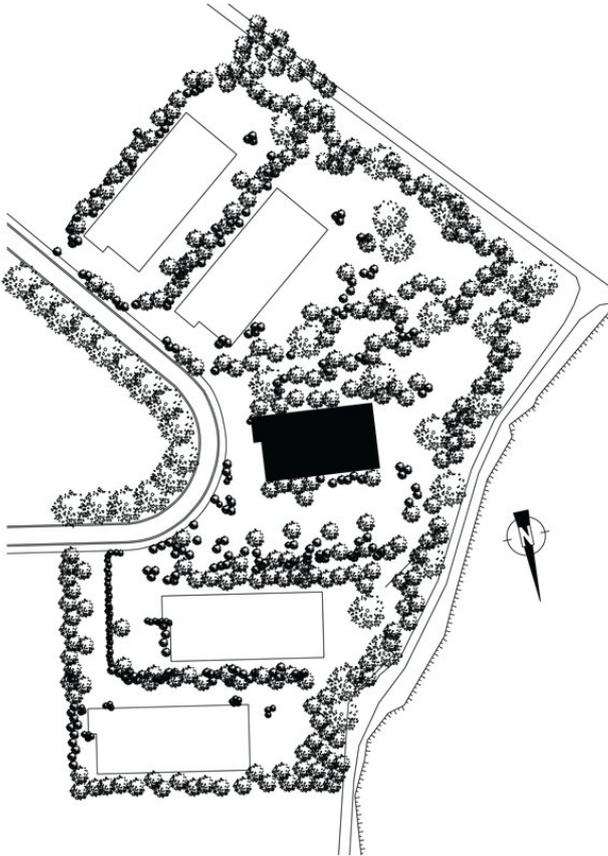
Ce projet comprend les analyses de cinq bâtiments en bois, exemplaires par leur démarche, tous implantés en Wallonie. Ces analyses ont pour objectif de récapituler les difficultés rencontrées pour atteindre de bonnes performances dans un bâtiment en bois si l'approche du concepteur est mauvaise. Chaque dossier récapitule les différents aspects de l'une de ces problématiques et illustre l'approche qui a été suivie par le concepteur pour viser à la performance souhaitée. Ils illustrent au travers des plans, des coupes et des détails techniques les particularités du projet et l'approche qui a été suivie par les concepteurs pour viser à la performance étudiée.

Les dossiers d'étude de cas n'ont pas pour vocation de donner des règles, des détails types ou un quelconque mode d'emploi eu égard à une performance. Ils ont pour objectif d'illustrer une approche possible de la problématique avec une illustration des solutions auxquelles cette approche a mené.

Fiche récapitulative

– Programme :	Immeuble de bureaux passif
– Situation :	Marche (Wallonie)
– Surface du bâtiment :	1800 m ²
– Emprise au sol :	600 m ²
– Auteur(s) de projet :	Synergy International (Sébastien Cruyt et Anne Dessaer), Bruxelles
– Maître d'ouvrage :	Investsud
– Entreprise(s) :	Thomas et Piron
– Bureau d'étude structure :	MC- carré (Sébastien Maréchal, Pierre Cloquette), Louvain-la-Neuve
– Bureau(x) d'études spécialisé(s) :	Synergy International, MK Engineering
– budget techniques spéciales :	420 00 euros (sans précisions)
– budget de construction	2 500 000 euros (sans précisions)

Présentation du bâtiment



- 1800 m² sur trois niveaux
- Construction passive à ossature en bois
- Premiers bureaux passifs en Wallonie
- Implantation et orientation optimisée
- Ventilation avec double flux
- Ossature bois lamellé collé

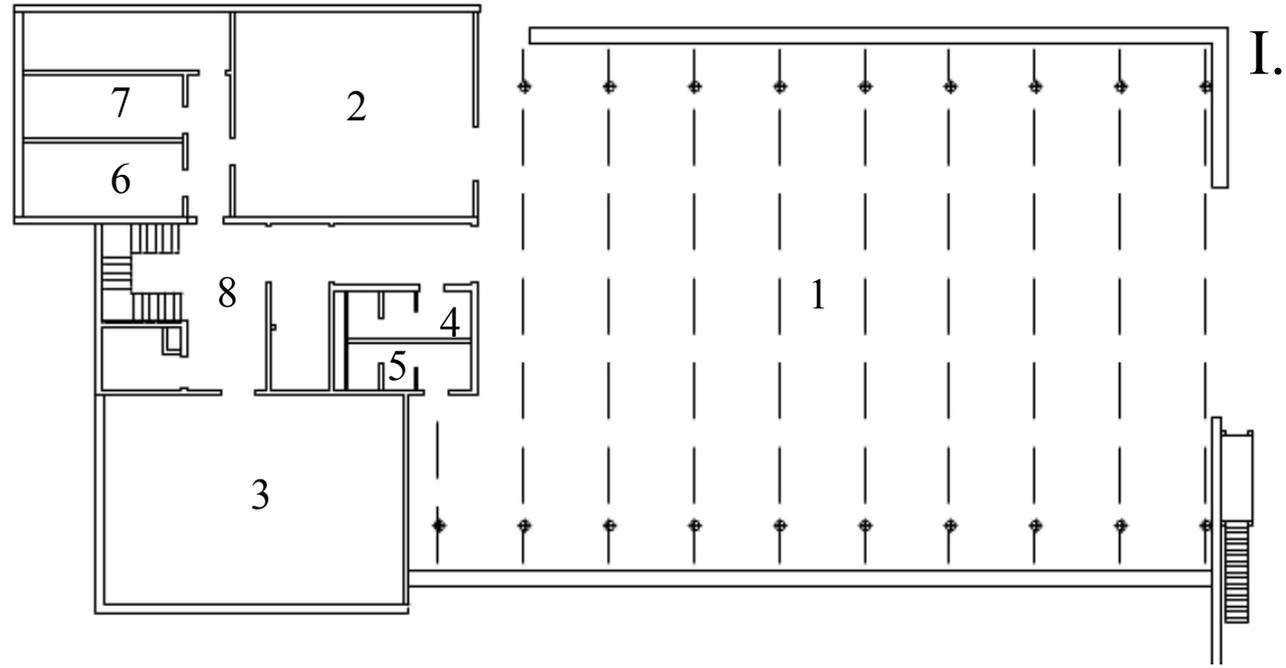


Plans du bâtiment

Les locaux techniques et parking sont au sous-sol ; les bureaux et les locaux communs sont au rez-de-chaussée.

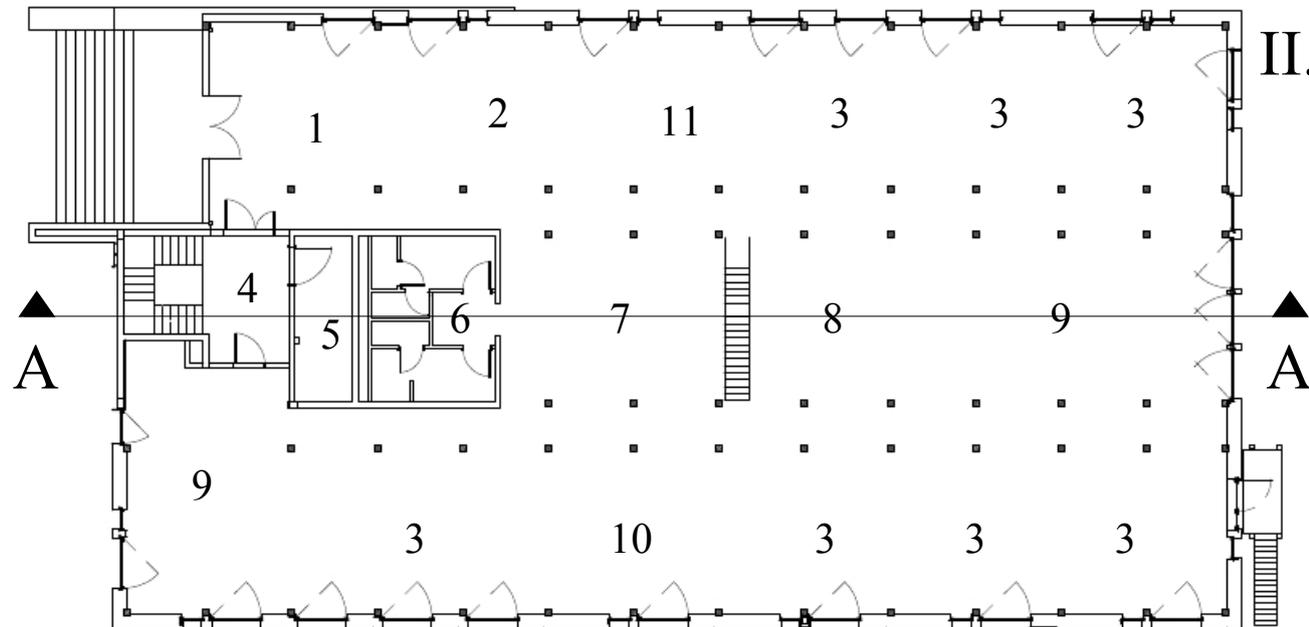
I. Sous sol

1. Parking
2. Chaufferie
3. Archives
4. Douches
5. Vestiaires
6. Local services
7. Local computer
8. Hall escaliers



II. Rez de chaussée

1. Hall d'entrée
2. Secrétariat
3. Bureaux
4. Sas de l'escalier
5. Sas de l'ascenseur
6. Sanitaires
7. Local détente
8. Patio
9. Salle de réunion
10. Cuisine
11. Photocopies



Les cloisons n'apparaissent pas sur les plans.

La structure en bois – particularités et avantages comparés

La structure en bois comporte des contraintes et comme des avantages, et donc quelques particularités qui lui donneront le caractère qui lui est propre.

Au premier rang des avantages associés à une structure en bois, se trouve la dimension environnementale du matériau : le caractère renouvelable du matériau employé, son faible impact environnemental et son recyclage aisé pour autant qu'aucun traitement n'ait été fait avec des méthodes agressives.

Les autres avantages concernent plus directement les propriétés physiques et mécaniques du matériau. À ce sujet, le résumé qui suit sera utilement complété par les *Paroles d'expert* : « *Comportement structural et dimensionnement* » et « *Conception des dispositions structurales d'ensemble* ».

Le matériau est léger et demande dès lors moins de moyens de mise en oeuvre et de transport, moins de travaux d'infrastructure et de fondations. Sa légèreté est un avantage pour les grandes portées : un poids propre moins important permet de réduire les déformations qui sont le critère dimensionnant pour le longues portées.

A contrario, si les charges appliquées sur la structure sont importantes, les portées devront être réduites en conséquence.

Enfin, les moyens d'assemblage permettent souvent une très grande rapidité de montage ou d'édification, et permettent la réalisation de chantiers « à sec » où l'eau ne doit pas intervenir comme catalyseur de prise pour des enduits, mortier ou bétons, ce qui réduit d'autant la durée du chantier et certains de ses inconvénients.

La structure en bois – principes et limites (I)

Des caractéristiques du matériau, on peut tirer parmi d'autres quelques principes qui serviront utilement de repère à la conception d'une structure en bois :

– **importance des portées** : limiter et contrôler les portées lourdement chargées. En cas de problème, il vaut parfois mieux augmenter le nombre d'appuis que de tenter d'augmenter les hauteurs des sections (dimension des poutres).

– **nécessité d'appuis réguliers** pour limiter les portées : nécessite une certaine rigueur dans la conception de la structure et il est par conséquent difficile de produire une bonne structure en indépendance des dispositions spatiales. Au contraire, tout particulièrement avec le bois, la structure devrait contribuer à définir les qualités spatiales des lieux et contribuer à en définir les limites.

– **contreventement** : comme tout est assemblé au départ d'éléments distincts, le contreventement du bâtiment est conçu et réalisé par des dispositions spécifiques, que ce soit des croix de contreventement, les panneaux de paroi ou de façade appelés à travailler dans leur plan ou par association avec un noyau rigide comme celui des ascenseur ou des cages d'escalier.

– **résistance ponctuelle limitée** : lorsque localement la résistance du matériau pose problème, il peut être question soit d'alternative ponctuelle dans l'usage des matériaux, soit d'association avec d'autres matériaux, soit d'alternatives structurales aux dispositions initialement envisagées (modification des caractéristiques géométrique de la structure ou de ses principes) de manière à faire disparaître le problème.

La structure en bois – principes et limites (II)

- **inertie thermique** : dans des bâtiments, la masse de bois utilisée dans la structure est rarement suffisante pour atteindre les standards nécessaires pour amortir valablement les grandes amplitudes de variations thermiques (inertie). Dans ce cas, l'association à des matériaux lourds peut être prétexte à développer des systèmes structuraux mixtes, comme l'association d'une chape en béton avec les poutres de support en bois (dalles bois-béton).
- **zones techniques** : pour certaines d'entre-elles (chaufferies, transformateurs, etc.) ou en rapport avec un risque accru d'incendie (certain types de voies d'évacuation, parking, cages d'escalier) et à la différences d'autres pays, les matériaux combustibles ne sont pas autorisés par les *Normes de bases* (Arrêtés royaux afférents à la protection incendie) pour les locaux techniques et les parkings de bâtiments. Une alternative de matériau pour ces locaux est souvent préférable à un enrobage de protection.
- **biodégradabilité** : le bois étant un matériau naturel biodégradable, si on veut éviter les traitements chimiques dommageables pour l'environnement et parfois insuffisants pour le protéger, il faut tenir le bois à distance du sol ou des zones humides en permanence en envisageant des interfaces à l'aide de matériaux tout à fait insensibles à l'humidité : le cas des fondations en béton en est l'exemple par excellence.

Nous verrons qu'un certain nombre de ces principes a été utilisé dans le projet Investsud. Outre ceux-ci, d'autres avantages propres au bois seront rencontrés à l'occasion de l'examen de ce projet.

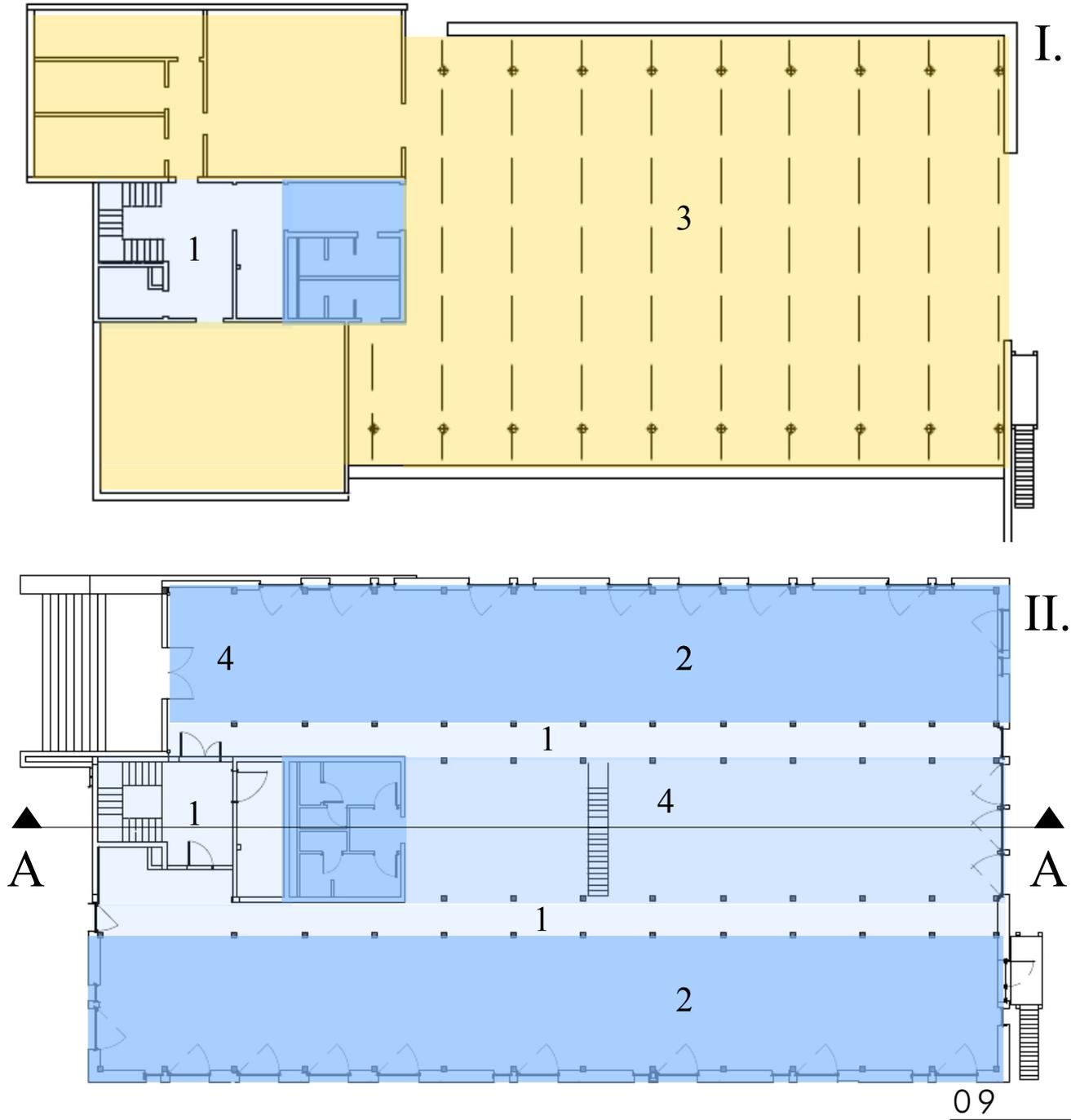
Organisation du plan

L'espace en contact avec le sol est agencé en parking (3), terminé par les circulation verticales et les locaux techniques. La structure du parking est en béton, avec des portées importantes, pour des raisons fonctionnelles. Il sert d'appui aux étages dont la structure est principalement en bois.

On constate aux étages un partitionnement des niveaux en trois grandes zones (bandes) parallèles, séparées par des couloirs de circulation. Ces trois zones correspondent à trois rangées de portiques parallèles.

Dans ces zones, l'espace est relativement ouvert et flexible. Ces zones sont définies par les appuis (colonnes) de la structure en bois.

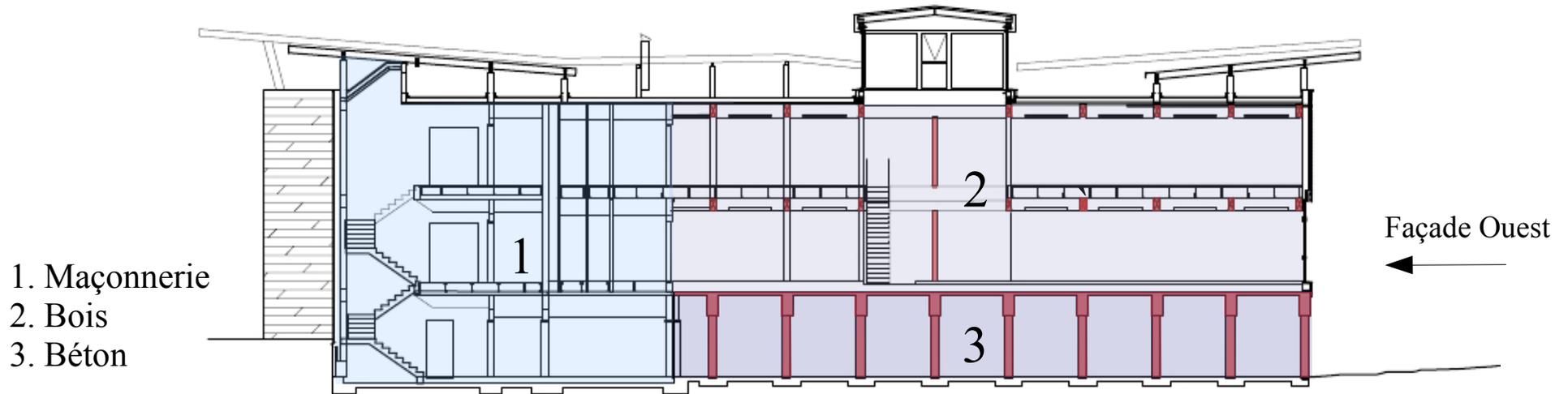
On remarque une bonne indépendance des deux structures superposées.



Coupe longitudinale

Structuralement, un système de poutres et colonnes en béton constitue la base du bâtiment (aménagée en parking) qui s'exprime en une structure ouverte. Sur cette base en béton, se développe le système de portiques multiples en bois lamellé-collé.

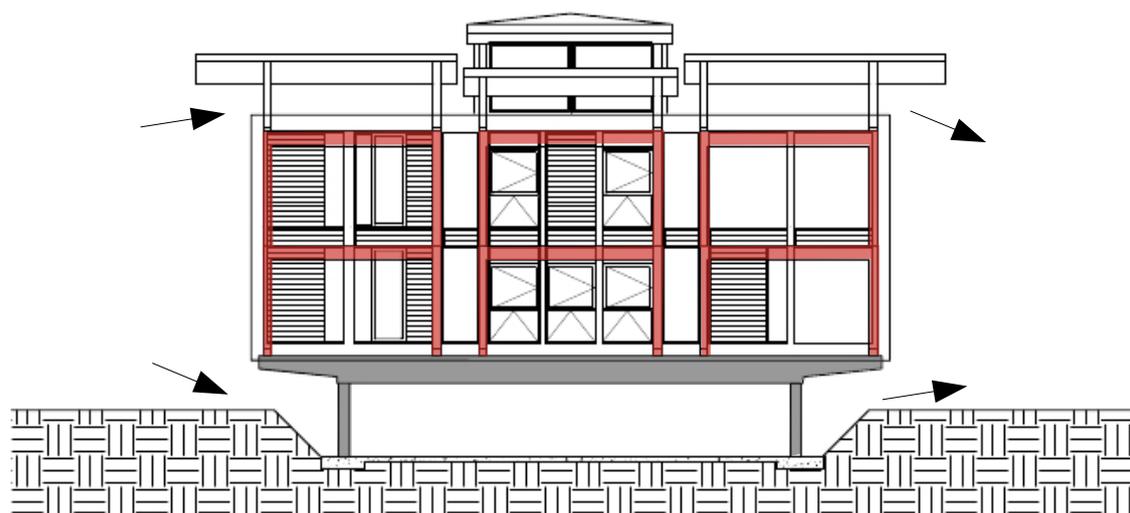
L'espace dédié aux services et aux circulations verticales est construit en maçonnerie et constitue le noyau de contreventement du bâtiment.



Coupe AA

1/250

Coupe transversale et façade



Façade Ouest

1/250

La ventilation fait partie intégrante de la stratégie du contrôle du climat intérieur du bâtiment. Généralement, elle est uniquement contrôlée par un équipement mécanique. Les stratégies de ventilations naturelles prennent tout leur sens dans la perspective d'une diminution de la dépendance énergétique. Cependant, elles trouvent leur ressort interne dans les dispositions du bâtiment.

On sait que superposer un immeuble à un parking représente souvent une difficulté car le rythme et l'espacement d'une structure de parking ne correspond pas à celui d'un immeuble.

Pour ces deux aspects, la structure en bois s'est révélée être avantageuse par sa légèreté et la flexibilité qu'elle autorise.

La structure primaire de la façade latérale est celle des portiques qui constituent la structure des espaces des deux étages (en rouge sur l'illustration). La structure qui supporte les bardages de la façade (structure secondaire) est fixée à son tour sur ces portiques.

La structure a été pensée et organisée de manière à permettre une ventilation naturelle du bâtiment par-dessus et par-dessous son volume. Le toit constitue en effet une enveloppe ouverte où l'air peut circuler naturellement.



Conception des détails

– **sections et bois lamellés collé** : La structure du bâtiment s'organise en portiques à deux niveaux, édifiés sur l'infrastructure en béton du parking. Le bois n'est pas un matériau qui se prête naturellement à la réalisation de jonctions encastrées comme on en rencontre aux angles de portiques. Les dimensions des sections en bois massif sont le plus souvent insuffisantes pour résister aux moments de flexion qui sont caractéristiques du fonctionnement des portiques. Les concepteurs ont donc eu recours au bois lamellé-collé pour reconstituer des sections de dimensions suffisantes pour reprendre les efforts de flexion et mettre en place les assemblages nécessaires dans les angles des portiques.



– **assemblages et préfabrication** : En simplifiant, il existe pour le bois trois grandes familles d'assemblages : ceux qui fonctionnent par contact direct, ceux qui utilisent des plaques métalliques et des tiges métalliques (boulons, clous, broches) et les assemblages collés (+ rares). Dans ce projet, les connexions des angles de portiques est faite avec une âme constituée de plaques métalliques insérées à l'intérieur des sections en bois connectées au bois par des broches (tiges métalliques lisses). De la sorte, ni les plaques métalliques, ni les broches (dont on cache les extrémités avec des bouchons en bois) ne sont exposés aux flammes dans l'éventualité d'un incendie – le bois offrant lui-même une certaine protection. Ces portiques sont préfabriqués en usine, ce qui permet un montage rapide et un transport aisé en raison de la légèreté du bois.

Conception des détails

– **planchers mixtes** : Dans le cas d'un bâtiment passif, le rôle de l'inertie thermique est utile à temporiser les variations de températures à l'intérieur des locaux.

Dans ce projet, il a été imaginé de réaliser les plancher, portant de portique à portique, en béton coulé en place sur des prédalles. Par la même occasion, une liaison mécanique (pour l'effort rasant) avait été imaginée entre ces dalles en béton et les traverses des portiques et pour constituer des poutres en T. Cette typologie de poutres est intéressante car le béton de la structure correspond à la zone comprimée de la poutre alors que les supports en bois servent de zone qui reprend les efforts de traction (remplace l'armature tendue). En pratique, ce système n'a été que partiellement implémenté dans le projet.

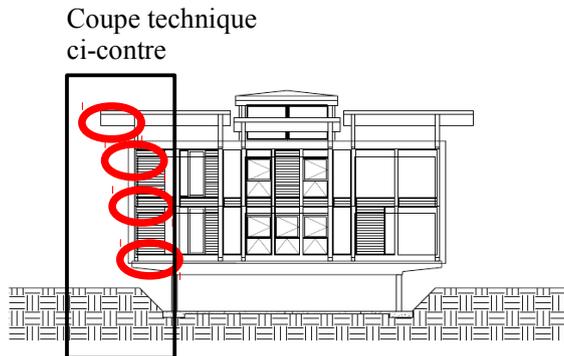
Les planchers mixtes bois-béton permettent également pour des hauteurs réduites de fabriquer des planchers qui sortent des limites de hauteur habituellement rencontrées pour les poutres de plancher en bois seules, tout en apportant une bonne résistance au feu et des caractéristiques acoustiques améliorées.



Détails de construction

À l'arrivée, la conception de la structure et de ses détails permet la constitution d'un dispositif structural efficace et approprié à la fonction du bâtiment.

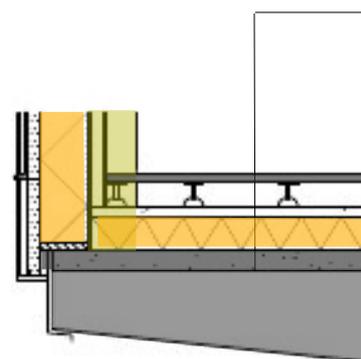
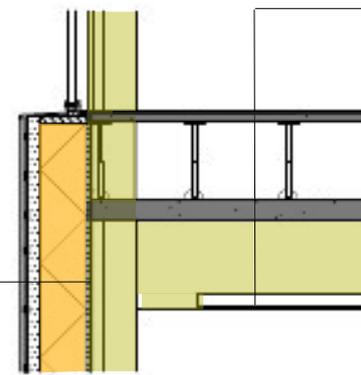
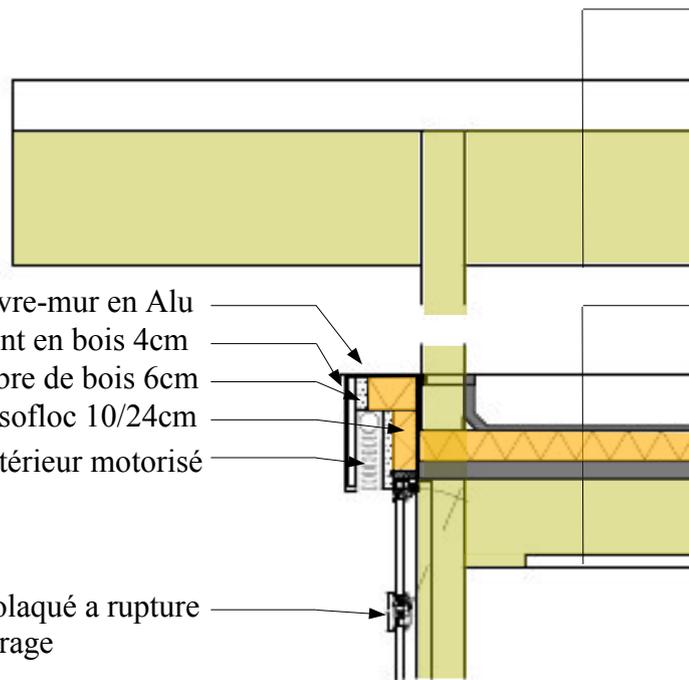
L'utilisation du bois pour la structure, en particulier dans un bâtiment de haute performance énergétique, en raison de sa conduction thermique relativement faible, permet une gestion plus aisée de l'isolation et en particulier la problématique des ponts thermiques.



Couvre-mur en Alu
 Panneaux de parement en bois 4cm
 Panneaux isolant fibre de bois 6cm
 Isolation isofloc 10/24cm
 Store extérieur motorisé

Châssis en alu thermolaqué a rupture thermique + triple vitrage

Panneau OSB
 Isolation isofloc 24cm
 Panneau isolant fibre de bois 6cm
 Habillage en tôles d'acier ondule.



- Tôle acier – plaque nervurée
 - panneau contreplaqué

- Couverture de toiture bitumineuse
 - Isolation PUR 22cm
 - Pré dalle en béton apparent
 - Faux plafond en plaque de plâtre partiel, suspendu

(composition sol de bureau)

- Finition : moquette
 - Dalle de faux-plancher
 - Plots réglables
 - Vide technique
 - Prédalle en beton 10cm
 - Faux plafond en plaque de plâtre partiel, suspendu

- Finition : moquette
 - Dalle de faux-plancher 60*60*3,4
 - Plots réglables
 - Vide technique
 - Chape 5cm
 - Isolation PUR 22cm
 - Prédalle 13cm
 - Poutre en béton armé

Sources bibliographiques

Dossier du bureau d'architecture Synergy international (Sébastien Cruyt) ;

<http://www.passif-en-marche.be/> [été 2009, août 2011] Investud, dont le matériel photographique ;

NBN EN 1995-1-1. Eurocode 5 : Conception et calcul des structures en bois. Partie 1.1 Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiment

NBN EN 1995-1-2. Eurocode 5 : Conception et calcul des structures en bois. Partie 1.2 Généralités - Calcul du comportement au feu ;

Mahy, A. ; Zastavni, D. ; Devos, F. " *Paroles d'experts – comportement structural et dimensionnement*". In Dossiers de Diffusion de Bonnes pratiques – Le Bois dans la Construction, Louvain-la-Neuve, Bruxelles, 2010 : présenté en ligne à l'adresse
<http://www.houtinfobois.be/fr/185/construction/pratiques-du-bois/paroles-dexperts>

Zastavni, D. ; Mahy, A. ; Devos, F. " *Paroles d'experts – conception des dispositions structurales d'ensemble*". In Dossiers de Diffusion de Bonnes pratiques – Le Bois dans la Construction, Louvain-la-Neuve, Bruxelles, 2010 : présenté en ligne à l'adresse
<http://www.houtinfobois.be/fr/185/construction/pratiques-du-bois/paroles-dexperts>

Delaunoit, Gilles ; Zastavni, Denis. " *La problématique incendie d'un bâtiment en bois, Maison de l'enfance 'Les Charmettes' – Rixensart, 2007*". In Dossiers de diffusion de Bonnes pratiques – Le Bois dans la Construction, Louvain-la-Neuve, Bruxelles, 2010 : présenté en ligne à l'adresse
<http://www.houtinfobois.be/fr/184/construction/pratiques-du-bois/etudes-de-cas>

Zastavni, D. *Auce 2350 - Architecture Civile*, Louvain-la-Neuve : UCL, 2008 ;