

02/22 steeldoc

Acier combiné avec de ...
la brique



Éditorial



Le principe du voûtain d'origine prussienne transféré au XXI^e siècle : la « Brick Vault House » près de Valence (ES) se caractérise dans l'espace par la combinaison d'une structure en acier légère et de voûtes en briques plates posées sur les poutres.

L'association des constructions en acier et des briques ne date pas d'hier : ce type de construction comptait parmi les solutions couramment utilisées pour les bâtiments industriels du XIX^e au milieu du XX^e siècle. Si les exigences relatives à l'aspect de l'édifice étaient plus strictes, on cachait généralement la construction par d'épaisses couches d'enduit. Cependant, la combinaison apparente est attrayante, et nous allons aujourd'hui vous montrer comment ces deux matériaux et leurs différentes propriétés se complètent bien.

En Espagne, les concepteurs d'une maison ont eu recours à une construction classique. Ils ont utilisé le principe du voûtain d'origine prussienne, très répandu au XIX^e siècle dans les caves, les usines et les écuries : poser sur des murs porteurs des doubles poutres en T ou en I qui servent de support à de petites voûtes en briques. Ce type de construction était venu remplacer les plafonds de poutres de bois, courants autrefois, dont la capacité portante était plus faible et qui résistaient moins bien au feu et à l'humidité du fait même du matériau utilisé. Les plafonds avec des voûtes en berceau segmentées ont eux-mêmes été remplacés par des plafonds plats en béton armé au début du XX^e siècle, notamment pour des raisons de logistique de la construction et de coûts. Située non loin de Valence, la « Brick Vault House » permet de redécouvrir cette technique ancienne : elle se compose d'une structure en acier tridimensionnelle dans laquelle sont insérées des voûtes en briques de différentes largeurs. La construction visible permet aux espaces intérieurs et extérieurs de se fondre les uns dans les autres et confère à la maison une atmosphère unique (lire p. 4).

Dans le surprenant projet réalisé à Matamoros, au Mexique, les concepteurs ont eu pour leur part recours à un principe connu et éprouvé : le remplissage en maçonnerie d'une structure en acier. 17 éléments coniques massifs semblent littéralement planer au-dessus du marché situé dans un quartier peu privilégié de cette petite ville. Les cônes ont été construits à partir d'une fine ossature métallique remplie de briques. Le tout crée un espace ouvert mais protégé, bénéficiant d'un apport d'air et de lumière adapté au climat et parfaitement équilibré (lire p. 18).

La technique du remplissage – avec des blocs de béton creux cette fois – marque également le logement-atelier situé dans la campagne brésilienne près de Nova Lima. L'objectif de ce projet était de se limiter à l'essentiel : un bâtiment d'utilisation flexible dont les matériaux et éléments de construction sont utilisés efficacement et strictement séparés les uns des autres selon leurs durées de vie. Le résultat : une maison durable malgré sa surface généreuse (lire p. 14).

Enfin, l'histoire de « La Lleialtat Santsenca » à Barcelone montre que l'acier peut aider à préserver certains bâtiments historiques. Ici, la maçonnerie a été complétée par des profilés métalliques assurant sa résistance. Enrichie de nouvelles constructions en acier, l'ancienne coopérative ouvrière des années 1920 est ainsi devenue, après des années de délabrement, un lieu moderne de convivialité de quartier (lire p. 9).

Isabel Gutzwiller vous souhaite une lecture inspirante.

Vivre et travailler au cœur d'une nature préservée

Maitre de l'ouvrage

Julia Queiroz et Pedro Franco Barbosa

Ingénieur structure

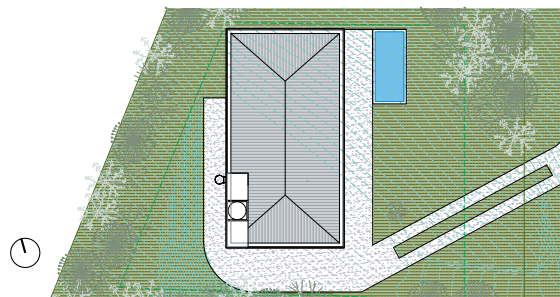
Cremona Engenharia

Architectes

Nattalia Bom Conselho et Marcos Franchini avec Amanda Castilho, José Henrique Paiva et Thomáz Marcatto

Achèvement des travaux

2019



Situation, échelle 1:600.

Au milieu d'un paysage vallonné, dans la réserve naturelle Estação Ecológica de Fechos, à quelques kilomètres de Belo Horizonte, au Brésil, les architectes Nattalia Bom Conselho et Marcos Franchini réalisent une maison spacieuse pour un couple et leur enfant. Son nom, galpão (hangar), résume avec force l'intention de créer, à l'aide de moyens simples et d'une palette de matériaux réduite, un lieu de vie et de travail fonctionnel.

L'architecture de la « Casa Galpão » à Nova Lima, au Brésil, se caractérise par un acier peint en noir et blocs de parpaing en béton creux – une architecture de la simplicité.

C'est avec un désir de dépouillement des matériaux et de lisibilité des volumes que les maîtres de l'ouvrage sont allés voir les architectes. En dialogue avec l'ingénieur Roberto Márcio dos Santos Martini, Bom Conselho et Franchini ont réalisé une résidence que l'on pourrait dire banale tant elle est simple, mais qui en réalité s'avère remar-

quable justement parce que l'épure a été ici poussée jusqu'à son paroxysme. Franchini parle de la « Casa Galpão » comme d'une « architecture sans excès » où la volonté d'avoir recours à des solutions modestes, à petite comme à grande échelle, a permis d'aller à l'essentiel.



Deux matériaux distinguent avant tout la « Casa Galpão », deux matériaux que l'on trouve plus souvent dans les constructions industrielles que résidentielles. Les exigences de qualité élevées requises pour une habitation ont en outre représenté un défi pour les différents acteurs du projet, notamment pour l'assemblage des matériaux qui a dû être réalisé avec grand soin et en fonction de leurs propriétés respectives. Le premier matériau dominant est l'acier, sous la forme d'une ossature peinte en noir, le second est son remplissage : des blocs de parpaing creux en béton, formant les murs intérieurs et extérieurs. Pour éviter l'accumulation d'humidité dans les blocs, ces derniers ont été recouverts d'un enduit à base de silane/siloxane. Pour la même raison, les joints ont scrupuleusement été remplis. Le troisième matériau est la tôle ondulée, employée sur le mur ouest, face à la vallée. La toiture est également réalisée avec des panneaux sandwich en acier galvanisé dont la face inférieure est laissée apparente, répondant ainsi à l'ondulation du parement ouest. Le dernier matériau à rentrer en jeu ici est le verre, qui domine sur la façade est de la maison, ouverte aux deux-tiers sur l'extérieur grâce à des vitres coulissantes sur toute la hauteur d'étage. Ainsi s'achève la palette de matériaux, bruts, de la « Casa Galpão ».

Ouverture et flexibilité

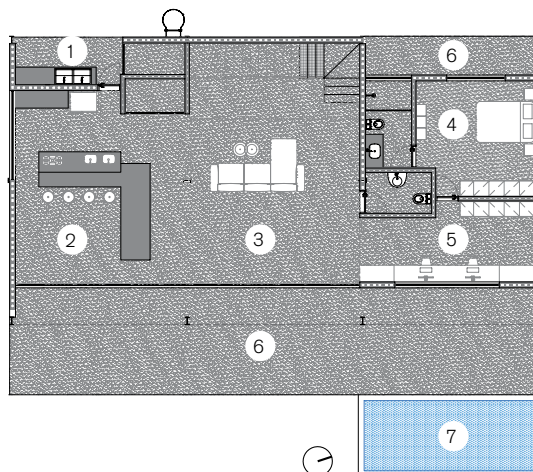
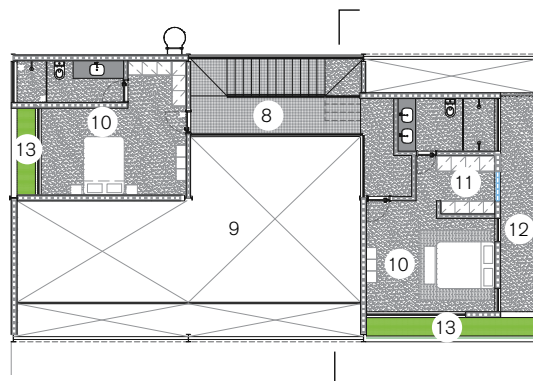
Ce n'est pas tout à fait un hasard si la simplicité spartiate de la construction donne à l'espace principal, s'étendant sur deux niveaux, des airs d'usine. La « Casa Galpão » n'est en effet pas qu'une habitation, il s'agit aussi du lieu de travail des clients, un couple d'artisans qui avait à cœur de pouvoir vivre dans un espace qui l'inspire. Le choix limité de matériaux et la décision de privilégier ceux provenant du monde industriel reflètent leurs souhaits, étroitement liés à leurs modes de vie et de travail. L'utilisation du béton poli imperméable pour les sols et plans de travail, de la tôle ondulée en alumi-



La façade faisant face à la vallée est largement vitrée et ouverte sur l'extérieur. Elle est en retrait de la structure métallique, ce qui permet de créer un espace extérieur couvert, mince transition entre un magnifique espace de vie et le paysage qui l'entoure.

nium pour le revêtement des escaliers et de peinture émaillée pour celui des portes métalliques répond à leur besoin de surfaces faciles d'entretien. C'est ainsi que l'espace de vie se transforme sans grands efforts en atelier, fonctionnel et d'usage flexible.

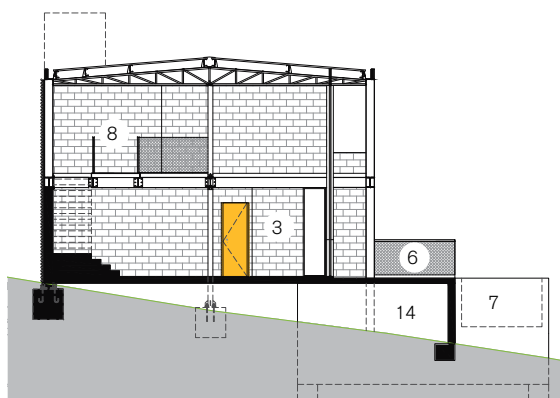
Cette flexibilité des fonctions se retrouve ailleurs au rez-de-chaussée : côté nord, un coin bureau et une chambre d'amis avec salle d'eau et accès séparé jouxtent l'espace de vie central. En fonction des besoins, ces pièces peuvent être isolées de l'espace principal, créant ainsi une unité autonome au sein de la maison. À l'étage se trouvent les espaces de vie de la famille, reliés entre eux par une passerelle

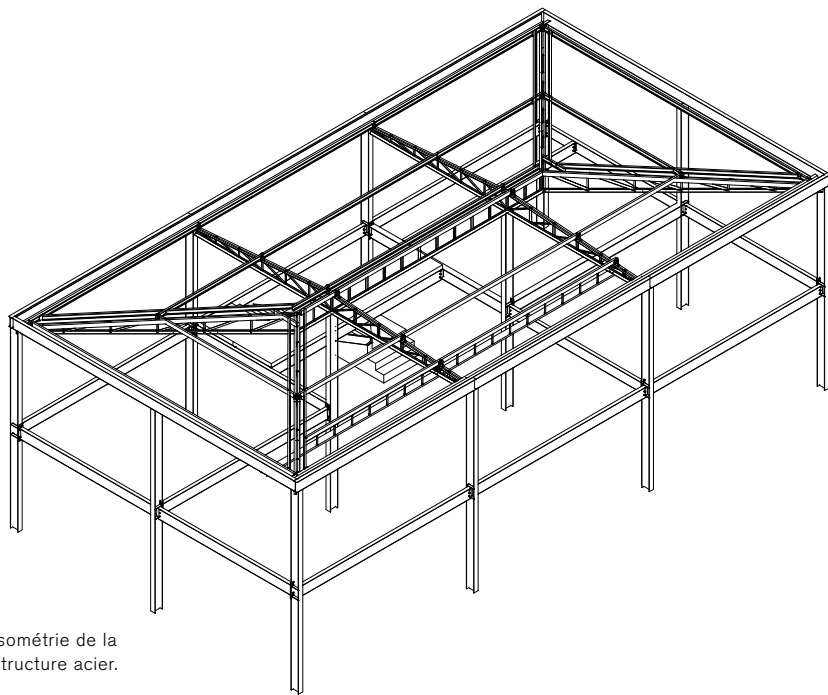


Tout à gauche : coupe transversale est-ouest, échelle 1:200.

En haut : plan de l'étage.
À gauche : plan du rez-de-chaussée, échelle 1:200.

- 1 Entrée
- 2 Cuisine / salle-à-manger
- 3 Salon
- 4 Chambre d'amis
- 5 Bureau
- 6 Terrasse
- 7 Piscine
- 8 Galerie
- 9 Double hauteur
- 10 Chambre à coucher
- 11 Dressing
- 12 Balcon
- 13 Bac à plantes
- 14 Atelier





Isométrie de la structure acier.

métallique faisant galerie et venant traverser la double hauteur de l'espace principal. Outre cette répartition claire des espaces intérieurs, la maison présente un haut degré de flexibilité, aussi bien dans son utilisation quotidienne qu'en vue de transformations à venir.

Une simplicité complexe

La structure porteuse et la construction dans son ensemble, s'harmonisant soigneusement l'une à l'autre, apportent une grande clarté spatiale. Douze poteaux métalliques se dressent sur une trame rectangulaire de 6,00 × 4,80 mètres. Celle-ci a été calculée en fonction de la taille des parpaings creux remplissant certaines travées de l'ossature d'acier, afin d'éviter des coupes inutiles.

La structure porteuse repose sur une ossature métallique tridimensionnelle. Les poteaux en profilés I (W250 × 32,7, conformément aux standards américains) sur deux étages sont boulonnés sur la dalle. Des poutres en profilés I (W310 × 23,8) s'élancent à mi-hauteur des poteaux, de même qu'à leur extrémité supérieure le long des façades (W310 × 21), formant ainsi une ossature rigide à portiques de deux à trois travées. Les planchers intermédiaires sont réalisés en béton armé, la toiture en panneaux sandwich isolants en acier galvanisé à profil trapézoïdal. Ceux-ci sont fixés à des poutres à treillis apparentes de forme triangulaire, supportant le toit à double pente. Ces poutrelles sont soudées à des

Ossature métallique en portiques avec remplissage

D^r-Ing. Hetty Bigelow

L'ossature métallique rigide de la « Casa Galpão » supporte d'importantes charges verticales et horizontales grâce aux fondations enfoncées dans le sol. Quelques travées de l'ossature en acier sont maçonnées.

Le remplissage des travées peut grandement influencer les comportements structuraux et de déformation de l'ossature en portiques, en particulier pour la reprise des charges horizontales dues au vent ou à l'activité sismique. Il contribue généralement à la rigidité horizontale de l'ossature.

La norme européenne EN 1998-1 « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes » différencie trois types de remplissage d'ossature en portiques : 1) ossature en portiques dans laquelle les remplissages sont connectés efficacement à la structure, 2) ossature en portiques dans laquelle les remplissages sont structurellement déconnectés de la structure, et 3) ossature en portiques dans laquelle les remplissages sont en contact avec la structure sans y être connectés efficacement. Les remplissages de la « Casa Galpão » correspondent à la troisième catégorie. Une fois l'ossature en

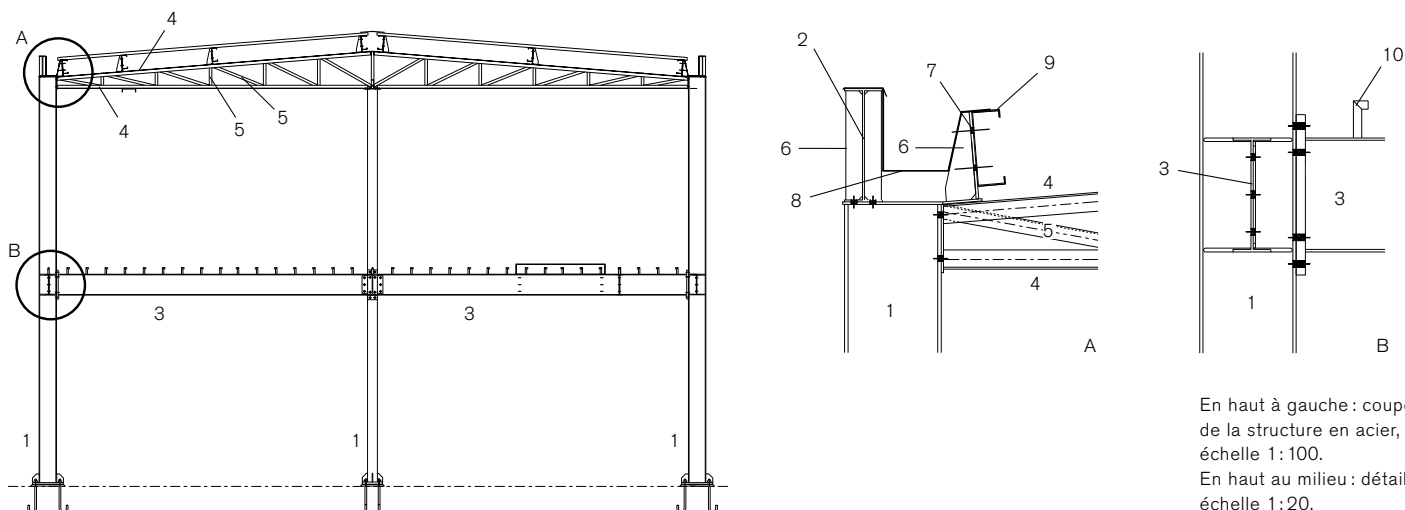
acier érigée, les murs de parpaings ont été montés entre les poteaux et les traverses de la structure. Maçonnerie et ossature ne sont ici ni structurellement déconnectées, ni efficacement attachées l'une à l'autre. Les murs ne supportent aucune charge verticale.

Le comportement du remplissage en cas de séisme est d'importance plutôt secondaire dans cette région, Nova Lima se trouve en zone sismique brésilienne 0 (cf. ABNT NBR 15421:2006-10-30). L'intensité des séismes s'y mesure en fonction de des accélérations horizontales des sols, soit $a_g = 0,25 \text{ m/s}^2$. Au Brésil, les zones sismiques sont classées de 0 à 4, la zone 4 ($a_g = 1,5 \text{ m/s}^2$) étant celle où la sismicité est la plus forte. Les valeurs de mesure des accélérations horizontales du sol y sont donc comparables aux valeurs suisses correspondantes qui s'étalent entre $a_{gd} = 0,6 \text{ m/s}^2$ (zone Z1a) et $a_{gd} = 1,6 \text{ m/s}^2$ (zone Z3b) (cf. SIA 261:2020). En Suisse, la menace sismique est considérée comme « modérée ».

La « Casa Galpão » est donc, en matière de construction antisismique, peu intéressante. Néanmoins, l'ossature métallique avec remplissage de maçonnerie donne l'occasion de débattre de l'action du remplissage sur le comportement structural et les aspects constructifs en général.

Les remplissages peuvent consister en les matériaux les plus divers : la maçonnerie et le béton armé pour les plus courants, le bois est aussi une possibilité. Dans les zones où l'activité sismique est importante, comme par exemple aux États-Unis où les zones 4 atteignent $a_g = 4 \text{ m/s}^2$ (cf. 1997 Uniform Building Code), on peut avoir recours à des murs de contreventement en acier ou autres solutions hybrides utilisant l'acier et le béton armé.

Lorsque le remplissage et l'ossature sont efficacement connectés ou en contact pur, une action réciproque s'opère entre eux. Si l'ossature est sollicitée par des forces horizontales, les poteaux vont subir une traction ou une compression, selon le sens de la charge. Le côté qui encaisse la force horizontale le premier subit une traction, l'autre une compression. Le remplissage subit un effort tranchant. Il en résulte un effet diagonal dans le remplissage, la charge se diffusant en diagonale depuis l'angle supérieur du mur du côté ayant reçu la charge jusqu'à l'angle inférieur du côté opposé. Le remplissage subit un effort de traction se déployant perpendiculairement à l'entretoise, et pouvant provoquer des fissures diagonales. Le changement de direction de la charge lors d'un séisme cause les fissures diagonales croisées typiques.



cornières isocèles L51 × 4,8 mm. La résistance de la structure étant ainsi assurée, il n'a pas été nécessaire d'avoir recours à des liaisons diagonales. Cela et le fait que les blocs de parpaing creux remplissant les travées ne sont pas porteurs permet de supprimer ou de déplacer les murs si nécessaire.

Les efforts déployés à la « Casa Galpão » pour réduire la quantité de matériaux utilisés dans la structure comme à la mise en œuvre sont allés de pair avec la volonté de rendre le processus de construction aussi écoresponsable que possible. Les différents éléments de la construction ont en effet été organisés en fonction de leur durée de vie. Les gaines et conduites, toutes laissées apparentes, sont facilement accessibles pour leur maintenance. En utilisant des éléments préfabriqués, principalement pour la structure métallique et ses points de jonction, la quantité de matériaux utilisée sur site a pu être réduite. De même, le fort recours à la préfabrication a permis de diminuer la durée du chantier, et donc les coûts. Enfin, les concepteurs ont également veillé à minimiser les distances de transport en s'approvisionnant dans la région et en évitant les emballages inutiles.

La « Casa Galpão » se démarque par un emploi réduit de matériaux et de ressources, et par une utilisation flexible de l'espace pensée dès sa conception. Associée au paysage à couper le souffle dans lequel elle s'insère, la maison possède des qualités intrinsèques à sa simplicité, son ouverture sur l'extérieur et sa flexibilité.

Projet Casa Galpão

Lieu Nova Lima (BR)

Maître de l'ouvrage Julia Queiroz et Pedro Franco Barbosa

Ingénieur structure Cremona Engenharia Ltda., Santa Luzia (BR)

Architectes Marcos Franchini et Nattalia Bom Conselho avec Amanda Castilho, José Henrique Paiva et Thomáz Marcatto, Belo Horizonte (BR)

Direction des travaux Amans Empreendimentos e Participacoes Ltda., Santa Luzia (BR)

Entreprise de construction métallique Cremona Engenharia Ltda.

Type de construction Ossature métallique, remplissage en maçonnerie

Structure porteuse Ossature métallique tridimensionnelle rigide avec planchers intermédiaires en béton armé. Toiture : Panneaux sandwich en acier galvanisé à profil trapézoïdal sur poutres à treillis

Types d'acier Profils laminés ASTM A572, profils pliés ASTM A570 Gr.C, éléments de tôle ondulée A36, gouttières en acier galvanisé ASTM A36

SHOB 294,5 m²

Surface utile 236 m²

Volume 1146,60 m³

Usage Maison individuelle

Coût global R\$ 647 900 (env. 114 000 CHF)

Durée du chantier 2018 à 2019

En haut à gauche : coupe de la structure en acier, échelle 1 : 100.

En haut au milieu : détail A, échelle 1 : 20.

En haut : détail B, échelle 1 : 20.

1 Profilé en I W250 × 32,7

2 Profilé en I W310 × 21

3 Profilé en I W310 × 23,8

4 Cornière L51 × 4,8 mm

5 Cornière L38 × 3,2 mm

6 Plat acier 8 mm CH8

7 Plat acier 6 mm

8 Goulotte

9 C200 × 75 × 20 × 2,65

10 Goujons connecteurs Ø 19

Les différents éléments de la construction sont organisés en fonction de leur durée de vie. Les gaines et conduites, toutes laissées apparentes, sont constamment accessibles.



