

INTERFACE

JUIN
21

333

REVUE ÉDITÉE
PAR LA FAI

TOU

BOIS ?



QUELLE VILLE POUR DEMAIN ?

Parmi les pistes souvent évoquées pour ériger la ville durable du futur, le bois tient une place prépondérante dans la vision que chacun·e se fait du *mieux construire* au temps de la transition énergétique. Ce matériau a traversé les siècles et est associé à un précieux savoir-faire. Il suffit de se remémorer que les premiers temples antiques étaient issus de la pensée constructive ligneuse. La modénature de leurs frises en pierre en témoigne.

Pour répondre à la poussée démographique et à la densification du domaine bâti, le secteur de la construction va devoir peut-être massivement recourir à cette matière renouvelable. Quelques interrogations vont alors se poser : quelles sont les ressources en bois ? quelle traçabilité ? quelles implications sur le paysage ? quelles réglementations ? quelle disposition des milieux économiques à cet égard ? enfin, quelles concessions à notre confort d'habitant·e serons-nous prêt·e·s à faire pour tendre vers un *bien-être collectif* — paradigme récent qui dépasse le domaine de la construction ?

D'un côté, chaque arbre en ville est « sacralisé », de l'autre des millions vont être « produits » pour être abattus à des fins constructives et pour nous prémunir des émissions de CO₂. À la différence des légumes ou des saumons, le temps pour devenir « prêts à la consommation » se chiffre en décennies, et non en semaines ou en années.

C'est autour de ces enjeux que le présent numéro d'*Interface* souhaite proposer quelques perspectives en un temps propice à la réflexion. Il est accompagné de douze textes offerts par nos collègues architectes de la FAS dans le premier recueil des *Ensembles d'écrits*, comme pour entrer en résonance avec la récente assertion du conseiller fédéral Alain Berset : « Le temps des penseurs et des écrivains doit venir¹. »

PHILIPPE MEIER
PRÉSIDENT DE LA FAI

¹ Propos d'Alain Berset. Dialogue avec Alexandre Jollien, « Dans cette crise, on peut tisser le lien de la fraternité », *Le Temps*, jeudi 24 décembre 2020, publié en ligne : letemps.ch [consulté le 4 janvier 2021].



PHILIPPE MEIER
ARCHITECTE EPFL FAS SIA,
PRÉSIDENT DE LA FAI,
PROFESSEUR À L'HEPIA
© federal.li

05



LES DÉFIS ICONIQUES. Comment accompagner le renouveau du bois dans son potentiel constructif ?



CONSTRUIRE EN BOIS ROND SCIÉ BRUT. Cerner le rôle de la conception digitale dans l'élaboration de constructions entièrement en bois

- 04 DOSSIER
05 > *Les défis iconiques du bois* par Christophe Catsaros
10 > *Les produits en bois au service d'une économie circulaire : réalité ou utopie ?* par Pit Kuffer
15 > *Construire en bois rond scié brut : un lien durable entre ressource biosourcée et cible architecturale ?* par Yves Weinand et Petras Vestartas
20 > *Sensibles et provisoires* par Didier Collin
24 > Entretien avec Yves Weinand directeur du laboratoire IBOIS, EPFL

- 28 BRÈVES
> AGA > AGG > AGI > FAI/CAU > FAI > FAS GE > SIA
30 > LIRE *Manifeste pour une révolution territoriale et Ensembles urbains GE*
> VOIR Prix Wakker 2021 et *Le Sentiment de la ville*
31 FOCUS > *Le Concours Suisse*

Éditeur : FAI Fédération des associations d'architectes et d'ingénieurs de Genève
c/o FER Genève
Rue de St-Jean 98
Case postale 5278
1211 Genève 11

Directeur de publication : Philippe Meier
Commission promotion et communication : Raphaël Nussbaumer (président), Didier Collin, Frédéric Wasser, Jean-Paul Jaccaud, Philippe Meier, Olivier Mesple et Lætitia Vulliez. Coordination éditoriale et relecture : Eveline Notter

Rédacteur·trice·s n° 33 : Christophe Catsaros, Pit Kuffer, Yves Weinand, Petras Vestartas, Didier Collin, Olivier Mesple (AGA), Béatrice Manzoni (CAU), Philippe Meier, Isabel Girault, Eveline Notter, et les représentant·e·s des associations et commissions

Graphisme : Silvia Francia, atelier blvd
Photos de couverture : en haut, Marcel Kultscher, en bas, Michael Meuter, Zurich/LIGNUM

Impression : Atar Roto Presse SA
Papier : Genesis, 100% vieux papier recyclé « ange bleu » sans azurants
Tirage : 2000 exempl.

Parution : deux fois par an

Abonnement : interface@fai-ge.ch
Le magazine *Interface* est adressé à tous et à toutes les adhérent·e·s de la FAI. Il peut refléter des divergences de points de vue au sein de la FAI

Conseil FAI : Philippe Meier, architecte FAS (président), Vincent Bujard, ingénieur civil AGI (vice-président), Nadine Couderq, géomètre (past-présidente), Michel Grosfillier, architecte AGA (trésorier), François Baud, SIA, Samuel

Dunant, AGG, Laurent Gaille, FAS, Christian Haller, AGG, Jiri Horsky, AGI, Jean-Paul Jaccaud, FAS, Alberto Pedulla, AGI, Carmelo Stendardo, AGA, Frédéric Wasser, SIA et Carlo Zumbino, SIA

Associations, commissions, archives, et informations sur le site de la FAI : fai-ge.ch

Associations constitutives et membres de la FAI :

AGA Association genevoise d'architectes

AGG Association genevoise des géomètres

AGI Association genevoise des ingénieurs

FAS Fédération des architectes suisses, section Genève

SIA Société suisse des ingénieurs et des architectes, section Genève

DOSSIER

TOUT BOIS ?



À force d'entendre que le bois peut servir à construire des tours, on oublierait qu'il peut également être utilisé pour faire plus simple: maisons en bande, ponts piétonniers, surélévations, théâtres où rêver, écoles où socialiser et, à partir d'un bâti existant, toute une série d'ajouts et de modifications que la culture constructive vernaculaire confiait aux villageois — réparer, agrandir ou convertir au gré de leurs besoins. Cette liberté peine aujourd'hui à renaître, malgré le retour en force du bois et l'émergence d'outils qui permettraient une généralisation de l'autoconstruction.

LES DÉFIS ICONIQUES

PAR CHRISTOPHE CATSAROS

DU BOIS

Tour Mjøstårnet, Brumunddal
(Norvège), 2019 © Voll Arkitekter
Photo: Ricardo Foto

C'est tout le paradoxe d'une époque qui se gargarise de la nouvelle tendance du bois, mais pour qui le terme «tendance» s'apparente davantage à une mode qu'à une orientation durable. Si le bois connaît un regain d'intérêt prometteur, ce dernier ne s'appuie pas nécessairement sur les vertus du matériau et reste en deçà de son potentiel écologique et sociétal. Pourquoi avoir à ce point manqué la cible? Pourquoi, au lieu de l'envol escompté, ce décollage lourd et disgracieux? Quel serait le cap à suivre pour accompagner le renouveau de ce matériau dans son potentiel constructif?

Les tours en bois sont devenues les objets fétiches du marketing immobilier, comme ont pu l'être les salles philharmoniques ou les musées emblématiques dans leur aptitude à rendre attractif un urbanisme sur papier. Elles représentent les réalisations exceptionnelles qui servent de vitrine pour vendre des nouveaux quartiers qui, eux, n'ont rien d'exceptionnel. Ces tours qui ne brûlent pas constituent d'excellents remèdes contre le réchauffement climatique. Performantes, elles mettent à contribution un matériau renouvelable qui, pendant sa croissance, aura capté du CO₂.

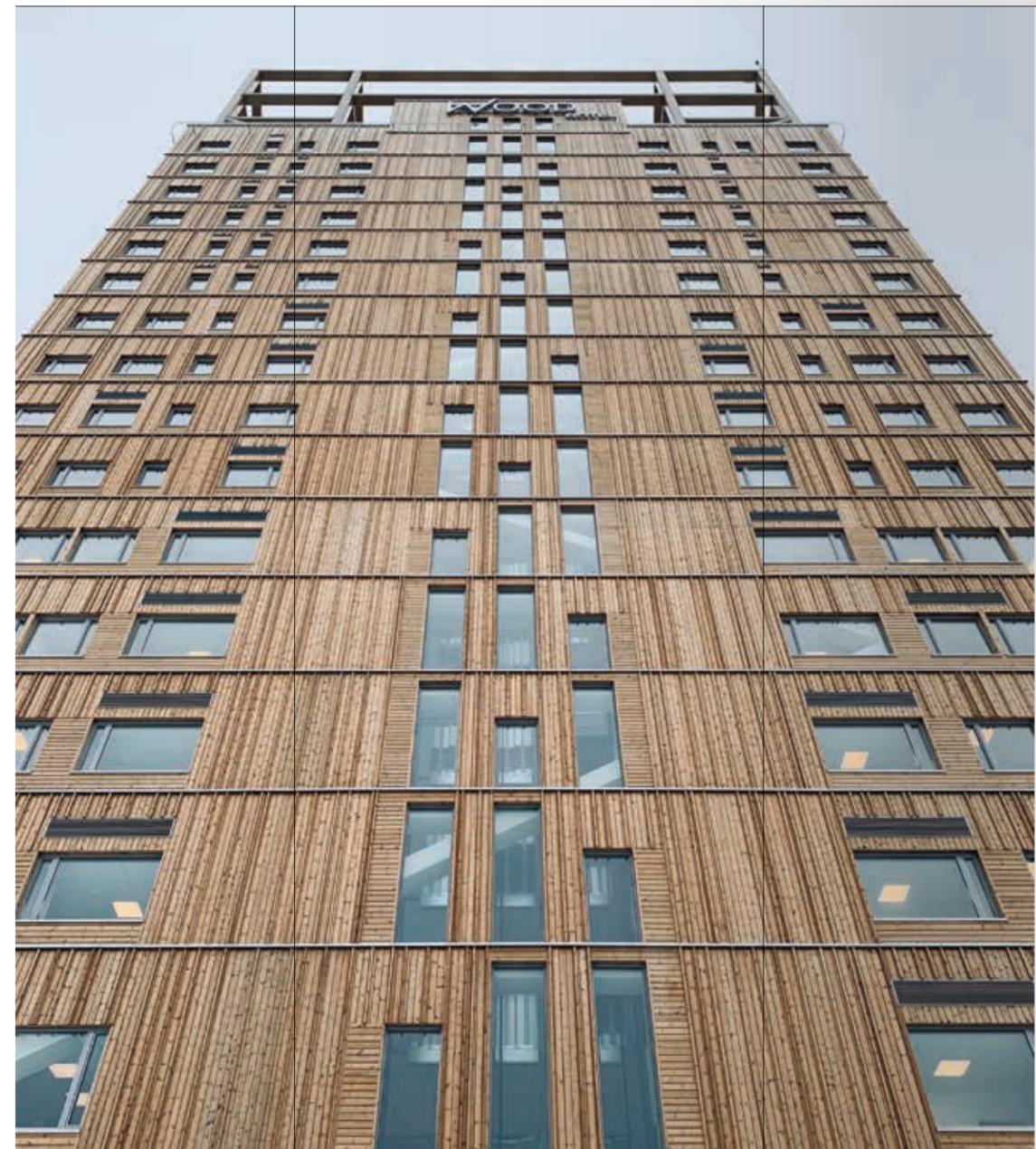
L'exemple de la tour Mjøstårnet, en Norvège, concentre tous les superlatifs. Culminant à 85 mètres, elle est la plus haute jamais réalisée exclusivement en bois. Elle est écologique, saine et ininflammable. Cette pluie d'éloges parvient même à noyer, sous leur flatteuse naïveté, la seule question qui méritait d'être posée à son sujet: que vient faire une tour dans un paysage lacustre, à la périphérie d'une ville de moins de 10'000 habitant-e-s? Pourquoi construire si grand dans un environnement de faible densité et de développement maîtrisé? À cette question essentielle restée sans réponse se substitue l'argumentaire habituel des vertus inégalées du bois de construction: faible bilan carbone, légèreté de construction, qualité de vie et sécurité. L'architecture iconique interroge rarement sa propre raison d'être. Pourtant, certaines questions se révèlent plus difficiles à contourner. Les craintes fondées au sujet des incendies et du caractère contre-intuitif de l'usage du bois dans des constructions en hauteur participent de l'opération de séduction en faveur de la tour. Lors des ren-



contres Woodrise à Genève en 2019, l'architecte Øystein Elgsaas venu parler du projet s'était longuement attardé sur les nombreux facteurs qui contribuent à la sécurité incendie de la tour. Dans l'arsenal déployé pour rendre la tour plus sûre, il avait tout d'abord énuméré la résistance mécanique des poutres et colonnes, dimensionnées de sorte à ce que le feu se consume avant de venir à bout de leur résistance mécanique. À cela s'ajoutent un système d'extincteurs automatiques à eau (*sprinklers*), le traitement des parties exposées, ou encore des bandes intumescents qui protègent les chevilles d'acier au sein des joints métalliques¹. C'est donc une combinaison de facteurs mécaniques, d'agents chimiques et de solutions technologiques qui contribuent au résultat escompté. Dans le film de communication de l'agence Voll, l'argumentaire est pourtant différent. Un ingénieur incendie affirme, sur un ton confidentiel, être parfaitement serein sur la résistance au feu de l'édifice dont il assume la sécurité. Attisant lui-même un feu de camp sous un ciel étoilé, le jeune homme se veut rassurant: l'épaisseur des poutres est telle que le feu s'éteint avant même qu'elles ne brûlent. Le traitement du bois n'est pas évoqué ni les bandes intumescents. L'omission du versant chimique et technologique de la protection incendie rappelle la pratique du *clean label* dans l'industrie agroalimentaire. On met l'accent sur les avantages, on

Axonométrie constructive
de la Tour Mjøstårnet,
Brumunddal (Norvège), 2019
© Sweco et Moelven Limtre

1. Ces bandes comprennent un matériau qui se dilate lorsqu'il atteint une température de 150° C.



Tour Mjøstårnet, Brumunddal (Norvège), 2019 © Voll Arkitekter et Øystein Elgsaas

renomme les inconvénients et on purge la liste des ingrédients de tout ce qui pourrait effrayer le ou la consommateur-trice. Dans le cas de la tour Mjøstårnet, les éléments à éviter ne sont pas des exhausteurs de goût, mais les retardateurs de flamme — d'importants perturbateurs endocriniens présents dans les produits ignifuges, tout comme les textiles et le mobilier domestique. Pour démontrer le caractère écologique de la tour, il est donc préférable de ne pas trop s'attarder sur la composition chimique des matériaux qui entrent dans sa fabrication. Plus globalement, la tour Mjøstårnet est symptomatique de l'absence de vision globale lorsqu'il s'agit de promouvoir le bois comme matériau de construction. Au lieu de laisser le bois fixer son propre agenda, au lieu de laisser émerger des nouvelles typologies urbaines qui découleraient structurellement du choix du matériau, on se contente de substituer le bois au béton et à l'acier. On remplace un matériau par un autre sans chercher à comprendre com-

ment le bois pourrait révolutionner les modes de production urbains, mais surtout le déséquilibre économique que la ville entretient depuis des siècles à l'égard de la campagne.

Le recours à une écologie d'apparat s'observe dans un autre chantier d'envergure censé promouvoir l'usage du bois: celui du Centre aquatique olympique de Paris pour les Jeux olympiques de 2024. Le choix du bois est au cœur de la certification écologique des jeux parisiens, qui se veulent moins coûteux, plus soucieux de l'environnement et de la reconversion des équipements requis. En y regardant de plus près, on retrouve dans la description du Centre aquatique les mêmes errements rhétoriques qui ont caractérisé par le passé les grands chantiers olympiques, fondés sur le comblement dialectique de l'écart entre les besoins réels d'une métropole et ceux d'un événement médiatique planétaire de courte durée.



Centre aquatique olympique de Paris pour les Jeux olympiques de 2024
© VenhovenCS et Ateliers 2/3/4 — Image de synthèse: Prologo

À ce défaut structurel s'ajoute l'illusion béate qu'une réalisation exemplaire pourra résoudre les graves problèmes endémiques de la Plaine Saint-Denis. Les séquences vidéo d'un avenir radieux reposant sur les vertus du sport s'efforcent de faire passer cette réalisation à 174 millions d'euros pour un projet d'intérêt public. Ici encore, la question centrale est éludée. Pourquoi prendre le prétexte d'un centre aquatique pour éviter de faire ce qui doit être fait en Seine-Saint-Denis? Le risque est de voir, une fois encore, le projet olympique drainer des sommes considérables pour irriguer ses propres canaux, tout en faisant croire qu'il œuvre pour le bien commun. Comme à Athènes ou à Rio, l'imposture recourt aux mêmes composantes, le bois en plus. Il fallait bien un gage de durabilité pour verdir l'aberration écologique des jeux mondialisés. Le centre aquatique en bois est la pièce maîtresse de cette opération de *greemwashing*. La question de son usage, une fois la fête terminée, n'est pas à l'ordre du jour. Le bois aurait pu être le matériau d'une vaste transformation de l'existant, le levier d'une réactivation des nombreux îlots d'innovation des années 1970 qui déperissent en Seine-Saint-Denis. Il n'en sera rien. Pris dans des impératifs iconiques, le bois sera tout au plus le revêtement écologique de la reconquête immobilière de la Plaine Saint-Denis.

LE BOIS CACHÉ

Un usage moins démagogique du bois est-il possible? C'est ce que laisse présager un nouveau type de constructions apparu ces dix dernières années qui opte pour un usage mixte du bois. À l'image du Vortex de l'Université de Lausanne, conçu pour les Jeux olympiques de la jeunesse d'hiver 2020 et reconverti depuis en logements étudiants. La structure unitaire hélicoïdale offrant plus de 700 logements est en béton, alors que les cloisons sont toutes en bois. Le bois agit comme un paramètre mo-

durable, capable d'apporter à l'ensemble l'adaptabilité nécessaire. Son usage témoigne d'une logique combinatoire qui, sans prétendre à l'exemplarité d'une structure où le bois serait majoritaire, n'en est pas moins déterminante pour la progression de l'usage du matériau. Autre projet du même type: la coopérative Kalkbreite à Zurich disposant de parois extérieures à ossatures en bois. L'immeuble combine des logements, un dépôt de tramway et un parc public avec crèche. Ces trois éléments devaient coexister sur une parcelle réduite. Ils ont donc été superposés. Le hangar occupe le niveau du sol. Juste au-dessus se trouve le parc et, tout autour, les appartements des membres de la coopérative. Si le bois, recouvert d'un crépi, ne se voit pas dans ce projet, il est pourtant majoritaire — seul le socle de la place surélevée étant en béton. Kalkbreite et le Vortex font partie de ces projets qui, sans chercher à surjouer leur composition biosourcée, font un usage pragmatique du bois. Ce dernier est moins convoqué pour ses vertus iconiques que pour sa réelle capacité à constituer et à fournir des solutions pour des environnements performants à moindre coût. L'usage dissimulé, structurel ou combinatoire du bois aurait finalement autant d'impact, si ce n'est plus, que son utilisation démonstrative et iconique qui l'affiche comme un parti pris. Moins visible, cette conception serait en train de modifier fondamentalement son rôle dans la construction. En Suisse, en Autriche et en Allemagne, on ne compte plus les projets qui font le choix d'un usage combinatoire du bois. On les remarque d'autant moins que le bois est souvent dissimulé, contribuant discrètement à la performance et à la qualité architecturale des projets concernés.

Aussi encourageante qu'elle soit, cette tendance reste en deçà du véritable basculement écologique et sociétal que pourrait représenter l'usage du bois dans la construction. Notre ap-



Vortex, Université de Lausanne, 2020 — Image de synthèse: Jean-Pierre Dürig

proche n'est toutefois pas encore celle qui conditionnerait la forme du bâti à ses enjeux écologiques ni la forme des villes à l'écosystème productif qui les génère. Nous ne sommes pas encore arrivés au stade où le matériau des villes pousserait dans des milieux dont la ville aurait la responsabilité; des villes où le bâti découlerait organiquement de la matière vivante dont elles prendraient soin. Nous n'avons pas encore atteint ce degré de cohérence où, dans un monde permettant de construire de manière intelligente à partir des arbres produits par sa propre commune, il ne sera plus nécessaire de transporter et de transformer le bois. Cette approche holistique de la construction n'est pas tirée d'un scénario de science-fiction. La technologie des assemblages bois/bois et du bois rond, portée par les chercheurs et les chercheuses du laboratoire des Constructions en Bois (IBOIS) de l'EPFL, pourrait bientôt modifier le recours systématique à la standardisation du matériau (voir l'article « Construire en bois rond scié brut: un lien durable entre ressource biosourcée et cible architecturale? » du présent numéro).

L'objectif n'est pas de s'adonner à un nouveau baroque, mais d'initier une démarche capable de valoriser des éléments jugés aujourd'hui inutilisables. Il s'agit de lier structurellement deux états perçus comme incompatibles: celui de l'arbre vivant et celui de l'élément de construction finalisé. Pour cela, il faut rendre acceptables certaines irrégularités formelles qui seront compensées par l'acte de composition. C'est un peu comme réapprendre à manger des pommes de tailles variées, au lieu de s'en tenir au calibrage et au gaspillage qui va avec. Ce qui nous manque encore, c'est peut-être la capacité à imaginer un habitat conçu en dehors des canaux étroits, financiers et normatifs qui conditionnent aujourd'hui sa construction. Les brevets et logiciels concédés par l'IBOIS, ainsi que le « permis de faire » imaginé par Patrick Bouchain en 2017, pourraient être les catalyseurs d'une approche holistique du rôle du bois dans la construction.

LES PRODUITS EN BOIS AU SERVICE D'UNE ÉCONOMIE CIRCULAIRE :

RÉALITÉ OU UTOPIE ?

PAR PIT KUFFER

PIT KUFFER
ARCHITECTE ET URBANISTE
ASSOCIÉ WITRY & WITRY
ARCHITECTURE URBANISME,
ECHTERNACH (LUXEMBOURG)

Le bois est devenu le matériau phare de la construction durable, le Graal des bâtiments à faibles émissions de CO₂ et la ressource incontournable pour instaurer les principes de l'économie circulaire. Est-il pour autant l'unique solution pour atténuer le changement climatique? Dans le but de connaître l'impact réel de l'usage du bois par rapport à d'autres matériaux dits «classiques», une étude a été menée à travers un projet pilote au Luxembourg. Prenant en compte des facteurs souvent négligés lors des processus traditionnels de conception, cette analyse a été réalisée afin de promouvoir un changement de paradigme dans le domaine de la construction durable.

Au-delà des défis technologiques des constructions contemporaines, l'architecture se doit de répondre aux changements sociétaux. À l'échelle mondiale, les mégatendances telles que la croissance de la population, le dynamisme de l'urbanisation, la progression de la technicité et, surtout, la transition énergétique requièrent une attention particulière.

Le secteur du bâtiment produit plus de 50% des déchets à l'échelle mondiale et est responsable d'environ 30% des émissions à effet de serre (CO₂) (voir fig. 1)¹. Pour réduire le changement climatique, il va donc devoir modifier en profondeur ses pratiques. Avec le projet pilote du complexe scolaire de Wobrécken, le bureau d'architecture et d'urbanisme Witry & Witry, siégeant à Echternach (Luxembourg), a tenté de répondre aux questions suivantes:

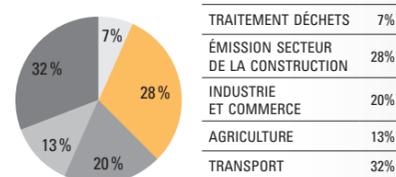
- Quel est l'impact des matériaux minéraux par rapport aux matériaux biosourcés tels que le bois?
- Quels efforts sont nécessaires dans le domaine de la construction pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris sur le climat en 2015 (COP21), à savoir une limitation du réchauffement climatique en dessous de

2°C par rapport aux niveaux préindustriels?
— Comment quantifier la réduction des émissions de CO₂ dans le domaine de la construction?

LES ENJEUX GLOBAUX

Si le défi que représente la réduction des émissions de CO₂ dépasse largement l'architecture, la profession doit désormais s'en soucier. Witry & Witry a commencé par analyser l'évolution des émissions de CO₂ à l'échelle mondiale. Selon le Rapport de synthèse sur les changements climatiques de 2014, un maximum de 800 gigatonnes de CO₂-eq pourra être libéré dans l'atmosphère d'ici 2050². Familier des principes dits «classiques» de la construction durable favorisant le recours à des matériaux biosourcés dont le bois est l'élément phare, le bureau s'est ensuite demandé si se concentrer sur ce seul mode de construction serait suffisant pour être en concordance avec les objectifs visés.

FIG. 1 ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE: 902 MIO. T CO₂-EQ.



VOLUME DES DÉCHETS: 40 MIO. T

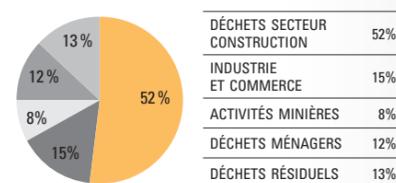


Fig. 1: émissions de CO₂ et volume des déchets par secteur (statistiques 2015 de l'Agence fédérale allemande pour l'environnement)

1. Pour une simplification des calculs et des schémas, tout autre gaz à effet de serre est converti en CO₂ équivalent (CO₂-eq) par l'application d'un facteur de conversion.
2. Il existe plusieurs approches et modèles de calcul pour l'évaluation des plafonds d'émission.

LA DURABILITÉ 2.0

La notion de durabilité répond aux trois critères que sont l'écologie, l'économie et les aspects sociaux. Pour souligner l'importance des principes de l'économie circulaire, le concept a été étendu par l'ajout d'un quatrième critère, la circularité — conformément au slogan des graphistes Bojan Krištofić et Ivan Orin Vrkaš: «Don't throw anything away, there is no 'away'»³ [Ne jetez rien ailleurs, il n'y a pas d'ailleurs].

Les critères de durabilité ont donc été mis en relation avec le cycle de vie d'un bâtiment — de sa construction, son exploitation, sa transformation à son démantèlement. Cette interconnexion et le dépistage des potentiels de réduction des émissions de CO₂ se sont toutefois avérés

complexes. Pour trouver le bon équilibre, la connaissance des différents modèles de simulation a dû être approfondie (calcul de l'énergie grise, critères de circularité, démontabilité, cycle de la durée de vie des matériaux, coût de vie...) en essayant de les combiner pour générer un résultat probant.

Trois méthodes de construction offrant chacune les mêmes performances physiques ont ainsi été comparées pour vérifier la systématique développée:

1. La construction massive en béton armé avec isolation ETICS⁴;
2. La construction hybride avec planchers en bois et en béton;
3. La construction en bois avec ossature en bois.

OPTIMISATION DU VOLUME À CONSTRUIRE

OPTIMISATION DES COMPOSANTS

FIG. 2

VARIANTES ENVELOPPE THERMIQUE		BESOINS ANNUEL EN CHAUFFAGE		REMARQUES / OPTIMISATIONS	
01	PATIO OUVERT	AVEC SOUS-SOL	96.832	100%	VARIANTE INITIALE (CONCOURS) VALEURS STANDARD — DESIGNPH
02		SANS SOUS-SOL	90.796	94%	
03	PATIO FERMÉ	AVEC SOUS-SOL	71.362	74%	INTÉGRATION DU PATIO DANS L'ENVELOPPE THERMIQUE VALEURS STANDARD — DESIGNPH
04		SANS SOUS-SOL	65.730	68%	
05	PATIO FERMÉ	AVEC SOUS-SOL	55.718	58%	MURS EXTÉRIEURS U=0,1 (40 cm CELLULOSE) VITRAGE 0,53/0,53 AU LIEU DE 0,5/0,8

ÉNERGIE GRISE VERSUS ÉNERGIE D'EXPLOITATION

Avant de se lancer dans la simulation des flux énergétiques, il convient de différencier les émissions de CO₂ provenant de l'énergie grise — énergie requise pour la production et la mise en œuvre des matériaux de construction — des émissions de CO₂ résultant de l'énergie d'exploitation — énergie nécessaire au fonctionnement d'un bâtiment tout au long de sa vie. Pour une maison passive, l'énergie d'exploitation (a50)⁵ est identique à l'énergie grise contenue dans les matériaux de construction de celle-ci. Ainsi, l'optimisation du ratio de la surface extérieure du bâtiment scolaire de Wobrécken par rapport à son volume a été réalisée avant de dépister les matériaux de construction économes⁶. À l'aide d'une simulation numérique, un potentiel d'économies énergétiques supérieur à 40% en exploitation de chauffage a pu être décelé par la seule amélioration du volume de l'édifice (voir fig. 2). Cet exemple illustre le potentiel d'optimisation des projets avant même que les matériaux de construction ne soient définis.

DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION AUX ÉMISSIONS ÉLEVÉES DE CO₂

Atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO₂ de manière rationnelle et contrôlée, tout en respectant une enveloppe budgétaire raisonnable, requiert une approche systématique. Tout d'abord, les éléments du bâtiment les plus gourmands en énergie grise ont été identifiés (voir fig. 3). Sachant que l'essentiel de la matière grise nécessaire à la construction est contenu dans la structure portante et l'enveloppe thermique, ces composants ont été optimisés. Puis, différents matériaux et méthodes de construction ont été comparés afin de concentrer les efforts sur les variantes les plus prometteuses. L'évaluation de ces dernières a démontré que la ressource bois possède a priori tous les atouts pour diminuer les émissions de CO₂ puisqu'un arbre absorbe du CO₂ atmosphérique et le stocke dans son bois tout au long de sa vie.

Fig. 2: potentiels d'économies énergétiques d'exploitation par l'optimisation numérique du coefficient de compacité (simulation IBN d'une maison passive, Witry & Witry architecture urbanisme, 2016)

3. Voir l'affiche lauréate des *World Industrial Design Day* de 2010 qui illustre le rôle du graphisme industriel au service de l'humanité: designawards.com/submit/upload/2007/large/9-4608-11_IDA_widd_vrkas_kristofic.pdf
4. Il s'agit de systèmes d'isolation thermique par l'extérieur.
5. L'énergie d'exploitation (a50) se calcule sur une durée de vie de 50 ans.
6. Une optimisation du coefficient de compacité Sp/V.

Fig. 3: répartition de l'énergie grise par élément constructif (Manfred Hegger, Matthias Fuchs, Thomas Stark et Martin Zeumer, *Energie-atlas: Nachhaltige Architektur*, Basel, Birkhäuser, 2007).

Par conséquent, le bois brut a un bilan carbone négatif détenant un avantage incomparable par rapport à d'autres matériaux de construction. En approfondissant l'analyse, on constate cependant que l'emploi de bois brut est rare et limité: les bois utilisés dans le domaine de la construction sont majoritairement modifiés⁷.

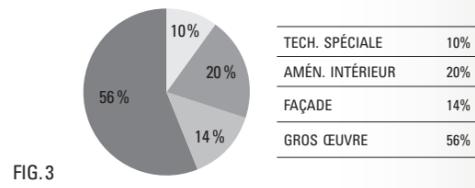
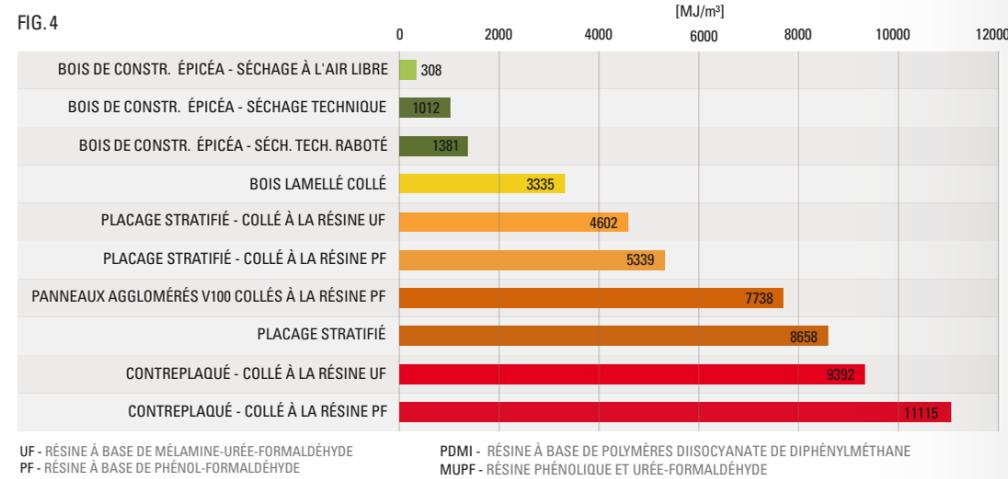


Fig. 4 : énergie grise (non renouvelable) des différents matériaux de construction à base de bois (valeurs caractéristiques du bois et des matériaux à base de bois, Autriche, 2002)



LE BOIS BRUT MODIFIÉ

Bien que la construction en bois présente des avantages indiscutables, plusieurs paramètres sont souvent négligés. La majorité des ressources utilisées dans l'industrie du bois provient de forêts lointaines. Les troncs bruts sont souvent transportés sur des centaines de kilomètres jusqu'à leur lieu de façonnage. Ils doivent en outre être séchés avant leur utilisation. Cette étape est souvent réalisée mécaniquement dans des chambres de séchage alimentées en énergies fossiles. Un inconvénient supplémentaire réside dans le fait que les essences de bois employées pour la construction se limitent majoritairement aux résineux. Il existe certes des alternatives à base de bois feuillu, mais leur emploi est peu répandu. Lors de la production industrielle de matériaux de construction à base de bois, des adjuvants tels que des liants synthétiques et/ou naturels, parfois nocifs, sont utilisés. Ces additifs servent à endiguer le gonflement du bois naturel ou à augmenter sa résistance à l'humidité.

Les émissions de CO₂ varient considérablement selon le procédé de fabrication et le type de produit en bois modifié. S'agissant du projet à Wobrécken, une analyse approfondie tenant compte des caractéristiques de ces produits a été réalisée afin de minimiser les émissions de CO₂. Une étude réalisée en France a démontré qu'environ 33% du bois provenant de la déconstruction n'est pas réutilisé ou revalorisé⁸, tandis que 67% du bois est récupéré, principalement

pour la production de panneaux agglomérés: MDF, HDF⁹ et autres. On parle alors de *down-cycling*. Bien que certains producteurs soient en train d'affiner leurs modes de production pour minimiser l'apport en additifs, le taux de colle de ces produits reste élevé. On constate généralement que le taux de colle dans un produit modifié augmente sensiblement sa teneur en énergie grise. En effet, la fabrication des colles est énergivore. Le chemin vers une économie circulaire requiert donc encore des efforts.

EXIGENCES NORMATIVES, TECHNICITÉ ÉLEVÉE

Construire en bois présente de nombreux avantages, notamment pour le bien-être des utilisateur-trice-s, sur le plan de la rapidité de construction, de la réduction des apports en eau, du degré élevé de précision et du potentiel de réduction des émissions de CO₂. Cependant, ces bienfaits sont contrebalancés par une technicité de conception et de construction supérieure aux procédés classiques. Planifier et construire en bois exige un niveau d'expérience élevé: chaque percement, chaque encastrement doit être méticuleusement planifié. De plus, une potentielle évolution fonctionnelle nécessite des études approfondies afin de pouvoir garantir la flexibilité souhaitée à long terme. Lors de la mise en œuvre sur le chantier, la

gestion de l'humidité est primordiale et nécessite des mesures d'étanchéité spécifiques pour faire face aux intempéries. En outre, la législation restrictive de protection incendie et de sécurité des personnes augmente d'autant la technicité de planification. Certains des éléments en bois doivent également être recouverts de matériaux incombustibles afin de répondre à ces exigences

La planification et l'analyse systémique du complexe scolaire de Wobrécken a permis de quantifier et de révéler les différences entre trois modes de construction courants partageant les mêmes caractéristiques physiques. En optimisant l'énergie d'exploitation et l'énergie grise au cours du cycle de vie d'un bâtiment, les différences entre une construction classique massive, une construction hybride et une construction à ossature en bois ont pu être établies. La comparaison des résultats a permis de mieux comprendre les avantages et inconvénients des différentes options.

En conclusion, le bois demeure le matériau de construction qui émet le moins de CO₂ au cours de son cycle de vie. L'étude approfondie menée sur le projet pilote démontre que l'énergie grise nécessaire à la construction d'un bâtiment public à ossature en bois et au standard énergétique passif est similaire à l'énergie d'exploitation nécessaire au cours de sa durée de vie sur 50 ans. En comparaison, la construction massive est d'environ 60% plus énergivore en raison des températures de production supérieures à 1000 degrés, nécessaires notamment pour le ciment ou la brique.

En dépit de la technicité plus élevée des constructions en bois, ce dernier a, sans aucun doute, le potentiel de réduire de manière contrôlée les émissions de CO₂ liées au secteur du bâtiment. Par l'optimisation des composants et l'utilisation d'un minimum de ressources, l'objectif de concevoir un bâtiment à zéro émission est atteint à condition qu'à l'issue de son

cycle de vie [a50] (énergie grise incluse) une partie des éléments en bois soient réutilisés et non pas incinérés ou mis en décharge. Il apparaît que les coûts d'investissement d'un bâtiment en bois sont légèrement supérieurs à ceux des constructions classiques. L'analyse a toutefois révélé que le coût global d'une construction à ossature en bois est inférieur à celui d'une construction classique car une partie du bois peut être récupéré et réutilisé. Le bâtiment peut ainsi être considéré comme une banque de matériaux dont les éléments conservent une valeur monétaire au-delà du cycle de vie. À ceci près que la planification et l'exécution soient, au travers de l'expérience et de l'affinité technique requises, maîtrisées.

À l'horizon 2050, il est indispensable de développer des stratégies de planification qui rendent possibles des constructions à zéro émission. Encore faut-il se mettre d'accord sur une définition commune car on ne prend majoritairement en considération que l'énergie d'exploitation, et non l'énergie grise. Pour diminuer de manière fiable les émissions de CO₂ à zéro, la construction doit être pensée de manière holistique. La quantification de la globalité des émissions de CO₂ d'un bâtiment au cours de son cycle de vie est d'ores et déjà possible. Avec les outils qu'offrent la planification numérique, l'évaluation des composants du bâtiment pourra être automatisée, dans un futur proche, et faire partie du processus de planification quotidien.

Plusieurs points sensibles méritent encore d'être précisés, à commencer par la quantification des émissions de CO₂ liées au secteur de la construction en tant que paramètre essentiel du défi «zéro émission». Mais quelle que soit la stratégie, les mesures à prendre nécessiteront du courage de la part des décideur-euse-s politiques et de la société civile pour tendre vers un avenir neutre en gaz à effet de serre.

7. Le bois modifié est traité thermiquement ou chimiquement pour que ses caractéristiques soient modifiées.

8. Voir la Convention de la Direction de l'Habitat de l'Urbanisme et des Paysages (DHUP) et du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) pour des produits et composants de la construction bois, 2009, p. 38, publiée en ligne: codifabfr/media/download-file?media_nid=762&media_file_uri=public%3A/secure/acv_fdes_construction_bois_volet_2-3_-modélisation_acv_et_calculs_dimpacts_20121214.pdf&media_file_mimetype=application/pdf [consulté le 27 avril 2021]

9. MDF: panneau de fibres de bois à densité moyenne; HDF: panneau de fibres de bois à haute densité.

Fig. 5: comparaison des différents modes de construction au cours du cycle de vie [a50] (calcul et simulation par Witry & Witry architecture urbanisme, 2018)

FIG. 5 VOLUME DES DÉCHETS: 40 MIO. T

STRUCTURE CYCLE DE VIE	CONSTRUCTION MASSIVE AVEC ISOLANT [ETICS]	CONSTRUCTION HYBRIDE AVEC FAÇADE VENTILÉE	OSSATURE EN BOIS AVEC FAÇADE VENTILÉE	CONSTRUCTION	EXPLOITATION MAINTENANCE	TRANSFORMATION	DEMANTELEMENT	CUMUL
PNE* STRUCTURE CYCLE DE VIE	CONSTRUCTION MASSIVE AVEC ISOLANT [ETICS]	CONSTRUCTION HYBRIDE AVEC FAÇADE VENTILÉE	OSSATURE EN BOIS AVEC FAÇADE VENTILÉE	59	37	12	2	110 kWh/m²a
	CONSTRUCTION MASSIVE AVEC ISOLANT [ETICS]	CONSTRUCTION HYBRIDE AVEC FAÇADE VENTILÉE	OSSATURE EN BOIS AVEC FAÇADE VENTILÉE	51	21	12	2	86 kWh/m²a
	CONSTRUCTION MASSIVE AVEC ISOLANT [ETICS]	CONSTRUCTION HYBRIDE AVEC FAÇADE VENTILÉE	OSSATURE EN BOIS AVEC FAÇADE VENTILÉE	37	21	8	2	68 kWh/m²a
*ÉNERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE PAR MÈTRE CARRÉ BRUT ET PAR ANNÉE SUR 50 ANS								
CO ₂ STRUCTURE CYCLE DE VIE	CONSTRUCTION MASSIVE AVEC ISOLANT [ETICS]	CONSTRUCTION HYBRIDE AVEC FAÇADE VENTILÉE	OSSATURE EN BOIS AVEC FAÇADE VENTILÉE	18.0	3.7	3.6	0.4	25.7 kgCO ₂ eq/m²a
	CONSTRUCTION MASSIVE AVEC ISOLANT [ETICS]	CONSTRUCTION HYBRIDE AVEC FAÇADE VENTILÉE	OSSATURE EN BOIS AVEC FAÇADE VENTILÉE	7.5	1.0	1.5	6.5	16.5 kgCO ₂ eq/m²a
	CONSTRUCTION MASSIVE AVEC ISOLANT [ETICS]	CONSTRUCTION HYBRIDE AVEC FAÇADE VENTILÉE	OSSATURE EN BOIS AVEC FAÇADE VENTILÉE	-0.8	1.0	-0.2	12.2	12.2 kgCO ₂ eq/m²a
BILAN CO ₂ -ÉQUIVALENT PAR MÈTRE CARRÉ BRUT ET PAR ANNÉE SUR 50 ANS								
€ STRUCTURE CYCLE DE VIE	CONSTRUCTION MASSIVE AVEC ISOLANT [ETICS]	CONSTRUCTION HYBRIDE AVEC FAÇADE VENTILÉE	OSSATURE EN BOIS AVEC FAÇADE VENTILÉE	62.7	5.2	-3.6	1.9	66.2 €/m²a
	CONSTRUCTION MASSIVE AVEC ISOLANT [ETICS]	CONSTRUCTION HYBRIDE AVEC FAÇADE VENTILÉE	OSSATURE EN BOIS AVEC FAÇADE VENTILÉE	68.9	5.3	-2.5	-8.3	63.4 €/m²a
	CONSTRUCTION MASSIVE AVEC ISOLANT [ETICS]	CONSTRUCTION HYBRIDE AVEC FAÇADE VENTILÉE	OSSATURE EN BOIS AVEC FAÇADE VENTILÉE	70.0	5.3	-3.1	-11.0	61.2 €/m²a
COÛT - CYCLE DE VIE PAR MÈTRE CARRÉ BRUT ET PAR ANNÉE SUR 50 ANS								



PAR YVES WEINAND ET PETRAS VESTARTAS

CONSTRUIRE EN BOIS ROND SCIÉ BRUT

Un lien durable
entre ressource biosourcée
et cible architecturale ?

YVES WEINAND
ARCHITECTE ET INGÉNIEUR
CIVIL, PROFESSEUR À L'EPFL
DIRECTEUR DU LABORATOIRE
IBOIS, EPFL

PETRAS VESTARTAS
ARCHITECTE DOCTORANT AU
LABORATOIRE IBOIS, EPFL

Favorisé par la crise écologique, le bois fait son grand retour sur le devant de la scène architecturale. Matériau biosourcé, renouvelable et abondant en Suisse, il s'inscrit dans une tradition ancestrale mais peine à se débarrasser de son image désuète et de matériau aux propriétés limitées. Pourtant, l'industrie du bois en Suisse possède un immense potentiel grâce à ses ressources et aux outils créés ces dernières décennies. La conception digitale et paramétrique offre en effet de nouvelles perspectives dans l'élaboration et la préfabrication de constructions entièrement en bois. C'est sur ce sujet que portent les recherches interdisciplinaires menées au laboratoire des Constructions en Bois (IBOIS) de l'EPFL afin de développer une nouvelle génération de structures en bois.

LES ARCHITECTES ET LA MATIÈRE

Dans le passé, la lisibilité d'un matériau — son écriture — était perçue exclusivement sous l'angle esthétique. Souvent, les architectes choisissaient de confier aux ingénieur·e·s et aux entreprises la question du type de matière et de sa provenance, préférant ainsi s'intéresser exclusivement aux aspects formels ou phénoménologiques. Le matériau de construction était

perçu comme un élément qui détourne l'attention de l'architecte de ses préoccupations. La donne est en train de changer. Aujourd'hui, les discours théoriques et philosophiques tendent à mettre l'accent sur la performance à la fois mécanique et durable des matériaux de construction. Ainsi, l'on commence à s'éloigner d'un modèle linguistique où le rôle des matériaux se limite à un moyen de représentation singulier. La crise climatique renforce la légitimité de cette approche et enjoint à envisager le potentiel d'une nouvelle relation entre la forme et le matériau, portée par les récits critiques sur ce dernier.

L'IBOIS à l'EPFL mène des réflexions sur des processus de conception numérique tels que les opérations de découpe à commande numérique (CNC) — le prototypage rapide —, ou encore l'analyse avancée d'une structure par éléments finis — l'analyse digitale. Ces investigations pluridisciplinaires et parallèles permettent de réduire considérablement les écarts entre le concept, la production et la réalisation et de lier immédiatement ces différentes étapes. Penser le matériau prend aujourd'hui un nouveau sens. Grâce à l'expérimentation, à l'exploration de la matière et aux moyens mis en œuvre, les connaissances s'enrichissent et offrent un nouvel horizon.

Le travail de l'IBOIS est ainsi au cœur des enjeux présents et met en lumière les connaissances scientifiques liées au matériau bois.

© Hiltorfingen/LIGNUM
Photo: Dieter Noll

Un nouveau savoir-faire se déploie grâce au progrès des recherches et au dépassement des frontières entre disciplines liées à la science des matériaux, à l'ingénierie structurelle, aux progrès dans la conception assistée par ordinateur (CAO), à la culture et à l'histoire. La limite entre art et science s'estompe. Aux antipodes du pessimisme régnant dans les milieux professionnels au sujet de l'avenir du bois, l'IBOIS affiche un optimisme serein. L'évolution technique et technologique récente permet de repenser le processus de conception architecturale de manière holistique, c'est-à-dire en liant, dès les prémices du projet, les questions de structure à celles de spatialité. Le monde de la construction en bois constitue un laboratoire d'expérimentations propice à ce basculement, d'autant que la relation privilégiée entre l'homme et le bois s'inscrit dans une longue tradition. Ces affinités sont complexes et se situent au-delà du simple usage d'un matériau de construction, qu'il s'agisse de la relation concepteur-trice-s-bois ou utilisateur-trice-s-bois. Grâce à une compréhension générale, les acteurs-trice-s de la construction en bois possèdent aujourd'hui les outils nécessaires pour un usage raisonné de ce matériau naturel, renouvelable et durable.



Stock de bois coupé au Bois-des-Frères, Le Lignon, Ville de Genève (SEVE) — Photo: S. Francia

À travers les recherches du laboratoire IBOIS et grâce à des transferts technologiques, les chercheur-se-s développent des méthodes de construction nouvelles et affranchissent le bois des contraintes formelles antérieures. Cet article est un appel à l'action pour toutes celles et tous ceux qui sont engagé-e-s dans l'environnement bâti. Le travail sur le bois rond brut scié présenté ci-dessous est un projet de démonstration développé par le laboratoire IBOIS. Il peut servir de précédent dans le domaine de la construction et favoriser le renouvellement des concepts et de la mise en œuvre. Il contribue à développer les applications possibles du bois et l'argumentation en sa faveur, tout en partageant une connaissance approfondie de ses limites et de ses potentialités.

L'exemple ci-après présente une étude approfondie d'une structure globale et locale, exclusivement réalisée en bois rond brut indigène. Bien que cette approche se concentre sur l'usage du bois rond, les recherches de l'IBOIS s'inscrivent dans une vision holistique de l'acte de construire en l'ouvrant aux nouvelles technologies et en l'inscrivant dans un contexte local et durable. Loin de réduire son approche à une succession d'opérations pragmatiques dictées par les contraintes statiques, son ambition est, au contraire, d'inviter à repenser l'acte de construire.

UTILISATION DU BOIS LOCAL

Les forêts suisses offrent une grande ressource potentielle pour la construction locale. Cependant, le manque de développement des technologies de fabrication numérique rend l'exploitation de ce bois environnant difficile. La majeure partie du bois est transformée en éléments standardisés tels que des poutres ou des planches de section rectangulaire, tandis que le bois de travers est vendu aux industries fabriquant du combustible et du papier. Pour remédier à cette situation, l'IBOIS a initié un projet pilote dans la commune de Rossinière (Vaud).

RELEVÉ DES ARBRES DISPONIBLES

La première étape du projet consiste à collecter des informations sur les espèces d'arbres présentes dans la forêt (voir fig. 1). Pour ce faire, l'on apporte le scanner laser tridimensionnel *Faro* sur le site de récolte des arbres lorsque ceux-ci ont été marqués pour une coupe future. On effectue ensuite de multiples scans dans un rayon de 150 mètres pour collecter des informations sur la topologie des arbres (diamètre, courbure, structure, hauteur...). Les données récoltées sont traitées par les logiciels *Faro Scene* et *Cloud-Compare*, puis visualisées à l'aide de Rhinocéros 3D. Le nuage de points ainsi obtenu figure la forêt alentour. Grâce à ces données, il devient possible d'analyser les caractéristiques des arbres de l'ensemble de l'échantillon scanné.

TOPOLOGIES ET SÉLECTION DES ARBRES DISPONIBLES

La deuxième étape concerne la sélection des troncs et leur découpe. Une fois les arbres abattus par les bûcherons, les grands troncs sont dégarnis de leurs branches et sciés en deux. Grâce au système de câbles et de tyrolienne préétabli à travers la forêt, les grands troncs sont ensuite rapportés au point de collecte

Fig. 1: Une série de relevés a été effectuée par balayage laser afin de connaître les topologies de bois existantes utilisées directement pour des applications robotiques. La majorité des arbres sont droits avec, à leur base, une courbure due à l'escarpement des montagnes. Les arbres courbés ou fourchus sont exclus de la sélection, tout comme le bois à petits rayons. Crédit: P. Vestartas, IBOIS, EPFL



FIG. 1

Le bois courbé est apporté à l'IBOIS pour déterminer son potentiel constructif. Photo: P. Vestartas, IBOIS, EPFL



pour y subir une seconde coupe en segments de 5 mètres de long, ce qui permet de les charger sur le camion. Les contraintes topologiques (accès restreint pour des camions de grande taille, pente marquée) influencent déjà le type (forme, dimension) de matériau exploité par les entreprises locales. Par la suite, l'ensemble du site environnant est scanné afin de documenter les types d'arbres présents. Le bois dit «de faible valeur», c'est-à-dire les éléments de moins de 20 cm de diamètre et les troncs fourchus, est acheminé à l'EPFL où il va faire l'objet d'une analyse plus approfondie pour être utilisé dans des applications structurelles.

À cette étape du processus s'impose une collaboration étroite entre les différentes entreprises forestières pour pouvoir appliquer des méthodes de fabrication numérique et optimiser l'exploration structurelle du bois local.

ASSEMBLAGE ET FABRICATION: BOIS BRUT

La troisième opération concerne le façonnage et l'assemblage des connexions bois-bois aux éléments de bois brut préalablement sélectionnés. Le prototype décrit dans cet exemple est composé d'éléments de bois bruts où des joints bois-bois à tenon et mortaise sont réalisés. Tandis que certains rondins sont travaillés en leur extrémité pour comporter des tenons, d'autres sont creusés en mortaises. D'autres types d'assemblage bois-bois sont inspirés des liaisons traditionnelles de menuiserie (voir fig. 3). Ainsi, il n'y a pas besoin d'ajouter lors du montage des éléments de liaison additionnels tels que des vis ou des liaisons métalliques. Tout est prévu et optimisé grâce à la base des données obtenue par le scannage des troncs.

Cette proposition de conception assistée par ordinateur et robots avec joints intégrés présente plusieurs avantages: un temps d'usinage rapide, des coûts de traitement faibles et un usinage direct du bois brut dès lors que la singularité de ce dernier a été prise en compte. L'utilisation de bois massif réduit donc le temps de fabrication et d'assemblage. Le bois brut peut être aplani et régularisé à l'aide d'une scie à commande numérique. Cette procédure d'usinage pourrait être optimisée si l'on utilise par exemple une scie mobile pilotée par un robot. L'usinage robotisé peut réduire considérablement le temps et les coûts de transformation car il n'est pas nécessaire de recourir à un traitement supplémentaire en scierie. En outre, les éléments massifs peuvent présenter une continuité des fibres de bois plus importante que les panneaux de bois. En comparaison à des planches de bois, l'usinage d'éléments de bois brut présente ainsi des avantages significatifs.

La conception de ce type de structures nécessite au préalable un balayage de la totalité de l'échantillon d'arbres à disposition pour constituer un stock de bois digitalisé permettant de définir et d'optimiser les dimensions du bois utilisé par rapport à la cible prédéfinie.

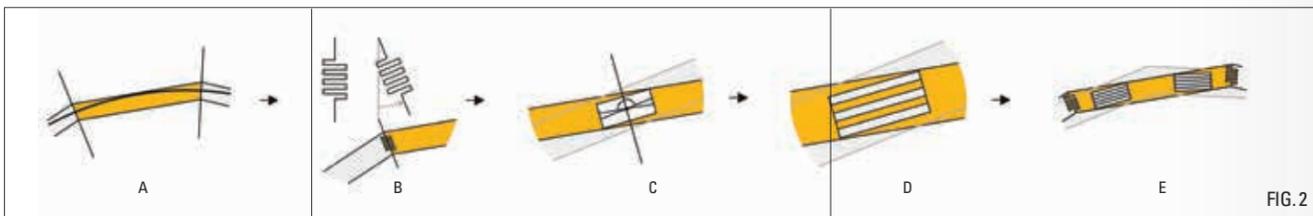


Fig. 2: séquence de étapes de modélisation; interpolation des courbes (A), joints bout à bout (B), zone d'intersection (C), connexion latérale (D), modèle complet (E).
Crédit: P. Vestartas, IBOIS, EPFL

PROTOTYPE EN BOIS ROND

Le prototype est entièrement composé de bois rond. La méthode de modélisation utilisée pour décomposer, analyser et réaliser ce prototype repose sur des principes de transformation géométrique basique et des opérations de division de la structure en segments variables afin d'obtenir un arc à simple courbure. Les composants de ce dernier sont directement issus de rondins de bois. Ils ont été générés en cinq étapes (voir fig. 2). Tout d'abord, les courbes de l'arc que l'on souhaite obtenir (courbes cibles) sont décomposées en points et les plans normaux sont calculés à partir des dérivés des courbes. De cette manière, on peut subdiviser la courbure en éléments rectilignes successifs (voir fig. 2 A). Ensuite, un joint à entures (*finger joint*)¹ est dessiné pour générer les connexions aux extrémités de chaque élément. Il est alors possible d'adapter la forme de chaque connexion à n'importe quel autre joint 2 D. Ces joints à entures s'emboîtent finalement selon un angle d'insertion précis.

S'agissant des connexions latérales, un autre type de procédé est utilisé. Des rectangles sont tracés à l'intersection de l'axe neutre de chaque rangée d'éléments (voir fig. 2 C). Ainsi, la ligne bissectrice des deux éléments juxtaposés peut être tracée, ce qui permet de maximiser la dimension

du joint situé dans la zone commune des blocs de bois adjacents. Les joints à entures latéraux sont générés en subdivisant chaque rectangle et en extrudant alternativement la bande à l'intérieur et à l'extérieur de l'élément (voir fig. 2 D-E). Pour que ce processus soit reproductible par une entreprise de bois, chacune des opérations de découpe est réalisée en respectant les contraintes d'usinage CNC. Enfin, chaque élément de bois peut être emboîté au suivant.

Pour cette méthode de fabrication, deux étapes de coupe différentes ont été nécessaires: la scie à commande numérique a d'abord permis de retirer les grandes pièces de bois, puis les surfaces de jonction ont été fraisées à l'aide d'un foret de 14 mm de diamètre (voir fig. 3).

Pour parvenir à modéliser un prototype tenant compte des éléments de bois à disposition (caractéristiques physiques et structurelles), une marche à suivre a été développée. La surface finale souhaitée (ici, une arche à simple courbure) a été discrétisée, c'est-à-dire subdivisée en éléments polygonaux de plus petite taille, en prenant en compte les caractéristiques du bois à disposition, préalablement scanné et répertorié. L'entièreté du processus de découpe des joints (traditionnellement réalisé à la main par un menuisier) a dû être traduite pour correspondre à la découpe CNC. La chaîne de transformation (parcours d'outils) a été vérifiée par

1. Il s'agit d'une combinaison d'assemblage en bout réalisée par une succession d'emboîtements.

Fig. 3: séquence de fabrication: A1—A3 Plans de coupe de bois rond pour une scie à lame
A4 Fraisage
A5 Rainures de coupe
A6 Géométrie de la cible

Séquence de montage:
B1 Montage d'un arc
B2 Montage d'un arc
B3 prototype fini

Crédit: P. Vestartas, IBOIS, EPFL

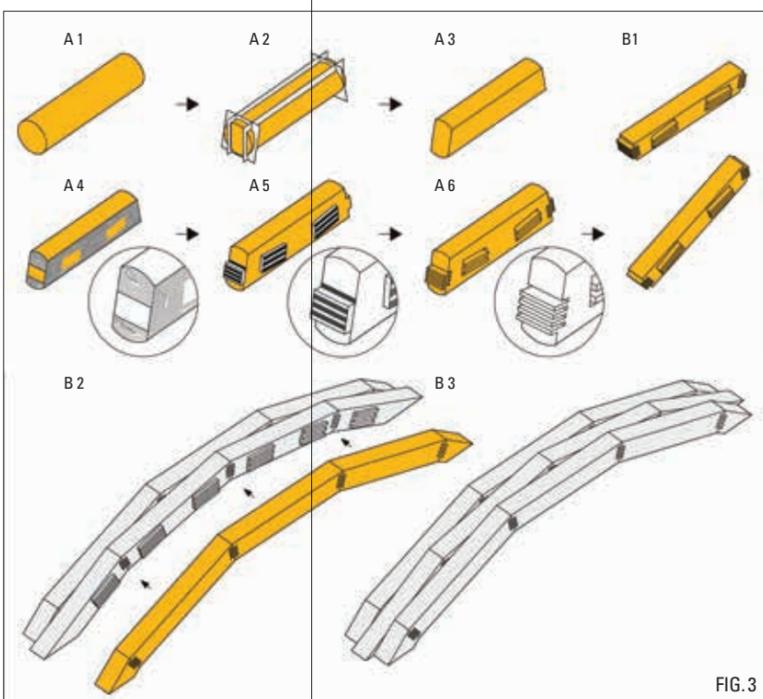


FIG. 3

Références bibliographiques :

Petras Vestartas, Nicolas Rogeau, Julien Gamarro et Yves Weinand, *Modelling Workflow for Segmented Timber Shells Using Wood-Wood Connections*, in Design Modelling Symposium Berlin, Impact: Design with all Senses, 24 septembre 2019, Berlin, publié en ligne: infoscience.epfl.ch/record/271018?ln=fr.

Petras Vestartas, Yves Weinand, *Laser Scanning with Industrial Robot Arm for Raw-wood Fabrication*, in 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), 27-28 octobre 2020, Kitakyushu, publié en ligne: infoscience.epfl.ch/record/281654?ln=fr.

Petras Vestartas, Yves Weinand, *Joinery Solver for Whole Timber Structures*, in World Conference Timber Engineering (WCTE) 2020, 27-29 août 2020, Santiago, publié en ligne: infoscience.epfl.ch/record/281960?ln=fr.



Bois-des-Frères, Le Lignon, Ville de Genève (SEVE) — Photo: Daniel Kunzi

des tests de fabrication pour éviter d'endommager les outils ou de les décalibrer. Dans la construction actuelle, normalisée à l'extrême, de tels outils sont finalement que très peu utilisés, malgré leur potentiel. Au laboratoire IBOIS, les limites de ces outils (découpe à commande numérique, laser...) sont sans cesse repoussées pour développer de nouvelles applications.

L'exemple développé illustre une démarche précise et la réalisation d'un prototype unique allant bien au-delà de la réalisation d'un arc à simple courbure. L'approche soulève des questions inhérentes au processus de conception architecturale et à l'emploi du matériau bois dans la construction. L'usage d'un matériau naturel et biosourcé, par essence irrégulier, tel que

le bois ne limite donc pas la forme architecturale, mais peut au contraire s'avérer précurseur dans la gestion et l'optimisation de la matière, des circuits courts, ou encore de l'énergie grise du bâtiment. Ses contraintes nous poussent à innover. Ce type d'expérimentation présente un potentiel de réplication à grande échelle. Les outils contemporains d'analyse, de calcul et de transformation doivent nous inciter à penser l'architecture autrement car il est désormais possible de s'émanciper des formes usuelles des constructions en bois.

Prototype de l'arc à simple courbure en bois rond assemblé grâce à des connexions intégrées bois/bois.
Photo: P. Vestartas, IBOIS, EPFL



PAR DIDIER COLLIN

SENSIBLES ET PROVISOIRES

DIDIER COLLIN ARCHITECTE
EPFL SIA PRÉSIDENT DU
GROUPE PROFESSIONNEL
DES ARCHITECTES SIA
GENÈVE

Le Pavillon de la danse et le Centre d'hébergement collectif pour migrant-e-s de Rigot sont des objets singuliers réalisés à Genève qui relèvent de la construction contemporaine en bois. Tous deux provisoires, ils tentent de répondre à des enjeux à la fois urbanistiques, architecturaux et d'usage.

UN ÉCRIN DÉMONTABLE

Lors du lancement du concours international d'architecture en 2013, l'objectif était clair: concevoir et réaliser un pavillon provisoire pour l'Association pour la danse contemporaine (ADC) dans un tissu historique urbain et arborisé, la place Sturm située à l'extrémité du quartier des Tranchées. En 2001, un fait politique va induire sa transformation: le rejet par la population du nouveau musée d'ethnographie prévu à cet emplacement. Cette décision conduit à une requalification du site pour rendre l'espace à la place et au public, valoriser sa transparence, préserver l'alignement des arbres existants et concevoir un lieu multi-usages. Le défi du concours était d'y implanter un écrin destiné à la danse contemporaine avec le moins de modifications possibles. Le volume devait

intervenir sur le site de manière parcimonieuse et délicate afin de respecter l'histoire et l'identité de ce dernier. Il devait également être provisoire. Un équilibre devait donc être trouvé entre la conception d'un objet nomade, démontable, éphémère et le fait que la place Sturm devait, *in fine*, pouvoir vivre sans sa présence.

Lauréat du concours avec le projet «Bombatwist», le bureau ON architecture (Lausanne) avec les ingénieurs du bois Ratio Bois (Écublens) a conçu et



Eadward Muybridge, *The Human Figure in Motion*, DR

réalisé un objet atypique qui, tel un monolithe en bois, s'implante le long de la rue Sturm. Son emplacement permet de conserver un dégagement côté nord-est de l'esplanade. L'unité de l'espace public est donc préservée. Le projet puise son inspiration esthétique et volumétrique dans les travaux d'Étienne-Jules Marey et d'Eadward Muybridge, pionniers de la chronophotographie¹. Celle-ci est centrale pour saisir la notion même de mouvement que ce bâtiment tend à exprimer tout en l'accueillant. Le dessin

Construction du Pavillon de la danse sur la place Sturm
© Ville de Genève — Photos ci-dessous et p.26-27: Nicole Zermatten



Pavillon de la danse, place Sturm, Genève, 2021 © DYOD.com

de la structure, véritable carapace en bois, en est l'expression. La structure a été imaginée comme une succession de cadres en bois se déformant, figeant l'empreinte qu'aurait laissée la danseuse photographiée par Eadward Muybridge (1872-1885) si elle avait traversé l'espace.

Le système constructif joue un rôle essentiel lors de la conception de projets éphémères. Il s'agit de trouver l'équilibre entre une réalisation simple, efficace, rationnelle, économique et élégante. Ici, le bâtiment de plan rectangulaire présente une dimension totale de 51 mètres de long, 19 mètres de large et 11 mètres de haut. Il ne comporte pas de sous-sol car il est posé sur un simple radier. Les 84 portiques préfabriqués en bois lamellé-collé (BLC) ont été assemblés en modules de 3 mètres et divisés en trois éléments: deux de montant et un de poutre. Ce système a permis un montage aisé et rapide. L'entreaxe de 60 cm entre chaque cadre a réduit considérablement les hauteurs statiques et le poids des pièces, favorisant ainsi le transport et le montage des éléments. Deux grues télescopiques ont suffi à l'assemblage de la structure, à raison de deux modules par jour. Le montage de la charpente n'a duré que six semaines. Le bâtiment devant à terme être déplacé pour connaître une seconde vie, sa conception se devait d'être adaptable et simple, tant par sa structure que par sa forme.

L'ensemble des bois utilisés pour la structure du pavillon est d'origine suisse. Les parties exposées aux intempéries sont en mélèze, l'épicéa a été utilisé pour les parties protégées.

Le programme réclamant à la fois une construction en bois et une excellente isolation acoustique pour éviter les nuisances a nécessité de désolidariser le volume de la salle de spectacle de l'enveloppe du bâtiment, de créer une boîte dans la boîte coupant les échanges sonores entre la salle et la rue. Chaque interaction détaillée entre l'enveloppe de l'espace principal et la structure a donc fait l'objet d'une attention particulière. L'adaptabilité future du Pavillon de la danse liée à sa simplicité et à sa flexibilité, tant constructive que formelle, en fait un ouvrage aisément réutilisable. Sa construction préfabriquée démontre la capacité du bois à répondre à un programme de haute exigence acoustique: une salle de spectacle en milieu urbain.

1. « À partir de 1870, le Français Étienne-Jules Marey (1830-1904) et dans son sillage l'Américain Eadward Muybridge (1830-1904) se servent d'instantanés photographiques pour décomposer le mouvement des êtres vivants. En dissociant, en figeant et en analysant les poses successives de leurs modèles, les deux hommes peuvent capturer le détail des activités sportives ou des gestes de la vie courante. Par le biais de ces séquences rapprochées, ils obtiennent avec précision les images de ce qu'on ne peut percevoir à l'œil nu. En arrêtant le temps et le mouvement, ils réussissent à voir l'invisible. » Ivan Jablonka, « La décomposition du mouvement », *L'Histoire par l'image*, mars 2016, publié en ligne: histoire-image.org/fr/etudes/decomposition-mouvement [consulté le 8 mars 2021]



Centre d'hébergement collectif pour migrant-e-s, parc Rigot, Genève, 2021
Photos: Marcel Kultscher



DEUX NAVIRES DANS UN PARC

Situés au cœur de la Genève internationale, deux navires en bois de cinq niveaux, parfaitement symétriques et parallèles, ont jeté l'ancre dans le parc Rigot. Il s'agit d'un centre d'hébergement collectif pour migrant-e-s situé, tel un clin d'œil, à deux pas du Haut Commissariat des Nations unies pour les réfugiés (HCR). Le projet provisoire, conçu et réalisé par le bureau acan architecture (Carouge) avec Thomas Jundt Ingénieurs civils (Carouge), s'inscrit dans une mesure d'urgence. Il offre un toit à près de 400 personnes avec un accueil décent et qualitatif, condition première pour favoriser une intégration réussie. Il se veut un havre de paix pour des populations extrêmement fragilisées par la migration forcée. Il met également en lumière l'esprit solidaire de la Suisse et la tradition humanitaire de Genève.

D'abord envisagé en métal, il s'est transformé, sous l'impulsion décisive des architectes auprès du maître d'ouvrage, en un navire modulaire préfabriqué tout en bois (à l'exception des plateaux préfa-

briqués des coursives), limitant ainsi son impact environnemental. Sa structure modulaire permet aux espaces intérieurs de s'adapter rapidement aux besoins. Le caractère du bâtiment, déterminé par le bois naturel, réagit et dialogue avec son contexte proche, le parc Rigot. Il véhicule également une image positive et chaleureuse à laquelle les habitant-e-s peuvent s'identifier.

La base du projet est de concevoir une structure provisoire et modulaire alliant simplicité et souplesse afin de répondre à l'extrême hétérogénéité des migrant-e-s, autant culturelle, religieuse que générationnelle. Il s'agit de permettre aux résident-e-s, quelle que soit leur origine, de s'approprier aisément ces espaces de leur nouvelle vie en garantissant à chacun-e une intimité indispensable après des parcours si difficiles et mouvementés. La conception permet de proposer aux usager-ère-s des typologies de logements susceptibles d'évoluer facilement pour répondre à la versatilité de la demande —

le taux de rotation des familles étant élevé. Grâce à un jeu de portes coupe-feu et d'éléments mobiles, le système modulaire permet de convertir les cuisines en chambres et de faire varier les appartements de 2, 3 à 4 pièces.

Le projet valorise la filière du bois locale. La ressource de bois de construction issu des forêts genevoises a été imposée dès l'appel d'offre. Une étroite collaboration avec des forestiers et des scieurs de Genève s'est nouée aux prémices du projet. Un important stock de chêne disponible dans le canton a été proposé pour la réalisation du centre d'hébergement. Un calibrage des éléments de construction minimisant les chutes a été défini. De ce fait, l'entier des façades a été composé et réalisé à partir de la fourniture de planches brutes de sciage d'une dimension unique (30 x 140 cm). L'ensemble a été réalisé sur des fondations en bois, sans noyau vertical rigide. Au niveau statique, deux principes régissent le tout: la superposition des

parois en BLC de chaque module permet la reprise des efforts verticaux et l'assemblage en façade de grands cadres rigides en mélèze garantit la reprise des efforts horizontaux tout en donnant un caractère d'ensemble.

Les modules ont été conçus par préfabrication 3D, intégrant d'emblée les notions de transport, de mise en œuvre et de démontage-remontage. Chaque élément acheminé sur le site possédait déjà en son sein toute la technique nécessaire (réseau eau-chauffage-électricité). L'assemblage des modules s'est fait de manière simple grâce à des éléments boulonnés, permettant de monter l'ensemble en six mois. Tout comme le Pavillon de la danse, ce projet sera déplacé dans un délai de dix ans. Le site sera ensuite restitué au parc Rigot. Dans cette perspective, les fondations ont été entièrement conçues en bois pour être réutilisées dans leur prochain port d'attache. La modularité des appartements, la possibilité de les compartimenter, tout en répondant aux exigences

de sécurité incendie et d'acoustique permet d'envisager une autre vie, un autre programme à l'ensemble (logements pour étudiant-e-s, hôtellerie, etc.). L'histoire ne fait donc que commencer. Ces deux objets singuliers, conçus dès les premières esquisses et réflexions sur le thème de la construction en bois et de la modularité issue de la préfabrication, s'inscrivent également dans la valorisation de la ressource forestière locale ou nationale dont ils témoignent. Ils ont un point commun: pouvoir être reconstruits ailleurs. Dans cinq à dix ans, quand ils rallieront une nouvelle destination, le moment sera venu de juger si les traces laissées sur le site qui leur a été affecté, les principes de démontage et remontage, de réversibilité, d'efficacité et de pérennité conforteront ou non la légitimité de ces ouvrages.

ENTRETIEN AVEC YVES WEINAND



YVES WEINAND
ARCHITECTE ET
INGÉNIEUR CIVIL,
PROFESSEUR À
L'EPFL, DIRECTEUR
DU LABORATOIRE
IBOIS, EPFL
ENTRETIEN
RÉALISÉ POUR
INTERFACE
LE 3 MAI 2021

PhM Vous dirigez le laboratoire des Constructions en bois à l'EPFL, l'IBOIS, et, à ce titre, portez un regard affûté sur la transition énergétique. Dans quelle mesure le secteur de la construction prend-il en compte les enjeux de la durabilité ?

YW Le secteur de la construction s'inscrit dans une logique d'économies (moyens logistiques et financiers, matériaux...) et de profits, à laquelle la durabilité se heurte souvent. Je pense que la transition énergétique dans le bâtiment doit passer par une remise en question des modes de pensée et de conception. Nous sommes aujourd'hui capables de construire de grands édifices avec des matériaux locaux. Les infrastructures nécessaires à la mise en œuvre (machines, grues, échafaudages, etc.) engendrent des coûts importants, usuellement amortis par une marge financière calculée en amont. Il faut repenser ce processus pour que les véritables coûts de fabrication de la matière première, qui ont un impact considérable sur la planète, soient pris en considération. Le bois est l'une des pistes pertinentes pour repenser la construction. De nos jours, beaucoup tentent d'insérer le bois et ses produits dérivés dans la grande matrice logistique des entreprises générales. Je crois qu'il conviendrait inversement d'ajuster le processus de production au matériau.

RN Comment inciter à utiliser davantage le bois, matière qui est à la fois renouvelable et qui absorbe le dioxyde de carbone ?

YW L'incitation ne pourra venir que des clients. Une hausse de la demande est nécessaire pour que l'offre s'adapte. Les maîtres d'ouvrage devront accepter de payer un peu plus cher durant la phase de transition vers une économie circulaire. Ces préoccupations peinent à émerger dans le secteur de la construction alors que la nourriture locale et bio est de plus en plus plébiscitée par les consommateurs dans l'industrie alimentaire. À l'IBOIS, nous recevons régulièrement de grands acteurs de la construction pour les aider à s'orienter vers une approche durable réelle et, ainsi, prévenir le *greenwashing*. Certaines entreprises prennent conscience que les ressources ne sont pas infinies dans les conditions économiques et concurrentielles du marché. Cela confirme la nécessité de devoir changer, même si elles n'ont pas explicitement vocation à être « durables », du moins pour rester économiquement viables.

PhM Les arbres de la planète seront-ils capables de résoudre l'équation complexe qui consiste à en replanter davantage pour absorber le CO₂ et, dans le même temps, à être utilisés pour la construction ?

YW Grâce à une gestion rigoureuse des forêts en Europe, nous possédons aujourd'hui bien plus de bois qu'il y a 20 ou 30 ans. Pour maintenir, voire augmenter cette ressource, il faut planter davantage d'arbres que l'on en coupe. Autrement dit, la sylviculture doit anticiper les besoins des générations futures. En France, les pouvoirs publics exigent que les bâtiments financés par l'argent public comportent un minimum de 10% de bois provenant de

l'Hexagone. Ils ne sont toutefois pas certains de pouvoir logistiquement respecter ce seuil par manque d'anticipation.

RN Comment se passe le cycle de la plantation à la production d'un arbre dans nos régions ? Quelles essences d'arbres devons-nous privilégier ?

YW De la plantation à l'exploitation, il faut compter une trentaine d'années pour les résineux. Ces essences indigènes à la croissance rapide fournissent l'essentiel du bois de construction. La croissance plus lente des feuillus comme le chêne, par exemple, demande jusqu'à 100 ans. On comprend ainsi l'importance de l'anticipation et de l'impact de notre gestion des forêts pour les générations à venir. Dans une forêt, les différentes essences se complètent et assurent un écosystème, en plus d'offrir une diversité intéressante pour l'exploitation. En favorisant la plantation de forêts biodiversifiées par rapport à la monoculture, on limite aussi la vulnérabilité des arbres face à certaines maladies endémiques, ou encore aux événements climatiques.

PhM Des données effrayantes relatives à la déforestation circulent. Disposons-nous de suffisamment de forêts pour faire face à l'utilisation croissante du bois dans la construction ?

YW À mes yeux, l'enjeu est de consommer local. L'exigence du bois indigène devrait être la règle pour les marchés publics. D'autant que le bois suisse est capable de répondre à la demande croissante issue de la construction. La Suisse exporte aujourd'hui près de 80% de son bois, principalement à destination de la Chine qui a raté le virage entre l'exploitation et la plantation. L'autre point essentiel est de réserver le bois issu de nos forêts à la construction. Actuellement, de très beaux bois sont destinés à devenir de simples pellets ou panneaux en aggloméré...

RN Alors que les collectivités publiques s'interrogent sur les moyens de réduire les impacts environnementaux de la construction, votre laboratoire se consacre à des projets pilotes. Pouvez-vous nous en décrire brièvement les contours et les objectifs ?

YW L'IBOIS s'inscrit dans la tradition des instituts polytechniques avec une approche interdisciplinaire liant analyse mécanique, exploration géométrique, architecture et conception digitales, modélisation paramétrique et fabrication automatisée. Il est désormais indispensable que les disciplines dites « dures » s'ouvrent aux enjeux architecturaux actuels. Le secteur du bois étant le premier à s'être équipé de moyens de production automatisée, nous possédons des outils pour repenser la construction en

bois. En concentrant nos recherches sur les connecteurs bois/bois, nous avons pu réaliser plusieurs transferts technologiques pour la mise en œuvre de structures novatrices.

PhM Comment faire face à une hausse massive de la demande ?

YW Sur le marché, des solutions traditionnelles (solivage, structures poteaux-poutres) côtoient des éléments constructifs préfabriqués (dalles, murs) souvent assez coûteux et peu adaptés à la déconstruction et au recyclage. L'IBOIS a mené des recherches pour la production de dalles orthotropes standardisées en OSB. Celles-ci sont très économiques et s'emboîtent grâce à des connexions prédéfinies lors de la découpe numérique. L'OSB est peu coûteux mais il est déprécié par les ingénieurs en raison de la difficulté d'y associer des connecteurs mécaniques efficaces. Nos recherches sur le bois rond visent à utiliser au maximum le bois d'exploitation, dont une trop grande partie est aujourd'hui jetée car jugée « inutilisable ». C'est en confrontant innovation, économie des matériaux et de mise en œuvre et contraintes de construction que l'on pourra offrir des solutions valables pour la production à grande échelle.

RN Un enjeu récurrent, lié à une utilisation plus importante du bois dans la construction, concerne l'adaptation des normes à ce matériau.

YW Construire en bois implique une simplification et donc de réduire les exigences concernant l'étanchéité à l'air, le confort thermique et phonique, etc. Une dalle en bois massif est efficace, mais moins performante qu'une dalle composite préfabriquée, laquelle est plus difficile à recycler parce que conçue en multicouches. La réévaluation des normes est importante, mais doit être préalablement débattue par la société civile.

PhM Les portées structurelles du bois semblent guère limitées et rivalisent avec celles de l'acier ou du béton armé. Quelles conclusions peut-on en tirer ?

YW En plus d'être un produit durable et renouvelable, le bois stocke le carbone et possède des qualités statiques très intéressantes. Aujourd'hui, les coûts de construction devraient impérativement être liés aux coûts énergétiques de production et de déconstruction — la fameuse énergie grise. Certes, le transport pèse lourd dans le bilan carbone, mais la manufacture des matériaux aussi. Celle-ci n'est pas suffisamment prise en considération alors qu'elle représente environ 11% des émissions à l'échelle mondiale. S'il semble difficile d'imaginer remplacer le béton, les récents progrès techniques et technologiques permettent pourtant d'envisager des structures entièrement en bois et des chantiers automatisés: un pas important vers la transition énergétique.

1. L'appellation anglophone OSB signifiant *oriented strand board* désigne un panneau en plusieurs couches principalement constitué de copeaux de bois, orientés dans des directions spécifiques, liés sous pression et à chaud par une résine.



BRÈVES

AGA

ASSOCIATION GENEVOISE D'ARCHITECTES

COMMISSION PARITAIRE DES ARCHITECTES DE GENÈVE ET CONVENTION COLLECTIVE DE TRAVAIL

L'AGA défend la profession d'architecte dans notre canton dans un souci d'intérêt général. Outre son implication dans la formation, qu'elle soit duale, académique ou continue, elle collabore activement avec les autorités exécutives et législatives, participe aux débats professionnels et politiques, soutient et organise des manifestations culturelles qui traitent de la qualité architecturale.

Unique syndicat patronal genevois des architectes, l'AGA regroupe la majorité des employeur-euses du canton, tout comme celle des salariées. À ce titre, elle représente la profession auprès des acteur-trices concernées (autorités, syndicats des employé-es, organisations professionnelles, etc.), en siégeant notamment dans la Commission paritaire des architectes de Genève (CPAG). L'association y défend le respect et l'extension de la convention collective de travail (CCT) afin d'assurer des règles générales équitables dans les conditions contractuelles de travail. Elle soutient la qualité et la valorisation des prestations d'architecte et garantit les compétences professionnelles requises par les exigences et les responsabilités croissantes auxquelles sont soumises la profession. Son engagement constant est au bénéfice des générations futures.

CENTENAIRE DE L'AGA

Les festivités liées au centenaire de l'AGA en 2022 seront l'occasion de notamment publier un ouvrage retraçant son histoire. Conçu en trois volets — hier, aujourd'hui et demain —, le livre rédigé par Armand Brulhart fait la part belle au rôle que l'association a joué et continue de jouer dans le canton au travers des réalisations de ses membres et des multiples actions qu'elle a entreprises, que ce soit pour la qualité du logement, le développement des concours, ou encore la place de la profession dans une société en constante mutation. L'ouvrage s'attachera aussi à donner la parole aux plus jeunes de ses membres

en leur adressant deux questions: quelle reconnaissance est aujourd'hui accordée à la profession d'architecte? Quels sont les défis à relever dans un avenir proche?

AGG

ASSOCIATION GENEVOISE DES GÉOMÈTRES

COMMISSION VISIBILITÉ

Le grand public ne connaît pas nécessairement le métier de géomètre, tout comme les client-es issu-es du domaine public comme privé ignorent l'ensemble des prestations proposées par la profession. Pour valoriser celle-ci, notamment auprès des jeunes, un groupe de travail AGG a été créé à la fin 2018: la Commission visibilité. Cette dernière allie l'expérience et les idées des membres de l'association aux perspectives des nouveau-elles ingénieur-es salarié-es des bureaux. Après deux ans de réflexion, plusieurs objectifs ont été atteints dont le plus visible est un nouveau site web (www.geometres.ch), lequel sera d'ailleurs prochainement complété par un formulaire simplifié d'appel d'offre.

Le deuxième objectif, qui a nécessité un important travail de fond de la commission, est la lettre d'engagement des membres sur laquelle figure désormais le pictogramme «Label AGG». Cet engagement rappelle que certaines missions du géomètre — les plans pour autorisations de construire, les travaux fonciers et les cadastrations par exemple — sont régies par des ordonnances fédérales sur la mensuration officielle. D'autres — les relevés 3D, la technologie BIM et la géomatique au sens large — sont en revanche ouvertes à la concurrence, parfois même internationale. Quelle que soit la prestation fournie, une ingénieure géomètre officielle membre de l'AGG doit s'engager à respecter les valeurs suivantes: la qualité, la fiabilité, la formation et l'éthique professionnelle.



AGI

ASSOCIATION GENEVOISE DES INGÉNIEURS

RÉVISION DE LA LOI FÉDÉRALE SUR LES MARCHÉS PUBLICS (LMP)

La révision de la LMP est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2021. Elle met l'accent sur la notion de qualité pour l'attribution des prestations d'architectes et d'ingénieur-es. Ce changement de paradigme s'appuie sur deux principes fondamentaux: la qualité prime sur le prix et le développement durable fait partie intégrante des critères d'adjudication d'un marché de prestations. Cette révision entend inciter à des achats durables. Précédemment, l'incapacité de considérer d'autres critères que le prix péjorait la qualité des ouvrages construits, en particulier lors de la phase d'études.

Le travail des architectes et des ingénieure-s influe directement sur la qualité et la durabilité de l'ouvrage construit à travers les concepts et les matériaux choisis. Un projet basé sur un savoir-faire local et de haut niveau répond parfaitement aux attentes de qualité et de coût final de l'objet réalisé. La sélection des mandataires architectes et ingénieur-es est donc cruciale et mérite toute l'attention requise afin d'atteindre les objectifs de qualité et de durabilité si chers à la Suisse.

Ainsi, l'AGI a constitué un groupe d'expert-es pour accompagner les maîtres d'ouvrage à travers l'élaboration et le suivi des procédures d'attribution des prestations dans le contexte des marchés publics. Ces expert-es ont été formé-es pour pouvoir choisir les procédures adéquates, proposer des critères d'adjudication et effectuer des «achats durables» répondant aux attentes des maîtres d'ouvrage. À la disposition des pouvoirs adjudicateurs publics et privés pour les conseiller et les assister dans les procédures de mise en concurrence, ces professionnel-le-s peuvent également intégrer des jurys afin d'assurer un accompagnement dans l'analyse des offres. La liste des expert-es pour les appels d'offres est téléchargeable sur le site internet de l'AGI: agi-geneve.ch/documents.

L'AGI se réjouit des perspectives offertes par la révision de la loi fédérale sur les marchés publics. Celle-ci replace en effet le label suisse (savoir-faire, qualité, innovation technique et développement durable) au cœur du projet en servant l'intérêt de tous et de toutes.

FAI

COMMISSION AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET URBANISME



LES INFRASTRUCTURES À L'AUNE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE: UN ART DE LA TRANSFORMATION

La pandémie a rendu davantage perceptible la question des moyens de faire face à la crise environnementale. Mais la COVID-19 n'est qu'un élément parmi d'autres lié au dérèglement climatique et à ses conséquences démographiques, économiques et sanitaires. Avec le ralentissement de certains secteurs de l'économie et de la mobilité (le trafic aérien par exemple), la qualité de l'air s'est spectaculairement améliorée, tandis que la pollution sonore a drastiquement baissé comme si le Coronavirus avait été le détonateur de certaines prises de conscience. S'agissant des infrastructures, de nombreuses voix formulent, depuis juin 2020, des critiques et de nouvelles exigences sur les projets en cours. Malgré le plébiscite en 2016 d'une nouvelle loi (LMCE) visant à rééquilibrer les différentes mobilités, les projets ont été contestés après plusieurs années d'élaboration (L1 et L2). C'est dans ce contexte que le conseiller d'État en charge du Département des infrastructures (DI) a répondu favorablement à la proposition de la Commission d'aménagement et d'urbanisme de la FAI de mettre conjointement sur pied un groupe de réflexion. Ce dernier s'est réuni à plusieurs reprises pour échanger sur la gouvernance des projets à l'aune des enjeux territoriaux du canton, sur la qualité de vie, la réduction de l'empreinte carbone, le bruit, la pollution et les îlots de chaleur.

L'un des premiers constats a été que les voies cantonales, encore trop souvent dévolues à la circulation automobile, n'accordent qu'une place subsidiaire aux mobilités douces, aux transports publics, à la vie locale ou au contexte. Car

«dans la dimension territoriale, il y a la part de l'infrastructure, tout ce qui est routes, ponts, canaux, égouts, câblage... et celle des territoires. L'infrastructure n'est pas un mal en soi, on l'utilise tous et toutes, mais il faut considérer le territoire sur lequel elle s'inscrit comme un bien précieux et reconquérir les territoires qui ont été saccagés par ceux-là même qui, aujourd'hui, normalisent la verdure!». Dans le cas genevois, plusieurs pistes ont été discutées par le groupe de réflexion pour renforcer les liens entre infrastructures et territoires:

1. La dépendance du canton de Genève à son territoire transfrontalier doit s'appuyer sur le réaménagement des voies cantonales pour créer des alternatives et encourager les mobilités bas carbone avec des pistes paysagères pour les vélos et les bus. Il s'agit d'intensifier les efforts pour encourager le basculement vers un report modal transfrontalier.
2. La dimension publique ou collective des voies cantonales doit être valorisée afin de favoriser une interaction saine entre les habitant-es et la mobilité. Au lieu d'être des obstacles, le travail d'insertion des voiries doit être poursuivi dans un système de maillage avec des continuités de réseaux verts et bleus qui encouragent la perméabilité, la réduction du réchauffement climatique, tout comme l'absorption du carbone et la création de biodiversité.
3. L'ensemble du réseau structurant interurbain doit être adapté pour concilier vie locale et déplacements. Dans le canton de Berne, de nombreux aménagements pour la traversée des localités, telle la Schwarzenburgerstrasse à Köniz, montrent qu'en diminuant la vitesse des véhicules on gagne en fluidité, en diminution de pollution et de bruit au profit d'un usage plus diversifié et apaisé de l'espace public. La stratégie de vitesse proposée à la mi-avril par le DI et mise en consultation va d'ailleurs dans ce sens.

Dans la culture de l'ingénieure, la solution idéale est applicable en tout lieu. Comme le rappelait dans *Le Monde*, il y a plus de dix ans, l'ingénieur et architecte Marc Mimram: «là est la grande rupture entre l'ingénieur et l'architecte. Certains ouvrages peuvent avoir des écritures qui se ressemblent, mais la solution doit rester spécifique car elle vient d'une lecture faite à une autre échelle, celle de la lecture du paysage». Or, la prise en compte de la spécificité du territoire requiert une culture du projet qui doit associer un groupe pluridisciplinaire à l'administration. Pour initier ce changement de méthode, la proposition retenue à l'issue de la première réunion du

groupe de réflexion en mars 2021 vise à initier des projets pilotes et des tests de planification permettant de débattre à partir de visions différentes. Le caractère novateur de cette démarche est salué

1. MIMRAM Marc (propos recueillis par Frédéric Edelmann), «Le territoire est un bien précieux», *Le Monde*, 4 août 2009, publié sur lemonde.fr [consulté le 5 mars 2021].
1. MIMRAM Marc (propos recueillis par Carole Fouque et Philippe Cieren), «Une architecture de raisons, un art de la transformation», *Pierre d'Angle*, avril 2016, publié sur anabrf.fr [consulté le 5 mars 2021].

FAI

FÉDÉRATION DES ASSOCIATIONS D'ARCHITECTES ET D'INGÉNIEURS DE GENÈVE

LEVÉE DU MORATOIRE EN ZONE 5

Le 19 janvier 2021, à la suite d'une collaboration étroite entre l'Office de l'urbanisme (OU) et l'Office des autorisations de construire (OAC), l'État de Genève a finalisé une concertation de plus d'une année sur la question de la densité en cinquième zone de construction, dite «zone villas». La FAI a participé activement aux nombreuses séances de travail organisées par les services concernés, tout en créant son propre groupe de réflexion. Ce dernier restera attentif aux effets de la nouvelle directive: ge.ch/document/fin-du-gel-zone-villa-nouvelles-exigences-preserver-qualite-zone-villa

FAI FORMATION GENÈVE

TEST D'APTITUDE POUR LES FUTUR-E-S APPRENTI-E-S EN SYSTÈME DUAL

En mars dernier, treize jeunes à la recherche d'un bureau formateur ont suivi un atelier sur le métier de dessinateur-trice, CFC option architecture et génie civil, à la Fédération des Entreprises Romandes. La FAI Formation Genève leur a proposé des exercices de maquette, de dessin et de logique. Une attestation leur a été ensuite remise validant la demi-journée qu'ils et elles ont passée avec trois membres de la Commission écoles et formation (CEF). Les bureaux à la recherche d'apprenti-es sont encouragés à les recevoir pour un entretien; les membres de la CEF se tiennent à leur disposition pour tout renseignement.

COURS INTERENTREPRISES, AXE DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE

Sous l'égide de la FAI Formation Genève, dix enseignants en architecture et génie civil ont donné des cours de construction en situation de chantier lors de l'année académique 2020—2021. Ces derniers complètent la formation des apprenti-es en système dual. L'association dispense actuellement environ cent jours d'enseignement aux métiers de l'architecture et du génie civil, répartis sur les quatre années de formation duale. À noter que la FAI Formation est à la recherche de chantiers en cours pour y former des apprenti-es.

RÉVISION DE L'ORDONNANCE FÉDÉRALE SUR LA FORMATION PROFESSIONNELLE

Dix ans après l'entrée en vigueur de l'ordonnance de 2009, les institutions de formation ont été consultées pour l'analyser et la faire évoluer. Différentes acteur-trices de la formation professionnelle se sont réunies lors d'ateliers pour échanger sur des thèmes tels que la numérisation du dessin, l'évolution du marché, l'énergie et l'environnement. Un profil de qualification a été récemment soumis aux bureaux formateurs pour offrir un nouveau projet de plan de formation. Un groupe de travail Romandie-Tessin participera cette année à son élaboration. Ce nouveau plan de formation sera à son tour soumis aux bureaux formateurs. La première volée est attendue pour 2024. La CEF a constitué un groupe de travail pour faire partie du processus décisionnel.

FAS GE

FÉDÉRATION DES ARCHITECTES SUISSES

PUBLICATIONS

Au cours de ces derniers mois, l'attention de l'association s'est portée sur deux projets éditoriaux: les *Ensembles d'écrits* sous forme d'un tiré à part joint à *Interface* — publication regroupant douze textes rédigés par des membres de la FAS sous la direction de Jean-Paul Jaccoud et Daniel Zamarbidé — et la documentation des *Ensembles urbains Genève* avec la publication de trois nouveaux cahiers (voir page 30). Le

catalogue grandissant des cahiers des «Ensembles urbains Genève» de la FAS enrichit un champ référentiel propre à la ville et offre matière à réinterpréter, inspirer et débattre.

PRIX FAS MASTER DE L'EPFL 2021

Pour la première fois, le Prix FAS Master de l'EPFL 2021 a été attribué conjointement par les sections FAS Genève et FAS Romandie. Il a été remis à David Hoffert et Alexandre Tiarri pour leur projet «Mise en œuvre d'une préfabrication esthétique et durable» qui propose une rénovation et une extension de la station fédérale de recherche agronomique de Heidi et Peter Wenger — bâtiment iconique de la préfabrication en béton des années 1970.

SIA

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES, SECTION GENÈVE

JOURNÉES SIA 2021

Plusieurs fois repoussée en raison du contexte sanitaire, la onzième édition des Journées SIA de l'architecture et de l'ingénierie contemporaine aura lieu du vendredi 24 au dimanche 26 septembre 2021. Une fois de plus, les professionnel-le-s de la construction donneront accès à leurs réalisations le temps d'un week-end. La manifestation est gratuite et ouverte à tous et à toutes sur inscription.

Après plusieurs éditions s'étant déroulées dans toute la Suisse, les Journées SIA redeviennent romandes en 2021. Pour l'occasion, un comité composé des représentant-es de chaque section s'est constitué en début d'année. Coordonnée par le secrétariat de la SIA Vaud, cette édition promet de belles découvertes et d'intéressantes promenades architecturales, du Valais à Neuchâtel en passant par Genève, Fribourg, le Jura et le canton de Vaud.

Tous les deux ans, les Journées SIA offrent l'opportunité de découvrir des lieux généralement inaccessibles. De la villa individuelle aux coopératives d'habitation, de la place villageoise à l'ouvrage d'art, des rénovations et extensions aux constructions neuves... la variété des objets présentés est considérable. En tant qu'exposition majeure de la scène architecturale et de l'ingénierie suisse, la manifestation

permet de découvrir, à travers des visites *in situ*, une palette de la production actuelle, d'appréhender les enjeux du développement urbain et de comprendre le rôle des professionnel·les de la construction dans l'amélioration du cadre de vie.

ARCHIPELAGO — ARCHITECTURES FOR THE MULTIVERSE

Du 6 au 8 mai 2021, Archipelago a été la première édition d'un ambitieux festival international dédié à l'architecture contemporaine. Rassemblant trois volets disciplinaires — architecture, architecture d'intérieur et architecture du paysage —, il a été organisé par la HEAD — Genève et l'HEPIA. Dans une approche intergénérationnelle, la manifestation a réuni des chercheuses et des praticien·nes à la pointe de leur discipline et des étudiant·es du monde entier. Trois jours durant, à travers différents formats (conversation, table ronde, promenade participative, soirée cinéma), il s'agissait de multiplier les perspectives autour de la recherche en architecture contemporaine. Pour la SIA, le maintien d'un lien fort entre enseignant·es et étudiant·es est fondamental. L'association cherche en permanence des collaborations avec les personnes en formation. Dans le cadre du festival Archipelago, le groupe professionnel des architectes de la SIA Genève (GPA), allié au collectif urbz, a animé un atelier entre étudiant·es, architectes de la SIA, architectes d'intérieur, paysagistes et représentant·es de la Ville de Genève. L'espace d'une journée, les participant·es ont abordé le thème de la ville de demain, notamment le parcours urbain quotidien. L'atelier a créé les conditions d'un échange pluridisciplinaire entre étudiant·es et professionnel·es. L'ensemble des rencontres a été filmé et est disponible en ligne.

LIRE

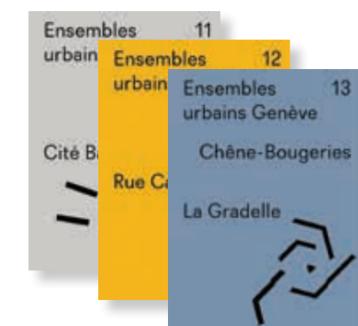
MANIFESTE POUR UNE RÉVOLUTION TERRITORIALE



À travers deux chapitres de constats précis et d'analyses critiques du territoire actuel ainsi qu'une conclusion contenant des propositions engagées, Laurent Guidetti se détermine sur les quelques options qu'il reste si l'on veut surmonter la crise en cours. Un petit livre, entre rigueur scientifique et écriture pamphlétaire, dont le propos est à la portée de tous et de toutes, en dépit des incertitudes que l'auteur résume bien dans sa préface: « Nous choisissons d'accepter ces paradoxes et invitons le lecteur à en faire de même. Ce sera toujours mieux que l'inaction. »

Laurent Guidetti, *Manifeste pour une révolution territoriale*, Zurich, espazium, 2021.

ENSEMBLES URBAINS GENÈVE



Les trois nouveaux volumes de la collection de la FAS Genève sont: *Cité Balaxert, Vernier* par Andrea Bassi, *Rue Caroline, Acacias* par Jan Perneger et *La Gradelle, Chêne-Bougeries* par Pascal Tanari. Il s'agit d'exemples importants issus de périodes clés du développement de Genève au siècle passé. Les solutions apportées par ces projets à leur contexte historique, social et architectural restent d'une grande pertinence contemporaine. Leur documentation précise et systématique devrait contribuer à mieux les faire connaître.

Les ouvrages peuvent être commandés aux éditions InFolio (infofolio.ch) ou à fase.u@bonnet-architectes.ch au prix de CHF 29.- l'unité.

Cahier n°11: Andrea Bassi, *Cité Balaxert, Vernier*.
Cahier n°12: Jan Perneger, *Rue Caroline, Acacias*.
Cahier n°13: Pascal Tanari, *La Gradelle, Chêne-Bougeries*, InFolio, 2020.

VOIR

PRIX WAKKER 2021

La commune vaudoise de Prangins a été distinguée par le Prix Wakker 2021. Patrimoine suisse a souhaité récompenser une politique d'aménagement du territoire exemplaire qui a su préserver les qualités patrimoniales et paysagères exceptionnelles du village limitrophe de Nyon, malgré la forte pression foncière pesant sur La Côte.

Trois raisons motivent ce choix:

- la vision prospective claire traduite dans le plan directeur communal développé sous la houlette de Bruno Marchand;
- la revitalisation du centre avec des rénovations et des constructions remarquables par leur programmation et leur qualité architecturale, résolument inscrites dans la contemporanéité;
- la persévérance politique peu commune, tout comme l'intelligence de s'entourer d'expert·es et de gérer des projets exigeants.

À l'occasion du Prix Wakker 2021, une visite guidée spécifique est proposée, sur inscription, au départ du Château de Prangins — Musée national suisse (madeleine.wuethrich@museenational.ch), tout comme une visite s'adressant aux professionnel·les est organisée par le Service de l'urbanisme de la commune (urbanisme@prangins.ch). Par ailleurs, des festivités auront lieu le week-end du 26 au 27 juin.

LE SENTIMENT DE LA VILLE



Jean-Marc Meunier, *Le Sentiment de la ville*, 1996-1998, série de 150 photographies couleur réalisées pour le Fonds pour la photographie de la Ville de Genève — Bibliothèque de Genève

La ville est au centre du travail de Jean-Marc Meunier (1958-2020). Cerner ce qui compose son caractère est l'idée qui guide le photographe. Par des séries de prises de vue, il en dresse un portrait multiple, principalement à travers Genève où il a résidé. Consacrer une exposition à son œuvre à la Maison Tavel, musée d'histoire urbaine et de la vie quotidienne à Genève, prend dès lors tout son sens. Le style documentaire de sa démarche, sans effet ni discours, explore ce qu'il y a de moins spectaculaire dans le tissu urbain: des non-lieux, temporairement désaffectés — à l'abandon, en friche ou en chantier. Pour le photographe, ce sont paradoxalement ces vides qui suggèrent le plus fortement le *Sentiment de la ville*.

L'exposition sera présentée dans le cadre de NOPHOTO, biennale genevoise consacrée à la photographie, du 25 septembre au 10 octobre 2021 (avec une prolongation jusqu'au 9 janvier 2022).

FOCUS

Début mai 2021 s'achevait *Le Concours Suisse* au pavillon Sicli. Cette exposition richement documentée, fruit de collaborations pilotées par une association romande¹, sera présentée au Brésil, puis en Europe. Comme on entend et on a souvent entendu des critiques sur ce mode de passation de marchés — sur le fait qu'il serait coûteux (pour qui?), long et fastidieux (pourquoi?) ou qu'il ne profiterait qu'à une minorité (comment?) — rappelons-en ici l'historique et le bien-fondé.

Édictées par la Société suisse des ingénieurs et des architectes dès 1877, les règles du concours suisse d'architecture et/ou d'ingénierie sont au centre de l'attribution équitable et qualitative des marchés publics et privés du monde de la construction. Ce n'est pourtant qu'au milieu des années 1990 que la Berne fédérale signe le fameux accord du GATT et adopte, en parallèle, la loi sur les marchés publics (LMP), plus connue sous l'acronyme AIMP (Accord intercantonal sur les marchés publics)². Si tous les cantons ne l'ont pas immédiatement appliquée — le temps d'établir les règlements des marchés publics locaux (RMP), les milieux professionnels genevois, eux, n'ont pas tardé en créant la Commission des concours et des appels d'offres (CCAO), dès 1998. N'ayant cessé d'œuvrer pour l'organisation des concours d'architecture, celle-ci a fait de Genève le canton qui compte aujourd'hui le plus grand nombre de concours publics et privés.

Au sein de la concurrence saine et loyale que représente le concours suisse, l'ensemble des participant·es s'engage pour le bien public en « offrant » matière à réflexion et orientations sur l'objet à construire. Que celui ou celle qui n'a jamais participé à un jury de concours mesure la portée des solutions soumises à tout maître d'ouvrage. En effet, la sélection d'un projet peut se faire parmi des

UNE CULTURE DU BÂTI



Pavillon Sicli, Genève © federal-studio.com

dizaines, dont la force de proposition, la comparaison et l'analyse détaillée permettent de consolider le choix du lauréat ou de la lauréate: une autre forme de ce que l'on nomme aujourd'hui *l'intelligence collective*. Ce savoir permet également un gain de temps dans le développement du projet et, souvent, dans les procédures administratives.

Ce serait « toujours les mêmes qui gagnent », geignent certain·es, aigri·es, relayé·es par quelques plumes peu au fait de la réalité. Le concours est une discipline en soi, au cœur de l'architecture et de l'ingénierie. Il nécessite un engagement qu'aucune autre profession ne requiert pour obtenir un mandat public et, souvent, sans succès: la moyenne est d'un concours remporté sur dix participations pour les bureaux les plus aguerris. À l'image des sportif·ves ou des artistes, cette pratique demande de la persévérance, de l'abnégation et une forte résilience face à l'échec. Mais le concours est avant tout le moyen d'attribuer des mandats sur la base de compétences, tout en participant à la construction de la culture du bâti qui a été ratifiée, il y a peu, par la Déclaration de Davos.

En ces temps agités où saisir les enjeux de la complexité du territoire est difficile, il faut préserver et mettre en avant cette procédure. Elle a le mérite d'être la plus

juste possible car elle s'appuie sur la notion de projet qui fait tant défaut à nos sociétés actuelles. Dans la majeure partie des cas, elle supplante par son équité toute autre forme de passation des marchés, permet à de jeunes bureaux d'être révélés et marque un progrès historique. Pour s'en convaincre, il faut écouter le professeur Vincent Mangeat dans une émission valaisanne datant de 1990 qui était rediffusée au Pavillon Sicli. Il y rappelle l'avancée que représente le concours SIA par rapport à la période du « copinage de bistrot » ou des « renvois d'ascenseurs » issus des cercles d'influence des partis politiques ou des clubs privés. « C'était de la commande de complaisance³! » s'offusque-t-il.

CONSEIL DE LA FAI, JUIN 2021

1. Le projet d'exposition a été initié par l'association Le Concours Suisse.
2. L'accord général sur les tarifs douaniers et le commerce (GATT) régit le monde international du libre-échange, l'AIMP, son corollaire, les marchés intérieurs. Le GATT a été ratifié à Berne le 16 décembre 1994 et est rentré en vigueur le 1^{er} janvier 1996; l'AIMP a été établi le 25 novembre 1994 et revu le 15 mars 2001. Voir: fedlex.admin.ch/eli/oc/2003/25/fr [consulté le 17 mai 2021].
3. Marc Biderbost, « Table ronde: histoires de concours, concours d'architecture », *Archives de Canal9, mémoire audiovisuelle des Valaisans*, 19 décembre 1990, publiée en ligne: canal9.ch/archives [consultée le 25 mai 2021]. Dans cette table ronde télévisée, on peut également entendre Ueli Brauen — architecte aujourd'hui reconnu — qui venait de remporter, à la surprise générale, le concours pour l'aménagement paysager des sorties à Sierre de l'autoroute A9.

P.P.
CH — 1211
Genève



fai Fédération des associations
des associations d'architectes
et d'ingénieurs
de Genève CP 5278
1211 Genève 11

Associations constitutives et membres de la FAI:

AGA Association genevoise d'architectes

AGG Association genevoise des géomètres

AGI Association genevoise des ingénieurs

FAS Fédération des architectes suisses, section Genève

SIA Société suisse des ingénieurs et des architectes,
section Genève

Associations, commissions, archives et informations
sur le site de la FAI: fai-ge.ch

Abonnement: interface@fai-ge.ch
