

Les architectures technocritiques



DOSSIER

Dossier réalisé par Stéphane Berthier

Slow-tech

D'après nature

Rusticité savante : penser les circuits courts

Terre de Paris : un projet expérimental

Yakafokon

WikiHouse, Digital do it yourself

En marge du modèle industriel dominant qui produit l'essentiel de nos édifices contemporains, un certain nombre d'architectes tentent de renouer avec leur culture constructive après quarante ans de déni postmoderne. Ils imaginent de nouvelles manières d'agir et de construire, en dehors des schémas industriels et normalisés. Leurs critiques de la production actuelle portent sur les nouveaux édifices « basse consommation » dont on dit de plus en plus qu'ils ne sont peut-être pas si vertueux qu'ils le prétendent. Mais ces critiques interrogent aussi les conditions de production de ces derniers, les filières de matériaux, les métiers, les organisations professionnelles et les savoir-faire engagés. Ces acteurs militants renouvellent l'art de bâtir, en prêtant une attention toute particulière au monde sensible et à ses ressources naturelles et humaines.

De gauche à droite :

Charpente en bois de la halle de marché de Lamure-sur-Azergues
© Jacques Anglade.

Maquette en plexiglas pour l'expérimentation réalisée
à la soufflerie Aérodynamique Eiffel © LM Ing.

Détail du garde-corps de châtaignier et de sa lisse supérieure, passerelle située
dans la vallée de la Restonica © Stéphane Berthier.

Carottes d'argiles issues des sondages réalisés pour la construction
du réseau Grand Paris Express. © Joly & Loiret.

Slow-tech

Dix ans après le Grenelle de l'environnement et son ambition de diviser par quatre nos émissions de gaz à effet de serre, nous observons le développement d'une nouvelle génération d'architectures qui tirent leurs vertus écologiques de leur performance énergétique. L'amélioration des caractéristiques thermiques des produits de construction et des équipements de chauffage et de ventilation mécanique est certes louable, dans la mesure où elle diminue nos émissions de dioxyde de carbone. Cependant, les récents retours d'expérience sur les édifices à basse consommation, bien que partiels et incomplets, soulèvent un grand nombre de doutes sur les performances réelles de ces édifices sophistiqués. Entre le modèle numérique simulé et la réalité d'un bâtiment occupé, il y a souvent de fortes différences. D'autre part, les objectifs de sobriété énergétique imposés par les normes en vigueur se concentrent sur l'énergie de consommation, c'est-à-dire l'énergie nécessaire pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement et le fonctionnement général de l'édifice. Mais l'énergie grise, c'est-à-dire l'énergie dépensée pour produire l'édifice, ses matériaux, leur transport et leur mise en œuvre, ne compte

pour rien dans les calculs réglementaires. Ainsi, un bâtiment dont la consommation est très faible peut avoir été un gouffre énergétique au moment de sa construction, reportant ainsi de plusieurs années le gain écologique espéré.

Ces réponses techniques aux enjeux de la transition écologique ne satisfont guère nombre d'architectes et d'ingénieurs qui voient dans cette démarche d'*aggiornamento* écologique de l'industrie une façon de résoudre un problème avec les mêmes idées que celles qui l'ont créé. Trop souvent, les toitures végétales comme les plantes vertes au balcon de l'architecture *greenwashing* dissimulent mal la machinerie industrielle de plus en plus normalisée qu'elles habillent. Leur artificialité ne parvient pas non plus à établir de nouvelles relations avec le monde sensible, pourtant de plus en plus désirées.

DES MATÉRIAUX REVISITÉS

Nous observons toutefois l'émergence de – timides – signes de pratiques alternatives. Elles interrogent les conditions de production industrielle du bâtiment et cherchent à construire autrement, aux marges de la surenchère technologique actuelle. Ces travaux ne se concentrent pas uniquement sur



Ci-contre et ci-dessus :
Maison des vins de
Patrimonio, Corse, Gilles
Perraudin architecte, 2016.

Page de droite, à gauche :
charpente en bois de la
halle de marché de Lamure-
sur-Azergues, Atelier
Nao architectes (Jacques
Anglade et Adela Ciurea).



Photos © Stéphane Berthier

Au milieu : mur en pisé
de l'usine Ricola à Laufen
(CH) M. Rauch et Herzog
& de Meuron, architectes.

À droite : détail du mur
en pisé et de ses lits de
tuiles anti-érosion, maison
Rauch à Schlins, Autriche,
Martin Rauch, architecte.

LES TOITURES VÉGÉTALES COMME LES PLANTES VERTES AU BALCON DE L'ARCHITECTURE GREENWASHING DISSIMULENT MAL LA MACHINERIE INDUSTRIELLE DE PLUS EN PLUS NORMALISÉE QU'ELLES HABILLENT.

l'optimisation thermique, mais se penchent aussi sur les circuits de production, la nature des matériaux, leur cycle de vie et leurs effets sur la santé des occupants. La redécouverte de matériaux de construction autres que le béton armé et l'acier, matériaux phare de la modernité, est un signe distinctif récurrent de ces architectures critiques. Le succès contemporain de l'architecte Wang Shu, qui travaille avec des matériaux de récupération mis en œuvre artisanalement, en réinterprétant les constructions vernaculaires, s'oppose aux modes constructifs industriels qui dominent la modernisation actuelle de la Chine.

En France, depuis presque de vingt ans, Gilles Perraudin a délaissé ses premiers amours pour l'architecture dite « *high-tech* » afin de se consacrer à l'architecture de pierre monolithique. De même, Jacques Anglade, ingénieur-charpentier, redécouvre inlassablement l'art du trait et de la taille pour dessiner des charpentes denses, faites de petits bois massifs savamment assemblés. Il revendique explicitement son travail comme une critique de l'industrialisation de la filière bois et de ses grands éléments de bois lamellé-collé qui n'évoquent plus grand-chose de l'arbre dont ils sont issus.



© Jacques Anglade

La terre crue renaît elle aussi, un peu partout en France, pourvu qu'il y ait de l'argile de bonne qualité dans le sous-sol. Le Dauphiné redécouvre son pisé, la Normandie sa bauge et son torchis, tandis que Paris s'interroge sur les possibilités constructives des terres issues des déblais des chantiers du Grand Paris. Mais ce matériau séduit aussi un peu partout en Europe. Herzog & de Meuron en fabriquent des monolithes pour une nouvelle usine Ricola à Laufen, en Suisse, tandis que Martin Rauch, céramiste de formation, en exploite les multiples domaines d'application dans sa maison à Schlins, en Autriche. De même, les matériaux biosourcés, et plus spécifiquement les agro-matériaux comme la paille, le chanvre ou le chaume, issus des coproduits non valorisés de l'agriculture, font l'objet de recherches spécifiques. Leur argument écologique tient à ce qu'ils sont produits à partir de l'énergie solaire, grâce au processus de photosynthèse végétale, et qu'ils sont entièrement biodégradables.

Ces développements ont en commun de critiquer les modalités industrielles de la fabrication des bâtiments contemporains. Ils sont souvent associés, par malentendu, à une démarche *low-tech* – qui leur est injus-



tement attribuée. En réalité, ils nécessitent beaucoup de recherche, d'ingénierie et de savoir-faire pour gagner leur crédibilité. Il serait plus juste de parler de « *slow-tech* » à propos de ces nouveaux modes constructifs qui demandent beaucoup de connaissances et de compétences de la part des acteurs qui s'engagent dans cette voie. Il leur faut aussi prendre le temps d'expérimenter ces combinaisons techniques nouvelles. D'ailleurs, les édifices démonstrateurs de ces nouvelles manières de construire ne sont jamais le témoignage d'une réaction nostalgique mais proposent toujours une réinterprétation constructive des traditions, augmentée des savoirs de l'ingénierie. Ces matériaux, comme la terre crue, le bois massif ou les agro-matériaux, ont en outre le point commun d'être fragiles, sensibles aux conditions climatiques, et obligent les concepteurs à faire preuve d'une grande exigence dans leur mise en œuvre.

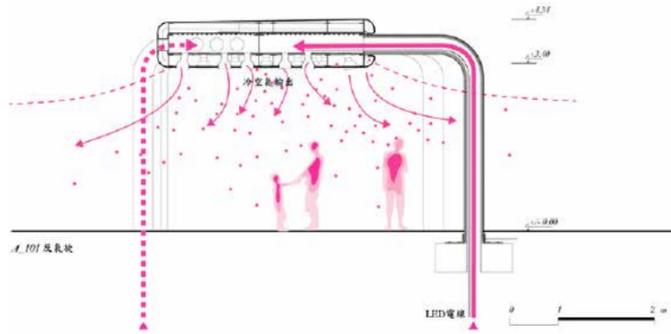
RENOUVELER L'IDÉE DE CONFORT

Ces réflexions portent aussi sur le confort standardisé, hérité de la modernité, qui fixe comme condition indiscutable une température de 20 °C, été comme hiver, en tout point du bâtiment. Il est désormais





© Clément Guillaume



À gauche : épaisseur habitable de la façade pariétodynamique, rue des Orteaux, Paris, Armand Nouvet, architecte.

À droite : Cooling Climate Device at Jade Eco Park, Taiwan, Philippe Rahm architecte.



© WikiHouse CC



© Yakafokon

À gauche : prototype d'une WikiHouse, New York, 2016.

À droite : montage d'une structure éphémère pour le festival de théâtre Les Effusions, 2016, collectif Yakafokon.

souvent question d'habitabilité saisonnière comme en témoignaient les projets de l'appel à idées « Pour un habitat écoresponsable densifié » présenté en 2009 lors de l'exposition « Habiter écologique : quelles architectures pour une ville durable ? » qui se tenait à la Cité de l'architecture. Partant du principe que les calculs thermiques imposent désormais des manteaux isolants de 20 à 25 cm d'épaisseur, ces projets envisagent d'exagérer encore plus cette épaisseur pour la rendre habitable. Portée à 2 mètres ou plus, l'enveloppe devient lieu et accueille des jardins d'hiver ou des vérandas, espaces non chauffés, habitables dès la mi-saison. Plutôt que de vivre toute l'année dans 70 m² chauffés, ils proposent par exemple de se limiter à 60 m² pendant les mois de chauffe pour bénéficier de 80 m² d'avril à octobre. Ces dispositifs typologiques renouvellent la manière de vivre son logement, de s'approprier son environnement.

Une expérimentation similaire a été menée par Lacaton & Vassal pour la rénovation thermique de la tour Bois-le-Prêtre, dont la nouvelle enveloppe est une sorte d'espace thermique intermédiaire tempéré par les déperditions du volume chauffé et

par les calories offertes par le soleil. Elle offre un nombre significatif de mètres carrés supplémentaires aux habitants, pour autant qu'ils acceptent de moins utiliser ces espaces durant les mois froids de l'hiver. Un pas plus loin, les recherches de Philippe Rahm prennent acte du fait que la température de l'air n'est qu'un aspect du confort thermique. Les effets de parois froides, de conduction ou de radiation jouent un rôle important dans nos sensations, tout comme l'humidité relative de l'air. Le confort thermique peut donc être imaginé autrement qu'à partir d'une température homogène et contrôlée, identique en tout lieu et tout instant. Les qualités de confort thermique et aéraulique peuvent différencier les espaces, autant leur forme et leur lumière. Cette réflexion fait écho à celle plus littéraire de Lisa Hescong¹ qui, dans son ouvrage *Architecture et volupté thermique*, parle de notre sens atavique des éléments et montre comment, avant l'ère des équipements techniques destinés à contrôler le confort, l'architecture avait exploité avec subtilité et finesse la richesse de tous les registres sensoriels (le foyer, le sauna, les thermes romains, les bains japonais, les jardins islamiques, etc.) pour nous relier

au monde sensible. Elle souligne aussi que ces lieux créaient les conditions de relations sociales particulières que n'offrent plus l'uniformisation thermique contemporaine et l'artificialisation de notre confort.

De manière plus radicale encore, l'agence autrichienne Baumschlager Eberle a expérimenté près de Dornbirn dans le Vorarlberg un immeuble tertiaire dont la compacité et l'inertie permettent de maintenir une température intérieure comprise entre 22 et 26 °C toute l'année, sans aucun équipement technique de chauffage, de ventilation mécanique ou de climatisation (voir d'a n° 248). Les espaces intérieurs sont équipés de capteurs d'humidité, de température et de CO₂, analysés par un logiciel qui contrôle l'ouverture des volets de ventilation selon les besoins. Derrière ses imposants murs de 60 cm de briques alvéolaires sans isolant, le *software* a remplacé le *hardware*, au service d'un fonctionnement totalement passif. Bien que cette démarche expérimentale ne puisse être extrapolée qu'avec une grande prudence, tant elle dépend de l'échelle de l'édifice et de la destination de l'ouvrage, en partie chauffé par les ordinateurs, il n'en demeure pas moins qu'elle interroge sérieusement nos standards technologiques.

DE NOUVELLES FAÇONS DE PRODUIRE

Ces critiques, d'abord motivées par des considérations écologiques, en réveillent d'autres, plus anciennes, qui ne portent pas seulement sur les caractéristiques physiques des objets créés. Leurs conditions de production et l'organisation de la société qu'elles génèrent sont de nouveau sujettes à débat. La fabrique d'un bâtiment est aujourd'hui très largement industrialisée, avec ses standards, ses normes, et ses « majors ». Ce contexte professionnel détermine une certaine organisation du travail et certaines structures relationnelles entre les acteurs, jugées de plus en plus insatisfaisantes, voire néfastes. À cet égard, notre époque voit apparaître des revendications d'émancipation contre la condition déresponsabilisante d'individu-consommateur, aussi passif que captif. Les organisations participatives qui impliquent les citoyens dans la construction de leur environnement, défendues par Patrick Bouchain parmi tant d'autres, valorisent la responsabilité des groupes humains à l'échelle locale. Comme un écho, les mouvements des *makers*, comme Bellastock, Yakafokon ou WikiHouse, tentent de reprendre la main sur la fabrication des objets de notre quotidien, selon

nos besoins réels et non ceux suggérés par le pouvoir de séduction des publicités. À l'instar du secteur de l'alimentation, les circuits courts sont désormais valorisés, de l'échelle du quartier et son FabLab jusqu'à l'échelle du territoire, ses ressources et savoir-faire propres. D'un point de vue théorique, ces réflexions originales sur nos systèmes techniques s'inscrivent dans la tradition techno-critique dont François Jarrige a dressé récemment la généalogie historique². Cette histoire débute avec la révolution industrielle en Grande-Bretagne, au travers des révoltes des luddites, ouvriers tisserands qui brisaient les métiers à tisser mécaniques pour sauver leurs emplois, mais aussi leur dignité d'artisans. Elle se poursuit tout au long des XIX^e et XX^e siècles, pointant sans cesse l'aliénation qu'engendrent la mécanisation des tâches de travail et leur nouveau découpage spécialisé qui réduit le rôle des agents à de simples exécutants enrégimentés. Des écrits comme ceux de Lewis Mumford³ ou d'Ivan Illich⁴ témoignent de la continuité de cette critique sociale et politique de l'industrialisation et de l'uniformisation de ses produits. D'une certaine manière, ces critiques contemporaines, écologiques et sociales,

marquent le retour de l'art de bâtir dans le giron de la théorie de l'architecture, après plus de quarante années de déni postmoderne. Elles incitent à imaginer autrement notre rapport à la technique, à souhaiter des modes de production peut-être plus lents, plus attentifs aux multiples aspects de notre environnement naturel et social. Ces manières d'agir, guidées par des considérations éthiques, s'opposent à l'obsession de la productivité nécessaire à la croissance industrielle. Elles s'opposent aussi à la normalisation – corollaire de l'industrialisation – en ouvrant la voie à de multiples expérimentations originales. On peut se réjouir que les architectes renouent avec leur culture constructive; il est heureux de les voir se saisir des débats qui animent notre époque pour proposer une architecture écologique renouvelée, partagée et toujours désirable. ■

1. Lisa Hescong, *Architecture et volupté thermique*, Éditions Parenthèses, Paris 1981 pour la traduction française.

2. François Jarrige *Techno-critiques, du refus des machines à la contestation des technosciences*, La Découverte, Paris, 2014.

3. Lewis Mumford, *Techniques et Civilisation*, 1934, Paris 1950 pour la traduction française, Éditions Parenthèses, 2015.

4. Ivan Illich, *La convivialité*, Seuil, 1973.



© Ake Eson Lindman



À gauche : Takern Visitor Center, Suède, couverture en chaume, Wingårdh architectes.

À droite : façade double peau habitable à mi-saison, tour Bois-le-Prêtre, Druot, Lacaton & Vassal architectes.



Immeuble 2226, Baumschlager Eberle, à Dornbirn, Autriche.

D'après nature

Entretien avec Laurent et Grégoire Mouly, de LM Ingénieur

Le bureau d'études LM ingénieur est engagé dans le développement expérimental de la transition écologique. Basé à Paris, il recherche des solutions alternatives au modèle dominant des bâtiments basse consommation, fondé sur des enveloppes très isolantes, étanches à l'air, associées à des équipements de chauffage et de ventilation sophistiqués. Dans cet entretien, ses deux associés Laurent et Grégoire Mouly reviennent sur cette activité de recherche et de développement.

D'A : QUEL EST LE DIAGNOSTIC QUI VOUS AMÈNE À DÉVELOPPER DES TECHNIQUES ALTERNATIVES COMME LA VENTILATION NATURELLE OU LA CONSTRUCTION EN MATÉRIAUX BIOSOURCÉS ?

La réglementation en vigueur s'intéresse surtout à réduire les consommations d'énergie une fois le bâtiment construit. Or, il nous semble important aujourd'hui de s'intéresser au fait que l'énergie consommée pour construire le bâtiment est très élevée si nous voulons décarboner la construction. C'est d'ailleurs l'esprit du label E+C- (énergie positive et bas carbone). D'autre part, le modèle dominant des bâtiments basse consommation (BBC), aujourd'hui normalisé par la RT 2012, consiste essentiellement à rendre l'enveloppe très étanche, très isolée, et à ven-

tiler mécaniquement en double flux. Mais les retours d'expérience montrent que les performances réelles sont en dessous des attentes et que ces constructions génèrent une sinistralité nouvelle lorsque les équipements techniques ne sont pas bien entretenus. De plus, on fait totalement abstraction de l'humidité de l'air dans les modèles de calcul et dans la conception. Nous réfléchissons de notre côté à des solutions plus « naturelles », moins étanches, en travaillant avec des matériaux biosourcés et en favorisant la ventilation naturelle quand c'est possible.

D'A : EST-CE LE CAS DE VOS TRAVAUX AVEC LE BÉTON DE CHANVRE ?

Oui, nous avons déjà livré deux immeubles de logements à Paris, rue Myrha en 2013 avec les architectes North By Northwest (voir d'a n° 222) et rue Oberkampf en 2017 avec les architectes Barrault & Pressaco (voir d'a n° 259), qui expérimentent ce matériau. Nous sommes parvenus à obtenir les performances thermiques réglementaires avec seulement 10 cm de béton de chanvre en remplacement des 15 ou 20 cm d'une isolation plus classique. Pourtant, le béton de chanvre est moins bon isolant que la laine minérale ! Mais nous avons optimisé



Isolant en béton de chanvre projeté entre les montants d'un mur à ossature bois, rue Myrha.

le caractère bioclimatique de la construction, en maximisant les gains d'énergie solaire. D'autre part, nous avons fait un travail très approfondi de diminution des ponts thermiques grâce à des planchers en bois. Il faut noter aussi que les façades de l'immeuble rue Oberkampf sont en pierre, matériau qui a une conductivité thermique plus faible que le béton. Ces travaux sont la preuve qu'en raisonnant globalement nous avons pu concevoir une architecture alliant performance et matière, en dehors des modèles normatifs. L'autre intérêt du béton de chanvre est qu'il respire et participe à la régulation de la vapeur d'eau en surplus dans le logement. On a donc moins besoin de ventiler pour assécher l'air intérieur. C'est un gain d'énergie supplémentaire.

D'A : DE QUOI CE MATÉRIAU EST-IL FAIT ?

C'est de la fibre de chanvre liée avec de la chaux aérienne. La paille de chanvre est un coproduit de l'agriculture, délaissé après récolte et que nous pouvons valoriser dans la construction. C'est ce qu'on appelle un agro-matériau, dont le bilan carbone est négatif puisqu'il stocke du CO₂. Si ces matériaux étaient développés, cela serait aussi un débouché intéressant pour



© LM Ing.

CES TRAVAUX SONT LA PREUVE QU'EN RAISONNANT GLOBALEMENT NOUS AVONS PU CONCEVOIR UNE ARCHITECTURE ALLIANT PERFORMANCE ET MATIÈRE, EN DEHORS DES MODÈLES NORMATIFS

l'agriculture, dans une logique d'économie circulaire et de circuits courts, avec peu de transformation industrielle. L'association de la chaux aérienne et du chanvre crée un matériau perméant et hygroscopique, c'est-à-dire qu'il peut absorber la vapeur d'eau en surplus dans l'air intérieur. Cette vapeur d'eau, en se condensant dans le matériau, libère de l'énergie, qui réchauffe la paroi. À l'inverse, l'été, l'humidité contenue dans le matériau se transforme en vapeur sous l'effet du rayonnement solaire sur la façade et rafraîchit la paroi : il s'agit d'une application du principe de transfert de chaleur latente. C'est une propriété physique commune à beaucoup de matériaux naturels, qu'il est très intéressant d'exploiter car la seule température de l'air ne fait pas tout dans le confort. La radiation des parois est importante dans le ressenti, comme lorsqu'on s'approche d'une baie vitrée en hiver. En réalité, le confort thermique est une notion globale qui associe la température de l'air à son degré d'humidité et aux effets de conduction et de radiation.

D'A : COMMENT CE CONFORT THERMIQUE EST-IL ÉVALUÉ DANS CES DEUX BÂTIMENTS ?

D'abord par les retours des habitants, qui

nous ont fait part de leur satisfaction. Ensuite, il faudrait mener des campagnes d'instrumentation de ces projets expérimentaux pour en tirer des mesures exploitables scientifiquement. Aujourd'hui, le béton de chanvre, comme beaucoup de matériaux alternatifs, est encore mal connu d'un point de vue scientifique. Nous avons besoin d'entreprendre des recherches pour mieux comprendre le comportement de la matière en situation complexe de projet.

D'A : COMMENT RÉAGISSENT LES BUREAUX DE CONTRÔLE FACE À CES DÉMARCHES EXPÉRIMENTALES ?

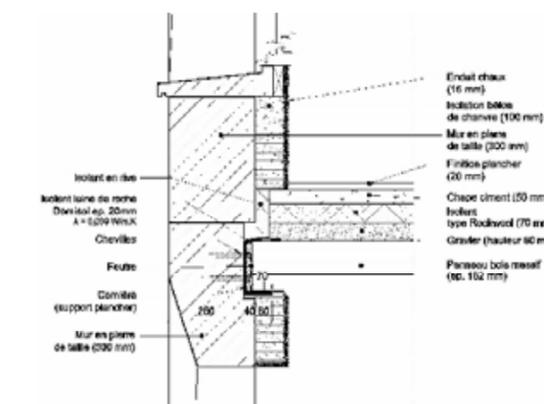
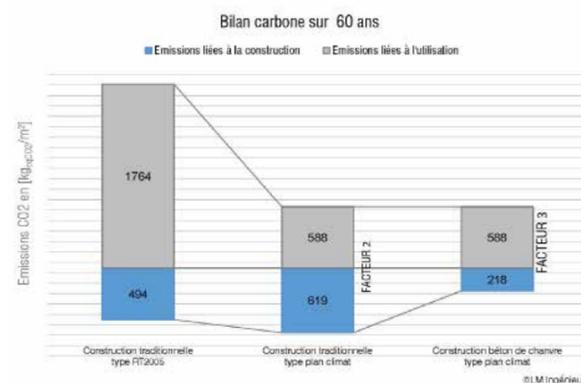
Sauf exception, plutôt positivement, mais il faut dire que nous allons très loin dans la justification de nos choix pour établir un dialogue constructif. Pour démontrer que notre isolation avec 10 cm de béton de chanvre respectait la réglementation thermique en vigueur, nous avons dû calculer avec précision les déperditions des ponts thermiques, intégrer finement les apports solaires, etc. On ne peut pas se contenter de données standard, il faut informer très précisément le modèle pour l'affiner. C'est un gros travail. Nous nous appuyons sur l'esprit des normes, afin de démontrer que

notre solution respecte le cadre de la règle en vigueur. Ensuite, il n'existe pas encore de DTU pour ce matériau, nous avons donc extrapolé les recommandations des Règles professionnelles, dont le domaine d'application est limité pour l'instant à l'habitat individuel. Mais les fabricants de béton de chanvre comme BCB sont assez proactifs et nous ont aidés dans nos démarches. Ils sont mobilisés depuis plus de vingt ans dans ces démarches expérimentales pour faire normaliser leur matériau dans un DTU. Ils ont par exemple fait réaliser des essais au feu pour obtenir les classements demandés.

Nous avons eu la même démarche avec le sujet de la ventilation naturelle sur le projet du théâtre élisabéthain du château d'Hardelot avec l'architecte Andrew Todd (voir d'a n° 250). Nous avons dû démontrer que notre solution était valable, en testant notamment des maquettes au laboratoire de la soufflerie Aérodynamique Eiffel pour étudier l'interaction de notre dispositif avec le vent dans toute sa complexité. Ces expérimentations physiques ont ensuite été couplées à des simulations numériques pour démontrer la conformité du projet.

Comparaison du bilan carbone entre : a) une construction traditionnelle de la fin du XX^e siècle, b) une construction basse consommation contemporaine et c) le projet de la rue Myrha : les économies d'énergie grise permettent

de diviser par trois les consommations d'énergie sur un cycle de soixante ans tandis que le modèle techniquement sophistiqué du bâtiment basse consommation augmente significativement la consommation d'énergie grise.



Détail de jonction entre la façade en pierre et le plancher en bois. L'isolation en béton de chanvre est projetée à l'intérieur puis enduite de chaux.

NOUS AVONS DONC GAGNÉ CE CONCOURS CONTRE DES PROJETS PLUS « *TECHNICISTES* », QUI DÉPENSAIENT AUTOUR D'UN DEMI-MILLION D'EUROS DANS LES ÉQUIPEMENTS DE VENTILATION

D'A : C'EST VOUS QUI PROPOSEZ L'OPTION « VENTILATION NATURELLE » SUR CE PROJET ?

C'est un dialogue qui s'étend dans le temps. Nous avons déjà travaillé avec Andrew Todd, l'architecte, sur d'autres opérations et partagé avec lui notre intérêt pour cette solution. Le concours du théâtre a été l'opportunité de concrétiser ces échanges antérieurs. Il se trouve qu'à la même période le conseil général du Pas-de-Calais travaillait avec Jeremy Rifkin sur la transition écologique de la région. De ce fait, les élus et agents du département étaient très sensibilisés à ces enjeux d'écologie, d'énergie verte, de nouveaux modèles techniques, etc. Le règlement de la consultation exigeait notamment de définir le coût global de l'opération. Nous avons donc gagné ce concours contre des projets plus « *technicistes* », qui dépensaient autour d'un demi-million d'euros dans les équipements de ventilation, sans compter leur consommation d'énergie ainsi que leur coût d'entretien et de maintenance sur le long terme. La solution que nous apportons en prend le contre-pied par la sobriété de sa technique. Elle contrôle simplement les mouvements de l'air sous l'effet couplé de la chaleur et du vent grâce à une réflexion très



Ci-dessus : maquette en plexiglas pour l'expérimentation réalisée à la soufflerie Aérodynamique Eiffel.

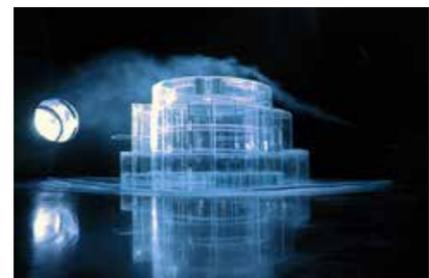
Ci-contre : vue en plongée sur les fauteuils d'orchestre.

© LM Ing.

poussée sur l'orientation et la morphologie des volumes. Nous nous appuyons sur la compétence de Grégoire, qui est ingénieur en mécanique des fluides et a été formé à l'architecture navale. Nous maîtrisons donc assez bien ces questions d'écoulements libres des flux, de manière plus scientifique que les compétences requises pour dimensionner des réseaux dans lesquels circule de l'air et où il est surtout question de puissance du ventilateur, de section des gaines et de pertes de charges.

D'A : CE MODE DE VENTILATION NATURELLE NE CRÉE-T-IL PAS UN INCONFORT OU DES DÉSORDRES ACOUSTIQUES DANS UNE SALLE DE THÉÂTRE ?

Non, il n'y a pas d'inconfort car les vitesses de déplacement de l'air sont très faibles et, d'autre part, en hiver nous pouvons



© LM Ing.

préchauffer l'air entrant grâce à des batteries placées devant les entrées d'air. Il n'y a pas d'inconfort acoustique non plus, au contraire, car il n'y a pas le bruit de fond des moteurs de ventilation. C'est un endroit très agréable, très silencieux. Notre sujet acoustique était plutôt de protéger le voisinage des sons émis par le théâtre lors des représentations car nous avons des entrées et sorties d'air très importantes.

D'A : AU FINAL, EST-CE QUE VOUS AVEZ OBTENU LES PERFORMANCES RECHERCHÉES ?

Le théâtre fonctionne bien. Le système de régulation de la ventilation est en cours de rodage et fait l'objet de mises au point, comme dans toute pratique expérimentale. Le bâtiment est équipé de différentes sortes de capteurs pour pouvoir contrôler et analyser le comportement réel de la ventilation, en termes de vitesse, de débit, de température, etc. Nous sommes actuellement en train d'étalonner nos hypothèses de travail, à partir de l'analyse des données enregistrées durant la première année d'utilisation. Nous allons bientôt entreprendre ce travail d'exploitation des résultats et d'évaluation.

D'A : LE TEMPS DE CES EXPÉRIMENTATIONS EST-IL COMPATIBLE AVEC LE TEMPS D'UN PROJET ?

Non, on avance par paliers, il y a des choses que nous n'avons pas pu faire rue Myrha mais que nous avons pu mettre en œuvre ensuite rue Oberkampf. Ce ne sont pas les mêmes temporalités, mais les retours d'expérience du projet *n* alimentent le projet *n + 1* qui peut alors aller un peu plus loin. Il y a désormais un spécialiste des matériaux biosourcés au CSTB, c'est un progrès, mais beaucoup reste à faire pour valoriser



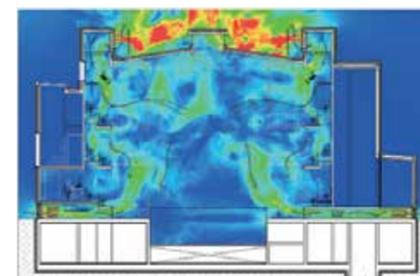
© LM Ing.

Théâtre élisabéthain d'Hardelot, en structure bois.

et développer leur emploi. Pour le théâtre, c'est un peu pareil, nous attendons beaucoup de la campagne d'instrumentation en cours pour mieux connaître le comportement réel de l'air et incrémenter nos méthodes de conception.

D'A : POUR VOTRE BUREAU D'ÉTUDES, QUEL EST LE MODÈLE ÉCONOMIQUE DE CETTE ACTIVITÉ DE R&D ?

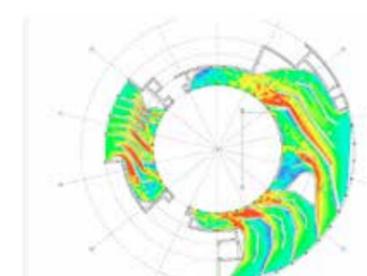
C'est notre grande difficulté. Toutes ces recherches sont entreprises dans le cadre de missions de maîtrise d'œuvre conventionnelles et rémunérées comme telles. Donc ces recherches sont financées par un investissement de temps non rémunéré, voire plus, sans garanties de retour sur investissement puisque nous ne savons pas si nous pourrions reproduire l'expérience acquise sur d'autres projets, à court ou moyen terme. La maîtrise d'ouvrage a encore trop exceptionnellement la culture du coût global, il est très difficile de faire financer ces recherches de la sorte : on nous rétorque que les budgets de construction et de fonctionnement ne sont pas les mêmes. Donc les gains à venir sur les consommations d'énergie et de maintenance d'équipements high-tech ne peuvent pas être valorisés dans nos études. Il y a une réflexion professionnelle à mener



pour trouver un cadre adapté. Aujourd'hui, nous n'y avons pas d'intérêt financier, nous le faisons par conviction, en espérant que les connaissances que nous accumulons pourront être valorisées dans le futur, mais sans certitudes. Par exemple, l'exploitation des mesures sur le théâtre d'Hardelot, qui nécessite un gros travail d'exploitation et d'interprétation des données pour réaliser une évaluation correcte, s'inscrit dans le cadre juridique de la Garantie de parfait achèvement (GPA), qui est complètement inadapté à une activité d'évaluation de l'expérimentation.

D'A : QUELLES SONT LES VOIES POSSIBLES POUR QU'UNE ACTIVITÉ DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT PUISSE ÊTRE MENÉE EN SITUATION DE PROJET, ET NON PAS SEULEMENT PAR LES INDUSTRIELS QUI FABRIQUENT DES MATÉRIAUX ET DES ÉQUIPEMENTS ?

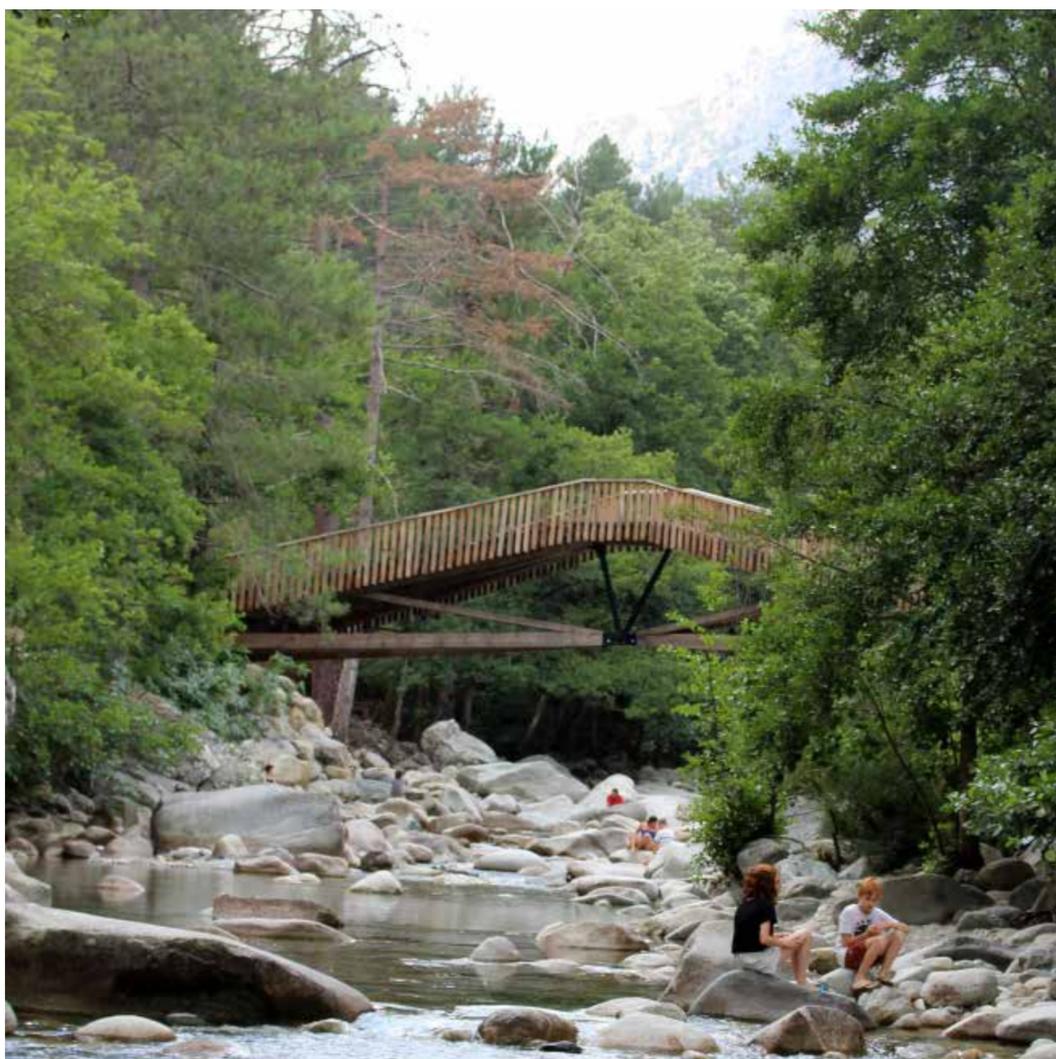
Il faudrait que des petites structures comme les nôtres puissent bénéficier de l'aide du crédit impôt recherche (CIR) pour mener à bien ces démarches innovantes, mais ce dispositif favorise avant tout les grands groupes bien organisés pour récupérer ces crédits. Il faut comprendre que nous recherchons avant tout à favoriser un changement de



paradigme. Il faut passer de bâtiments faits de produits industriels performants et normalisés assemblés entre eux à des édifices qui sont eux-mêmes, par leur conception globale, écologiquement vertueux. Nous cherchons aussi une architecture plus naturelle, moins techniquement sophistiquée, qui tire parti de sa conception bioclimatique et d'une connaissance fine du comportement de matériaux moins artificialisés. Par exemple, le théâtre d'Hardelot est entièrement construit en bois, donc son bilan carbone est négatif, il est ventilé naturellement, sans énergie ni équipement, seulement grâce à sa morphologie. À terme, c'est un gain évident pour tout le monde. Mais dans cette nouvelle logique, chaque projet nécessite une recherche singulière, une intelligence de situation plutôt que l'application de modèles industriels normalisés. Aujourd'hui, le cadre professionnel de la maîtrise d'œuvre est largement inadapté au développement expérimental pourtant nécessaire à la transition écologique de notre secteur d'activité. Le développement de la recherche universitaire est peut-être une piste intéressante; cette idée n'est pas encore dans la culture des écoles d'architecture, mais il semble que les choses puissent bouger de ce côté-là. ■

Ci-contre, à gauche : vue en coupe de la simulation numérique du balayage aérodynamique du volume de la salle de théâtre. L'air neuf pénètre en partie basse, se diffuse régulièrement dans l'espace à faible vitesse avant d'être extrait en toiture.

À droite : plan du plénum d'entrée d'air situé au niveau du sol. L'air circule de l'extérieur vers l'intérieur. Les couleurs indiquent la vitesse de l'air.



Photos © Stéphane Berthier

Rusticité savante : penser les circuits courts

La passerelle de Chjarasgiolu est située dans la vallée de la Restonica, au cœur du parc naturel régional de Corse. Livrée en 2015, elle remplace un précédent ouvrage emporté par une crue quatre ans plus tôt, qui assurait l'accès aux bergeries de Grutelle et reliait entre eux des sentiers de randonnée. L'histoire de ce projet commence par un heureux hasard. L'ONF, maître d'œuvre initial, avait établi un dossier d'appel d'offres pour la construction d'une passerelle faite de deux profils métalliques en I de 27 mètres de longueur, qui devaient assurer d'un seul tenant le franchissement de la rivière. Cette conception peu élégante, comme un passage en force dans la nature, était de plus sans doute difficile à réaliser quand on connaît la route étroite et tortueuse qui mène au site depuis Corte. Sur les conseils de l'association Legnu vivu, chargée de promouvoir la filière bois corse, l'entreprise Les Charpentiers de la Corse associée à l'Atelier NAO (Jacques Anglade, ingénieur, et Adela Ciurea, architecte) a décidé de répondre en proposant une variante en bois, comme un démonstrateur des capacités de la filière locale à réaliser un ouvrage complexe, hors des logiques d'importation de matériaux depuis le continent.

Lauréate de la consultation, l'équipe proposait une alternative valorisant les circuits courts : la passerelle serait construite en pin laricio, espèce locale endémique qui présente d'excellentes propriétés mécaniques, ainsi qu'en bois dur de châtaignier pour les parties exposées aux intempéries. Fidèle à sa posture critique à l'égard de la construction bois industrialisée dont les produits artificialisés nous éloignent de la nature vivante de la matière, Jacques Anglade trouve ici une nouvelle occasion d'expérimenter ses convictions éthiques¹. L'atelier NAO réalise un ouvrage fait de petites sections de bois massif peu transformées et faciles à transporter, dont les assemblages savants font la part belle aux savoir-faire des charpentiers. La structure forme en plan un papillon dessiné par trois fermes de pin laricio qui se croisent en leur centre et s'ouvrent pour se stabiliser au droit de leurs appuis, sur les berges du torrent. Pour souligner encore la légèreté des « petits bois », les entrails et arbalétriers sont dédoublés et moisent des crémaillères sur lesquelles repose le platelage de la passerelle. Ce sol est fait de beaux madriers de châtaignier, de 8 cm d'épaisseur par 25 cm de largeur, posés à plat sur les crémaillères,



© Stéphane Berthier

Page de gauche, en haut : la passerelle en forme de dos d'âne semblable aux ponts génois, vue du lit du torrent.

En bas : la passerelle relie les chemins de randonnées

qui parcourent les gorges de la Restonica.

Ci-dessus : nœud de liaison métallique du papillon de fermes latines en pin laricio.

L'ATELIER NAO RÉALISE UN OUVRAGE FAIT DE PETITES SECTIONS DE BOIS MASSIF PEU TRANSFORMÉES ET FACILES À TRANSPORTER, DONT LES ASSEMBLAGES SAVANTS FONT LA PART BELLE AUX SAVOIR-FAIRE DES CHARPENTIER

et qui constituent l'embranchement des rampes. Le garde-corps fait de chevrons de même essence, assemblés à queue d'aronde dans les arbalétriers, accompagne le rythme des emmarchements. Il est couronné d'une épaisse lisse sur laquelle il est agréable de s'accouder au-dessus de la rivière.

Structurellement, le nœud de liaison des entrants concentre près de 100 tonnes d'efforts de traction. Il est fait d'une pièce métallique mécano-soudée, dessinée sur mesure pour l'ouvrage, tout comme les ancrages sur les rives. Cette disposition mixte bois-acier a permis de réaliser une charpente légère en bois, tout en laissant le soin à l'acier d'assurer la résistance aux efforts de traction, là où les assemblages de bois ne sont pas très performants. La complexité de sa conception tient aussi à sa fausse symétrie, que l'on croirait axiale alors qu'elle est centrale. Cette subtilité du dessin, qui tire parti de la position légèrement désaxée des appuis en béton de l'ancien ouvrage, induit une perception cinétique étonnante à mesure que l'on s'approche de la passerelle. Cet effet dynamique est aussi renforcé par la morphologie de la structure : l'importante hauteur d'une charpente de fermes assem-

blées générerait un risque de déversement qu'il fallait contrer par un élargissement au droit des appuis pour gagner en stabilité, (d'où la forme de papillon), tandis que la largeur au faîtage, très mince, était suffisante d'un point de vue programmatique. Il en résulte deux fortes rampes qui forment un dos d'âne semblable à ceux des ponts génois du XV^e siècle, nombreux dans la région. Comme sur ceux-ci, le milieu de la traversée offre alors un belvédère en surplomb sur la rivière et son paysage environnant. À l'inverse, l'évasement au droit des berges accentue l'effet de perspective ascendante autant qu'il constitue une sorte de parvis pour les montagnes qui bordent la vallée. La nature est ici le seul monument.

Si cette conception renonce à l'emploi de bois industriels et met en exergue l'art du charpentier, elle n'est pas pour autant le reflet d'une vision passéiste. De même, son apparente rusticité n'en fait nullement un projet *low-tech*, bien au contraire. Cette structure atypique nécessite une maîtrise approfondie de la conception des charpentes en bois et de leur calcul que Jacques Anglade a acquis auprès de Julius Natterer et Wolfgang Winter, à l'École polytechnique

fédérale de Lausanne. Mais ses compétences d'ingénieur ne sont pas ici au service de leur propre représentation, elles viennent accompagner et augmenter le savoir-faire des charpentiers, pour construire avec de petits éléments légers, faciles à transporter dans ce site de montagne. L'expression plastique de l'ouvrage semble vouloir rappeler la mémoire des arbres dont les poutres sont tirées. Les multiples petites sections de bois massif non traité, juste rabotées, pas plus protégées qu'il n'est nécessaire, portent la trace des alternances de la pluie et du soleil. Sous la rudesse du climat, le châtaignier, que l'on dit nerveux, devient âpre, rugueux, se tord et gerce. Ses variations de teintes, du miel au gris argenté, jusqu'à ses tanins qui colorent les massifs de béton des appuis, témoignent du temps qu'il fait autant que du temps qui passe. Un œil rodé à l'esthétique moderne et industrielle y verrait à tort une architecture qui vieillie mal alors que les bois de cette passerelle vivent ici en symbiose avec les éléments naturels de ce site majestueux, dont ils sont issus. ■

1. Stéphane Berthier, « Les charpentes de Jacques Anglade, une contre-culture constructive », *Criticat* n° 17, printemps 2016.

SON APPARENTE RUSTICITÉ N'EN FAIT NULLEMENT UN PROJET *LOW-TECH*, BIEN AU CONTRAIRE. CETTE STRUCTURE ATYPIQUE NÉCESSITE UNE MAÎTRISE APPROFONDIE DE LA CONCEPTION DES CHARPENTES

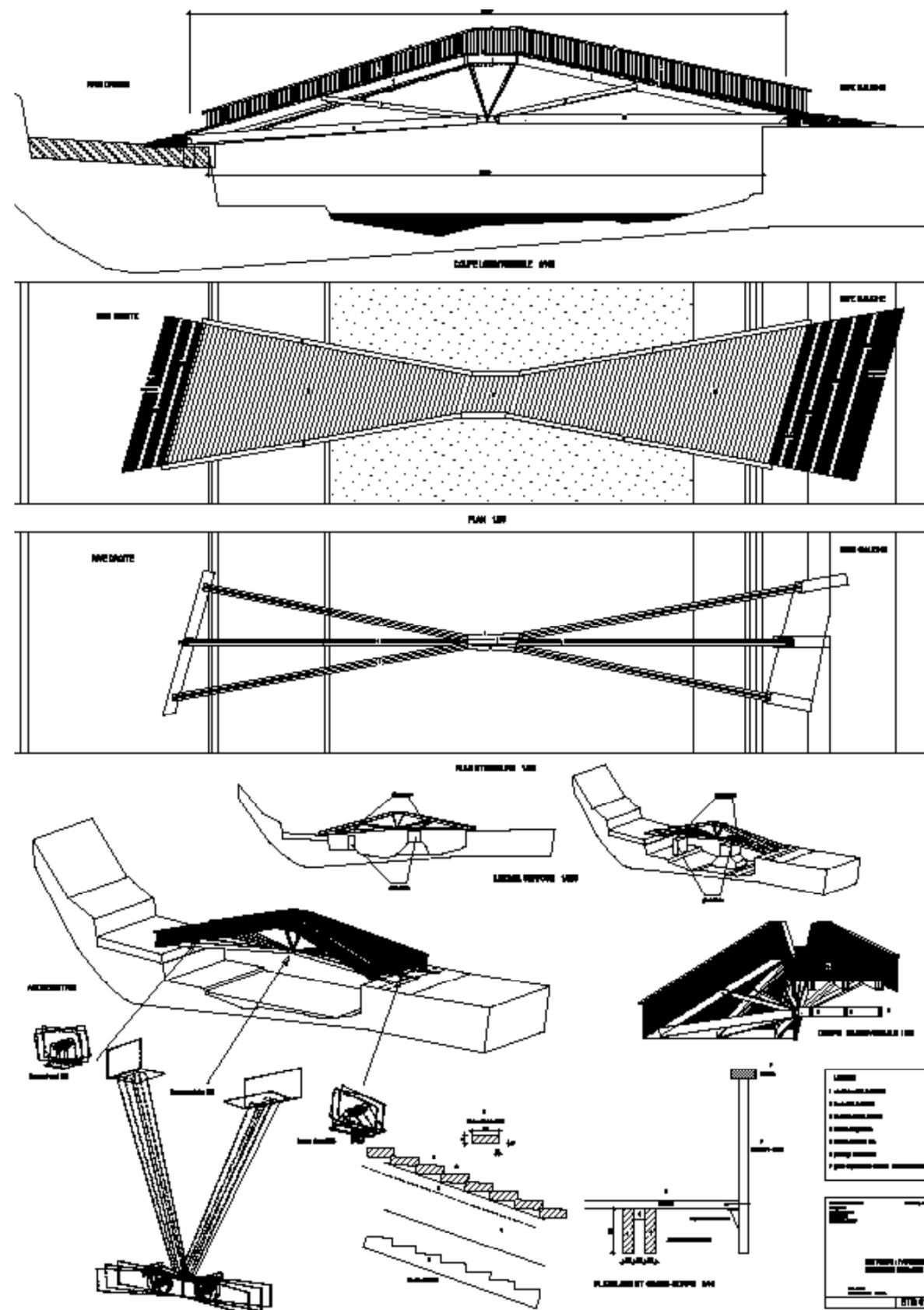


Planche de représentations géométrales du projet



Vue perspective du « totem tellurique » sur le site de la gare Massena, pour le concours Réinventer Paris.



Perspective d'ambiance d'une rue intérieure du futur quartier. La terre crue définira l'identité visuelle des immeubles.

Terre de Paris : un projet expérimental

L'appel à projets « Réinventer Paris » a produit un étrange « totem tellurique », nommé ainsi par ses architectes Joly & Loiret. Sur le site de la gare Massena s'érigerait une petite tour élancée, construite en terre crue. À l'origine de ce projet, les architectes évoquaient un article du *Monde* intitulé « Le Grand Paris face à une montagne de déblais », lequel communiquait les chiffres astronomiques de terres à excaver pour la réalisation du réseau Grand Paris Express. Cette matière première dont on ne savait que faire devait remplir les décharges de déchets inertes, déjà proches de la saturation et incapables d'accueillir les dizaines de millions de mètres cubes à venir. Grâce aux 5 000 forages réalisés pour les travaux du réseau, une carte géologique précise montrait l'existence de nombreux gisements de ressources potentiellement exploitables pour la construction d'édifices, telles que des argiles, sables ou limons. Le « totem tellurique » témoignait à sa façon de cette prise de conscience. Il lançait l'hypothèse de l'exploitation de ces ressources gratuites, présente juste sous nos pieds, pour construire en terre à Paris.

L'équipe réunissait les compétences d'amàco (atelier matières à construire), du laboratoire CRAterre de l'ENSA de Grenoble,

de l'ESPCI de Paris et de l'INSA de Lyon, qui apportaient chacun leurs expertises scientifiques sur la construction en terre, grâce aux recherches entreprises depuis plusieurs années. Elle associait aussi l'artiste et constructeur autrichien Martin Rauch, figure incontournable de l'architecture de terre contemporaine, connu pour sa maison en pisé à Schlins. On le citera aussi pour son association avec Herzog & de Meuron architectes du bâtiment Ricola de Laufen, réalisé en blocs de terre préfabriqués, dont s'inspire le projet parisien. Mais alors que ces constructions contemporaines en terre crue sont d'échelle modeste, dans des environnements naturels ou suburbains, cette matière émerge ici pour la première fois en milieu urbain.

UNE ÉTHIQUE DE LA MATIÈRE

Au-delà de l'opportunité de la ressource, l'équipe revendiquait une éthique cohérente avec les enjeux de la transition écologique, en mettant en valeur les matériaux bio et géo-sourcés. Contre des circuits de production conventionnels contrôlés par les grands industriels du secteur, leur projet affirmait une nouvelle naturalité urbaine fondée sur une politique des circuits courts, matières et savoirs locaux qu'ils défendent

encore aujourd'hui. Un de leurs enjeux de bâtisseurs est d'éviter la transformation industrielle qui artificialise les matériaux et leur font perdre leur dimension terrestre et sensible. Dans cette logique éthique, le projet est pensé en terre non stabilisée, c'est-à-dire sans adjuvant de chaux ou de ciment. Ainsi en fin de cycle de vie, la matière de l'édifice redevient argile du sol, comme la démonstration d'une empreinte écologique à peine visible. Cette posture éthique est une critique de ce que Joly & Loiret nomment « l'écologie de réparation », dont l'approche quantitative cherche avant tout à amender les standards industriels du XX^e siècle pour les rendre environnementalement à peu près acceptables, au risque de sombrer dans les tartufferies du *greenwashing*. Contre cet état de fait observable un peu partout aujourd'hui, ils revendiquent une « écologie de refondation » comme un changement de paradigme qui ne regarde plus la nature comme simplement utilitaire ou instrumentale. Revendiquant l'esprit de Bachelard ou de Lévi-Strauss², ils nous invitent à la voir comme notre origine naturelle et symbolique. Pourtant, parvenir à construire avec des matériaux naturels est aujourd'hui devenu une chose très difficile en raison d'un corpus réglementaire dense

LE PROJET EST PENSÉ EN TERRE NON STABILISÉE. AINSI EN FIN DE CYCLE DE VIE, LA MATIÈRE DE L'ÉDIFICE REDEVIENT ARGILE DU SOL, COMME LA DÉMONSTRATION D'UNE EMPREINTE ÉCOLOGIQUE À PEINE VISIBLE

Ci-contre, à gauche :
éprouvettes de tests.

À droite : carottes d'argiles
issues des sondages réalisés
pour la construction du
réseau Grand Paris Express.

Page de droite : brique
de terre crue extrudée
à la briqueterie DeWulf
à Allonne.



LEUR QUÊTE EST CELLE D'UNE TROISIÈME VOIE, ENTRE UN ARTISANAT DONT
LA TAILLE NE PERMET PAS DE FAIRE FACE À DES PROJETS DE DIMENSIONS IMPORTANTES
ET LES GRANDES STRUCTURES HORS SOL DU XX^e SIÈCLE

et complexe qui favorise les produits agrées de l'industrie. Mais aussi, peut-être, parce que les architectes ont peu à peu délaissé leur culture constructive depuis quarante ans et, bien qu'ils s'en défendent, qu'ils se soucient davantage de la conformité aux normes que de l'art de bâtir.

TERRE DE PARIS

À défaut de remporter la consultation, le « totem tellurique » fut un catalyseur qui lança le débat sur l'utilisation de ces déchets devenant ressources. En 2016, la Ville de Paris organisa au Pavillon de l'Arsenal l'exposition « Terre de Paris », qui posait le sujet au centre des regards. Les architectes Joly & Loiret et leurs laboratoires scientifiques partenaires y présentaient leurs recherches sur ces terres. Des tables d'expériences en détaillaient les différentes caractéristiques physiques et mécaniques, les exploitations et domaines d'applications possibles. L'exposition dressait un panorama actuel de la construction en terre tandis qu'environ 8000 briques de terre crue, extrudées à la briqueterie DeWulf à Allonne, formaient des murs savamment assemblés sous la nef de l'Arsenal. Cette exposition avait pour objectif, d'une part, de rendre l'architecture de terre désirable

au travers d'œuvres séduisantes et, d'autre part, d'apporter la preuve du passage technique de la matière au matériau. Elle visait à convaincre qu'investir dans une filière de production était pertinent.

Pour affiner cette préfiguration de filière, la Société du Grand Paris lançait en 2017 un projet de recherche sur le recyclage des déblais des tunneliers. L'équipe associée Joly & Loiret, amàco, la briqueterie DeWulf et ECT, entreprise de recyclage chargée d'une mission de reconnaissance des terres. Cette expérimentation – en cours – devrait permettre de produire environ 50 000 briques de terre crue, dont une partie sera expérimentée l'été prochain, sous 500 m² de murs dans un projet de groupe scolaire à Villepreux. Les architectes Joly & Loiret confient avoir quelques difficultés à intégrer ces expérimentations dans un projet en cours et se confronter au manque de formation des entreprises et des bureaux d'études. Par ailleurs, le peu de documents de normalisation a conduit à ne prescrire le matériau que dans des configurations sans contraintes structurelles, ni exigences de sécurité contre l'incendie. Mais c'est une première étape qui présente l'avantage d'identifier les difficultés techniques et

les verrous réglementaires qui orienteront les développements et expérimentations futurs.

RÉINVENTER LA SEINE

En 2017, dans le cadre de l'opération « Réinventer la Seine » lancée par les villes de Paris, Rouen et Le Havre, la même équipe regroupant les architectes Joly & Loiret et les laboratoires CRAterre et amàco est réunie par Quartus, promoteur immobilier, pour proposer un projet sur le site d'Ivry-sur-Seine. Ces acteurs sont rejoints par l'agence Lipsky + Rollet, qui apporte son expérience de la construction en terre acquise elle aussi à Grenoble, ainsi que sa culture du développement expérimental (*voir d'a n° 257*). Quartus recrute en outre une « figure de proue » en la personne de Wang Shu, architecte chinois qui avait déjà travaillé avec le laboratoire CRAterre en Chine. Le bureau d'études Topager, spécialisé dans les questions d'agriculture urbaine, complétait une équipe pluridisciplinaire lauréate de la consultation avec son projet « Manufacture-sur-Seine ». Ce morceau de ville de 65 000 m², en forme de village ou de quartier écologique, assemble des logements, commerces, activités et lieux de travail dans des édifices dont les toitures

sont exploitées comme surfaces d'agriculture urbaine au profit des circuits courts de l'alimentation en milieu urbain. Compte tenu du caractère inondable du site, la terre crue est exclue des rez-de-chaussée. Les structures des immeubles sont en bois et/ou en béton, tandis que la terre se retrouve en parois, sous forme de murs, de cloisons et d'enduits.

Mais le développement expérimental mené sur cette opération ne se limite pas à des projets d'urbanisme et d'architecture, actuellement en phase d'avant-projet. Le groupement entreprend en parallèle des démarches certifiantes auprès du CSTB afin que le chantier puisse débuter dans un contexte réglementaire sécurisé. Conscient de la quasi-absence de filière professionnelle, le projet porte aussi un rôle d'incubateur : un groupement constitué de Quartus et de la ville de Sevrans vient de remporter un appel d'offres européen de recherche et développement doté de 5 millions d'euros. Cette subvention doit soutenir la formation des professionnels, la diffusion des connaissances issues de la recherche scientifique et technique, mais aussi permettre la construction d'un atelier de production à Sevrans.

Cette structure aura pour objectif de trans-

former en matériau les terres excavées de deux gares du réseau Paris Express, celles de Sevrans-Livry et de Sevrans-Beaumont. Elle devra mettre en place une échelle de production capable de rendre la construction en terre économiquement crédible et de développer des emplois qualifiés pour le traitement de la ressource dans un même environnement urbain d'extraction et de destination. Elle doit être opérationnelle dès 2021 pour alimenter plusieurs projets en cours, notamment le projet de Manufacture-sur-Seine, dont la pose de la première pierre (terre?) est prévue en 2022 après un premier immeuble démonstrateur à livrer en 2020. La conception de cet atelier de production, confiée à Joly & Loiret, fait l'objet d'un contrat doctoral sous forme de bourse Cifre, passé entre le laboratoire GSA de l'ENSA de Paris-Malaquais et l'agence, qui accueille une doctorante pendant une période de trois ans. Ce partenariat est une preuve des débouchés potentiels qu'offrent les activités de R&D aux agences d'architecture comme aux étudiants poursuivant leurs études en troisième cycle universitaire.

Ces travaux d'architecture et de recherche visent à établir une adéquation entre une expression architecturale attentive au monde sensible, des systèmes constructifs fondateurs

d'autres manières d'agir, plus respectueuses des hommes et de leurs territoires, une qualité environnementale durable et une économie de production crédible. Les acteurs de cette expérimentation revendiquent la dimension éthique de leur démarche; selon eux, l'époque industrielle qui faisait table rase de son passé est révolue. Les connaissances et les savoir-faire devront d'abord bénéficier à la formation professionnelle de petites et moyennes entreprises, et non pas soutenir une industrialisation lourde et artificialisante. Leur quête est celle d'une troisième voie, entre un artisanat dont la taille ne permet pas de faire face à des projets de dimensions importantes et les grandes structures hors sol du XX^e siècle. Il nous reste à espérer que le contexte néolibéral de fabrication de la ville dans lequel ce projet expérimental fragile s'inscrit permettra d'en conserver les objectifs écologiques et humanistes, jusqu'au bout. Rendez-vous est pris pour 2022. ■

1. Gilles van Kote, *Le Monde* du 22 mars 2013.

2. « Nous apprenons à mieux aimer et à mieux respecter la nature et les peuples vivants qui la peuplent, en comprenant que végétaux et animaux, si humbles soient-ils, ne fournissent pas seulement à l'homme sa subsistance, mais furent aussi à ses débuts la source de ses émotions esthétiques les plus intenses, et dans l'ordre intellectuel et moral, de ses premières et déjà plus profondes spéculations », Claude Lévi-Strauss, *Le Regard éloigné*, 1983.

Table d'échantillonnage.
Selon les différents
gisements, les argiles
sont de qualité, texture
et couleur différentes.
Les propriétés de chacune
doivent être caractérisées
scientifiquement avant
de déterminer les
possibilités d'emploi.



Photos © Joly & Loiret



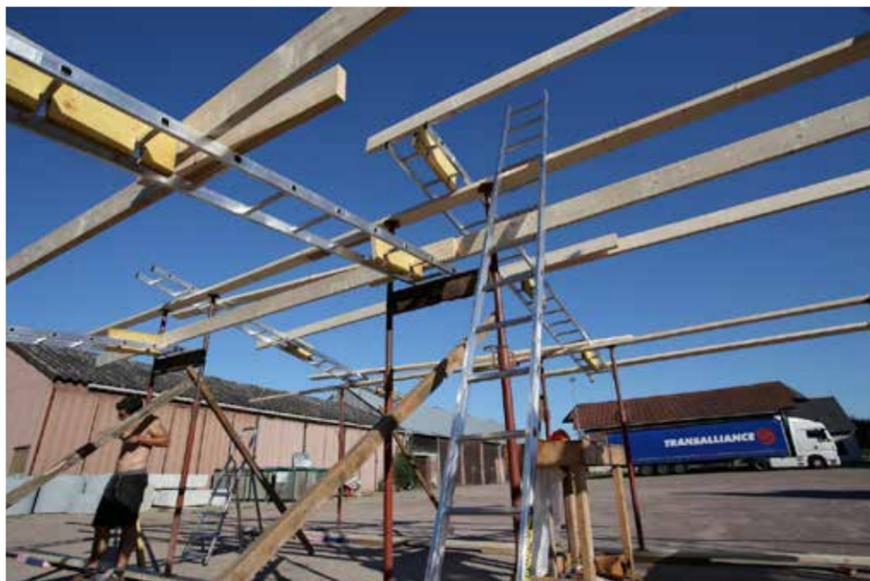
Vue aérienne du projet
Manufacture-sur-Seine,
à Ivry. À gauche, le grand
bâtiment linéaire est
conçu par Wang Shu
associé à Lipsky
& Rollet mandataires.
Les immeubles
d'habitation sont conçus
par Joly & Loiret.

Yakafokon

Yakafokon est un collectif d'architectes, de charpentiers, de plasticiens et de scénographes. Depuis deux ans, il participe au festival de théâtre Les effusions. Cet événement se tient sur l'île du Roi, entre deux bras de l'Eure, dans la commune de Val-de-Reuil. Yakafokon réalise les installations nécessaires au déroulement du festival et participe au montage des différentes scénographies. Trois de ses membres, Thibaut Terrier, architecte, Étienne Chorain, charpentier, et William Bastard, plasticien scénographe, reviennent sur cette expérience.

D'A : COMMENT VOUS ÊTES-VOUS RENCONTRÉ ET COMMENT AVEZ-VOUS EU L'IDÉE DE CONSTITUER CE COLLECTIF ?

À la sortie de nos études ou de nos formations diverses, nous étions tous sensibles aux travaux de collectifs comme Bellastock, ETC ou Exyzt. Après ces années théoriques, nous étions désireux de nous lancer dans ce type d'aventure, de nous confronter aux questions de fabrication de notre cadre de vie, de continuer à apprendre en faisant. Nous étions déjà quelques-uns à avoir participé à l'édition 2016 des Effusions, en y construisant un bar et une cuisine avec les pièces d'une charpente que nous avions démontée. Ce moment a été l'occasion de rencontres qui se sont agrégées dans Yakafokon.



Photos © Yakafokon



Ci-contre : vue d'ensemble de la cantine, dans la prairie de l'île du Roi. La disparition des étais dans l'ombre renforce la légèreté de la grande toiture faite de bâches de marché forain.

Ci-dessous, en haut : la structure est faite d'étais de maçon et d'échelles d'aluminium utilisées comme arbalétriers. Les bastaings de coffrage formant les pannes sont calés sur les échelles grâce à des échantignoles fixées dans leurs barreaux.

En bas : fin de montage, les deux grands pans de la toiture sont couverts de bâches de marché forain, fixées en rives par des mâchoires en bois pour éviter qu'elles ne s'envolent.

D'A : QU'EST-CE QUE LE FESTIVAL DES EFFUSIONS ?

L'île accueille déjà un théâtre permanent, La Factorie, et une salle de répétition de danse, occupée par la compagnie Beau Geste. Les deux bâtiments représentent un total de quatre salles de représentation. À la fin de l'été, le site devient le lieu d'une résidence de création, d'une durée de trois semaines, qui se conclut par Les Effusions, festival d'un week-end. Cette résidence est organisée par le collectif Les Bourlingueurs, qui réunit plusieurs compagnies de théâtre, de musiciens et des associations comme Yakafokon. C'est un lieu d'échange entre comédiens, techniciens, artistes, etc. Le principe est que tout le monde crée quelque chose, à sa manière, dans son domaine. Même les cuisiniers expérimentent, cette année nous avons mangé des légumes sous toutes leurs formes pendant trois semaines !

D'A : QU'APPORTE YAKAFOKON À LA RÉSIDENCE ?

Nous avons une sorte de rôle de logisticiens créatifs ! Nous élaborons la mise en scène du site, pour l'aspect plastique et graphique, et mettons en place les structures d'accueil des résidents et des festivaliers comme les sanitaires, les bars ainsi que la base vie, qui abrite la cantine et sa cuisine. C'est le lieu où tout le monde se retrouve et échange pendant les repas. Bien



© Yakafokon

L'IDÉE ÉTAIT D'IMAGINER UNE CONSTRUCTION TOTALEMENT RÉVERSIBLE, COMME UNE SORTE DE STOCKAGE PROVISOIRE, OÙ AUCUN ÉLÉMENT N'EST DÉGRADÉ OU MODIFIÉ ET PEUT DONC ÊTRE RÉUTILISÉ AUTREMENT

entendu, il n'était pas question de louer un barnum, l'idée était bien de faire une création architecturale. Il aurait sans doute été plus économique de louer des structures standard à une boîte d'organisation d'événements, mais ce n'est pas l'esprit de la résidence. Lors de l'édition 2016, nous souhaitions faire une démonstration de construction avec des matériaux de récupération. Nous avons repéré sur Le Bon Coin une annonce d'offre de matériaux à qui viendrait démonter un vieux bâtiment à charpente bois. Nous avons donc passé quelques jours à déconstruire ce vieux hangar pour en récupérer les matériaux, notamment les bois de charpente, avec une équipe de dix personnes. Une partie des matériaux a servi à fabriquer le bar et la cuisine de 2016. C'était un va-et-vient intéressant entre nos dessins, nos idées initiales et les matériaux disponibles, mais aussi, surtout, avec les possibilités de mise en œuvre, en fonction de notre outillage et de nos moyens de levage. On apprend vite que les choses ont un poids et qu'elles ne se manipulent pas avec la même facilité au sol ou en hauteur.

D'A : POURQUOI N'AVEZ-VOUS PAS RENOUVELÉ L'EXPÉRIENCE CETTE ANNÉE ?

Le réemploi est un sujet très attrayant, mais il est encore difficile de se procurer tous les

matériaux nécessaires à un projet, dans un temps donné, et dans une aire géographique acceptable. Il n'existe pas de filière de réemploi, pas de stock disponible chez les démolisseurs, et nous ne pouvons procéder que par opportunité, ce qui limite les possibilités. C'est une chose à laquelle nous réfléchissons par ailleurs, mais en 2016 nous avons dû acheter pas mal de choses pour compléter notre trésor. Cette année nous avons voulu essayer de construire cette cantine avec du matériel de chantier qui, d'outil, deviendrait éléments de construction. Cela nous intéresse de travailler ce genre de ready-made à partir d'échelles, d'étais, de sangles de transport, etc. Notre objectif était de ne rien transformer, de laisser les matériels ou les matériaux dans leur état initial. Nous avons aussi utilisé des bastaings de coffrage, utilisés dans leur longueur du commerce, sans découpe. L'idée était d'imaginer une construction totalement réversible, comme une sorte de stockage provisoire, où aucun élément n'est dégradé ou modifié et peut donc être réutilisé autrement, plus tard. On voulait voir ce qu'on pouvait faire avec cette idée.

D'A : TOUT CELA EST-IL CONSTRUIT *IN SITU* ?

Pas tout à fait, avec l'expérience de l'an passé, nous avons préféré faire un montage à blanc, avec les étais à leur hauteur mini-

Montage de l'un des bars à partir des éléments de structure utilisés pour la cantine de l'édition précédente.

C'EST ÉTONNANT, MAIS DES GENS QU'ON IMAGINE A PRIORI ÊTRE DES CENSEURS SE SONT AVÉRÉS ÊTRE DES FACILITATEURS

male, dans un hangar que nous a prêté la mairie de Val-de-Reuil. Une fois que nous maîtrisions notre sujet, nous l'avons acheminé sur l'île pour le monter, grâce au garagiste du coin qui nous a aidés avec son camion et sa petite grue hydraulique. Nous avons aussi remonté la structure du bar de l'an dernier, en la transformant pour en faire deux. La première, constituée de tubes d'électricien assemblés en croisée d'ogives, a été couverte avec des restes de bâches de l'année passée pour l'une, tandis que l'autre a été réalisée sur le même principe que la toiture de la base vie. Petit à petit, nous complétons les installations du festival en essayant de les améliorer d'une année sur l'autre et, surtout, de s'offrir un temps d'expérimentation. C'est intéressant comme l'ambiance des festivals favorise l'entraide et les solidarités entre les gens qui n'étaient pas supposés se rencontrer. Nous devons une fière chandelle à José et son camion, surtout pour le démontage le jour d'après, quand la dynamique n'y est plus !

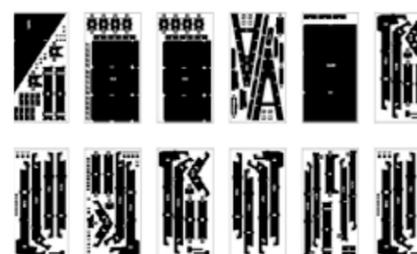
D'A : UN FESTIVAL, C'EST UNE MANIFESTATION QUI REÇOIT BEAUCOUP DE PUBLIC, COMMENT AVEZ-VOUS ABORDÉ LA QUESTION DE LA SÉCURITÉ DE VOTRE CONSTRUCTION ?

Les Bourlingueurs, organisateurs de la résidence, avaient engagé un directeur technique, Damien Gallot, qui connaît bien la sécurité des événements festivals. Sa connaissance des arcanes de la réglementation et des démarches administratives nous a été très précieuse. Nous avons dû, par exemple, produire une note de calcul qui garantissait la stabilité de notre construction. Ici encore, l'entraide du collectif a fonctionné, un ami ingénieur a travaillé avec nous sur le sujet. Ce qui est intéressant, c'est que ce que nous voyons au départ comme une contrainte s'est avéré une aide précieuse : par excès de prudence, nous avons prévu des choses inutiles comme des croix de contreventement en trop. Cette étude de structure nous a permis de simplifier la construction et d'alléger nos tâches de chantier. Ce directeur technique nous a aussi permis d'anticiper les demandes des pompiers et de la préfecture. Il y avait en outre un bureau de contrôle spécialisé dans les structures éphémères qui nous a beaucoup aidés dans ce sens. C'est étonnant, mais des gens qu'on imagine a priori être des censeurs se sont avérés être des facilitateurs. À la fin, lorsque les pompiers sont venus contrôler nos installations avant l'autorisation d'ouverture au public, ils nous ont juste

dit : « Pas mal, ça tient bien ! » Le point sur lequel ils ont été les plus vigilants était le matériel de cuisine professionnelle que nous avions racheté d'occasion sans forcément en connaître toutes les caractéristiques. Nous avons appris que les pompiers se méfient des friteuses plus que des charpentés !

D'A : QUELS SONT VOS PROJETS POUR 2018 ?

Sur les deux dernières éditions, nous nous sommes fait plaisir, mais nous nous sommes aussi épuisés ! Nous avons appris qu'on sort forcément un peu exsangue de ce genre d'expérience. Les structures que nous avons fabriquées nous ont demandé des investissements qu'il nous faut d'abord amortir si nous voulons pouvoir rebondir sur autre chose. Toutefois, le festival a été un vrai succès avec plus de 700 entrées vendues en un week-end, au-delà de la capacité d'accueil des différentes salles. Nous réfléchissons donc à fabriquer une scène extérieure, voire une scène flottante, sur l'Eure. Nous aimerions pouvoir partager cette bulle d'expérimentation avec d'autres personnes qui souhaiteraient se confronter au travail de la matière et à l'élaboration d'une création de groupe. ■



Images © WikiHouse CC

WikiHouse, Digital do it yourself

Les WikiHouses sont de petites maisons faites de panneaux de bois contreplaqué, assemblés sans clou ni colle ni vis, à fabriquer soi-même. Né en Grande-Bretagne en 2011, ce projet coopératif international permet à une communauté de *makers* d'échanger et de développer des modèles de maisons, sur une plateforme numérique. La conception de ces mini-architectures est fondée sur le logiciel libre SketchUp, à partir d'éléments plats découpés dans des plaques de contreplaqué de 18 mm d'épaisseur. Leur fabrication requiert une fraiseuse numérique pour la découpe, puis un simple maillet pour le montage des éléments. Toutes les parties s'assemblent par des liaisons astucieuses bois-bois, comme les tenons-mortaises et/ou les clavetages.

Leur mode constructif est assez proche du *balloon frame* américain, fait de cadres répétitifs qui décomposent le volume en tranches, selon un entraxe court. Cette charpente est ensuite recouverte de panneaux entiers du même matériau, qui contreventent le volume. D'autres développements en cours essaient avec les mêmes techniques de fabriquer l'enveloppe, les portes et les fenêtres. Ses auteurs revendiquent le principe de sim-

plicité et d'accessibilité à tous; ces maisons doivent pouvoir se fabriquer et se monter aussi simplement qu'un meuble IKEA. Mais tandis que cette analogie au géant suédois du meuble fait référence à une production industrielle massive, écologiquement et socialement critique, WikiHouse s'inspire des théories de Jeremy Rifkin sur les *Collaborative Commons*, pour promouvoir de nouvelles conditions de production *open source*. Ces structures sociales alternatives regrouperaient, selon Rifkin, l'ensemble des actions menées par des communautés solidaires pour s'affranchir de l'économie de marché qui rend ses membres captifs, pour lui substituer une économie du partage. Cette innovation sociale repose sur deux réalités nouvelles : la première est celle des réseaux sociaux d'Internet, qui peuvent diffuser la connaissance et les savoir-faire librement; la seconde est l'émergence des FabLab, c'est-à-dire d'ateliers coopératifs de quartier qui mettent un outillage numérique et une assistance à disposition des personnes qui souhaitent développer leur projet. Comme un mantra, WikiHouse affirme : « *We believe this could herald in a new industrial revolution [...]. The factory of the future*

Ci-contre, de haut en bas : toutes les pièces constitutives d'une WikiHouse sont découpées sur une fraiseuse numérique, dans des plaques de contreplaqué de 18 mm d'épaisseur.

Process schématique de fabrication et de montage d'une WikiHouse.

Les pièces à découper sont organisées sur des planches d'impression aux dimensions d'une

plaque de contreplaqué, pour optimiser les chutes.

Une pièce de la taille d'un garage est suffisante pour produire une WikiHouse.



Page de gauche et à droite : exemples de variations possibles à partir du modèle d'origine.



LEUR PARI EST QU'UNE CONCEPTION SIMPLE ET LIBRE DE DROITS DEVRAIT PERMETTRE DE CONSTRUIRE SOI-MÊME SA PROPRE MAISON, SANS COMPÉTENCE PARTICULIÈRE AUTRE QU'UNE APPÉTENCE POUR LE « FAIRE »

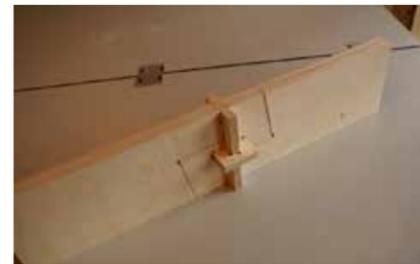
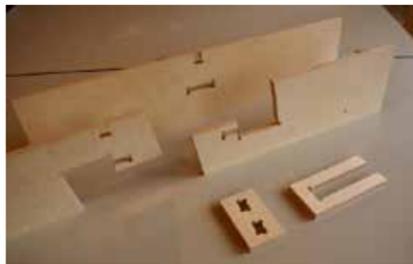
will be everywhere and the designer will be everyone. »

Le constat de départ des initiateurs de WikiHouse est le coût jugé exorbitant d'une maison conçue par des architectes et réalisée par des entrepreneurs, selon des procédés conventionnels. Leur pari est qu'une conception simple et libre de droits, associée à un mode constructif accessible à tous, devrait permettre de construire soi-même sa propre maison, sans compétence particulière autre qu'une appétence pour le « faire ». Depuis son origine en 2011 à Londres, le projet s'est développé rapidement un peu partout dans le monde, sous forme de communautés locales en réseau. Cette première période de WikiHouse qui se poursuit jusqu'en 2016 a vu naître une bonne douzaine de prototypes variés, en Grande-Bretagne, Corée du Sud, France, Italie, aux États-Unis, en Nouvelle-Zélande ou encore au Brésil. Cette série de prototypes offre l'occasion d'observer les incréments successifs d'une expérimentation partagée au fur et à mesure des difficultés rencontrées et témoigne de l'efficacité d'un dispositif horizontal fondé sur le *crowdsourcing* et l'échange libre et gratuit¹. Cette expé-



Ci-dessus : le prototype d'Auckland est amélioré pour résister aux risques sismiques de la Nouvelle-Zélande, grâce

à un contreventement supplémentaire en croix découpées elles aussi dans les plaques de contreplaqué.



Photos © WikiHouse cc



Ci-contre : prototype présenté à la Makers Faire de New York en 2013.

Ci-dessus, en haut : prototype partiel exposé au pavillon de l'Arsenal à Paris en 2013.

En bas : assemblage des éléments entre eux par des S-Joints clavetés.



Ci-contre, en haut : le prototype de la A-Barn en Écosse, en cours de montage.

En bas : la A-Barn avec son enveloppe en clins de bois peints.

rience a permis de mettre au point les dispositifs constructifs, en même temps qu'elle en révélait les limites techniques et économiques. Mais elle a aussi montré sa capacité remarquable à solliciter l'imagination et l'innovation, par comparaison avec l'organisation très séquentielle de la maîtrise d'œuvre conventionnelle qui paraît alors bien lourde.

À l'origine, les échanges passaient via un *cloud* en forme d'auberge espagnole numérique, associé à un forum de discussions sur le site internet de WikiHouse. Assez logiquement, des questions d'ordre juridique sont apparues, concernant notamment la propriété intellectuelle de ces conceptions *open source*. Les WikiHouses sont désormais protégées par les licences Creative Commons, qui offrent un cadre légal à la propriété intellectuelle pour le monde de l'*open source*. Ces licences gèrent sous différentes formes les conditions d'attribution, de modification et de commercialisation de l'œuvre. Par exemple, une personne peut utiliser un modèle existant et l'améliorer, mais cette nouvelle version devra à son tour être remise à disposition de tous, sous les mêmes conditions de licence. Toutefois, le projet s'est aussi confronté

aux problèmes de la responsabilité du concepteur, épineuse question que les architectes connaissent bien. De ce point de vue, il est difficile de mettre en ligne les fichiers de conception d'une maison, à disposition de personnes non compétentes, sans courir le risque d'être recherché en responsabilités en cas d'accident. Pour cette raison, le réseau WikiHouse, initialement très libre, s'est peu à peu refermé pour ne rendre disponible que quelques modèles déjà construits et vérifiés par des organismes de contrôle, avec des conditions d'accès plus restrictives. Mais le projet aura eu l'intérêt de faire émerger des pratiques originales et dynamiques, fondé sur un *continuum* numérique de la conception à la fabrication, en marge des pratiques conventionnelles de l'économie de marché dans laquelle elle s'inscrit. Il invite aussi à réfléchir au rôle de l'architecte et à ses attributions dans ce nouveau contexte de conception et de production numériques, libres de droits. ■

1. Stéphane Berthier, « WikiHouse, la troisième révolution industrielle à l'épreuve du réel », *Criticat* n° 18, automne 2016.