10e ÉDITION DU FORUM ECOPARC

Vers une architecture modulaire ?
Bâtir en systèmes pour une société en transition

TRACÉS dossier | 11.2019

Avant-propos 2
Vers une architecture modulaire ? 3
Emmanuel Rey
Enjeux des évolutions socioculturelles pour l'environnement construit 9
Marie-Paule Thomas
La conception modulaire au service du bâtiment bas carbone ? 12
Thomas Jusselme
La modularité et l'évolutivité : vecteurs d'intégration du développement durable dans la conception architecturale 15
Dimitri Toubanos
Planifier l'instable, reconfiguration territoriale 18
Matthias Armengaud
Pour un habitat ouvert et sur mesure 21
Pascal Gontier
La modularité au service des espaces d'enseignement 24
Raffael Graf et Emmanuel Rey
L'efficacité technique au service de la générosité d'usage 28
Guillaume Pujol
Impressum 32

Forum Ecoparc 2019
Vers une architecture modulaire ?
Bâtir en systèmes pour une société en transition
6 septembre 2019, Microcity, Neuchâtel

Organisation
Association Ecoparc, Neuchâtel, en partenariat avec la plateforme modulart.ch
Comité d'organisation : Prof. Emmanuel Rey, directeur du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL, associé de Bauart Architectes et Urbanistes SA, président du Comité ; Fabien Coquillat, architecte-urbaniste communal de la Ville de Neuchâtel ; Dr Martine Laprise, Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL ; Kimberley Mees, cheffe de projet de l'association Ecoparc ; Kathrin Merz, responsable de la plateforme modulart.ch ; Leila Pamingle, directrice de l'association Ecoparc.

Partenaires du Forum
Partenaires officiels de l'association Ecoparc : Bauart Architectes et Urbanistes SA, Banque cantonale Neuchâteloise, jura cement, Schwab System, Viteos SA.
Soutiens : Sophie und Karl Binding Stiftung, Loterie romande, Groupement des architectes neuchâtelois (gAn), Ville de Neuchâtel, Cleantech Alps, Office fédéral de l'environnement (OFEV) Plan d'action bois, Bois Suisse.
Partenaire académique : Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) de l'EPFL.
Partenaire média : Revue *TRACÉS*.

Conférenciers
Nicole Decker, cheffe de l'Office cantonal du logement à l'État de Neuchâtel | présidente de l'association Ecoparc, Neuchâtel
Kathrin Merz, responsable de la plateforme modulart.ch, Berne
Prof. Emmanuel Rey, directeur du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST), EPFL, Lausanne | Associé, Bauart Architectes et Urbanistes SA, Berne / Neuchâtel / Zurich
Dr Marie-Paule Thomas, sociologue-urbaniste, iConsulting, Lausanne
Prof. Thomas Jusselme, Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR) | Adjoint scientifique, EPFL, Fribourg
Dr Dimitri Toubanos, maître de conférence associé et chercheur associé EVCAU (ENSA Paris-Val de Seine) | Chercheur LIAT (ENSA Paris-Malaquais) | Animateur du Réseau de l'enseignement de la transition écologique en école d'architecture (ENSA ECO)
Fabien Coquillat, architecte-urbaniste communal, Ville de Neuchâtel
Matthias Armengaud, architecte et urbaniste, membre fondateur et codirecteur, AWP agence de reconfiguration territoriale, Paris
Prof. Pascal Gontier, École nationale supérieure d'architecture de Nantes | architecte et fondateur, Atelier Pascal Gontier, Paris
Raffael Graf, Associé, Bauart Architectes et Urbanistes SA, Berne / Neuchâtel / Zurich
Guillaume Pujol, architecte associé, ppa architectures, Toulouse

Les présentations sont téléchargeables depuis le site Internet de l'association Ecoparc : www.ecoparc.ch/forum-19
L'association Ecoparc tient à remercier les conférenciers du Forum pour la rédaction des textes, ainsi que la Revue *TRACÉS* pour la production et la diffusion de la présente publication.

Image de couverture :
Swisswoodhouse à Nebikon (© Ruedi Walti)

Avant-propos

Aujourd'hui, tout le monde parle de développement durable.
La première apparition du concept de durabilité date de 1346, dans l'ordonnance de Brunoy, édictée par le roi de France Philippe VI de Valois pour préserver les ressources forestières.
Ce terme désigne aujourd'hui une configuration de société qui lui permet d'assurer sa pérennité. Les jeunes nous le rappellent lors des manifestations dans les rues. Le développement durable est la seule alternative possible.
Et dans notre pays, la transition démographique va accélérer cette transition écologique. En effet, 30 % des actifs prendront leur retraite dans les 15 prochaines années. L'an prochain, 50 % des actifs en Suisse seront des « Millennials », ces jeunes nés entre 1980 et 2000. Cette nouvelle génération a besoin de sens. Donc, si dans votre entreprise vous regardez un peu plus loin que l'exercice en cours, il est conseillé de vous intéresser à des labels comme EcoEntreprise afin d'être en mesure d'attirer les nouveaux talents qui vont inévitablement vous manquer dans les prochaines années !
En résumé, sous l'angle de la transition écologique, n'oublions pas la transition démographique, ni le vieillissement de la population qui aura aussi beaucoup d'impact sur les nouvelles constructions et rénovations.
C'est dans ce contexte que l'association Ecoparc s'est associée à modulart.ch, spécialiste de la conception en systèmes pour l'édition 2019 de son Forum bisannuel. Les participants ont ainsi pu prendre connaissance des solutions et expériences en réponse aux transitions, qu'elles soient démographiques ou écologiques, comme en témoigne cette publication qui constitue les Actes de la 10e édition du Forum Ecoparc.

Nicole Decker
Présidente de l'association Ecoparc

Vers une architecture modulaire ?

Emmanuel Rey, professeur de projet d'architecture à l'EPFL, directeur du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) et associé du bureau Bauart à Berne, Neuchâtel et Zurich <emmanuel.rey@epfl.ch>

L'observation du bâti montre que ce dernier se renouvelle selon des cycles relativement lents. Sa transformation nécessite souvent des interventions complexes, qui monopolisent d'importantes ressources environnementales et financières. À l'inverse, notre société se caractérise par des évolutions de plus en plus rapides et imprévisibles. Ce double constat encourage l'exploration de nouveaux paradigmes permettant de mieux répondre aux besoins induits par les transitions vers la durabilité. Dans ce contexte, l'architecture modulaire offre une perspective prometteuse, dans la mesure où elle intègre dès les premiers pas du processus de conception les notions d'adaptabilité, de durabilité et de qualité architecturale.

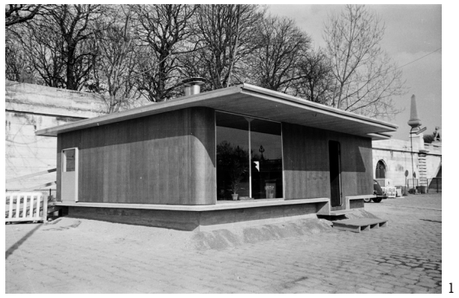
BÂTIR EN SYSTÈMES

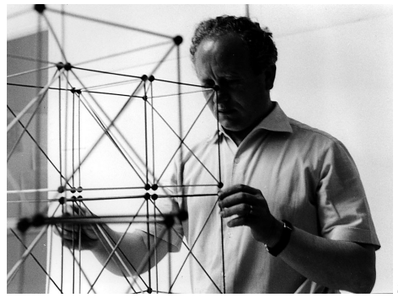
La notion d'architecture modulaire est intimement liée à celle de préfabrication. Elle se distingue par une conception qui repose sur la fabrication de macro-éléments en atelier, ceux-ci étant ensuite transportés, déposés, montés ou empilés sur le site de construction. Caractérisés par un gabarit de coordination standard (en d'autres termes un module), ces macro-éléments peuvent être bidimensionnels ou tridimensionnels, jusqu'à constituer parfois de véritables unités spatiales entièrement équipées. L'art de bâtir nécessite ici de penser en systèmes, ce qui suppose une prise en compte de la manière dont ces systèmes seront construits dès les premiers pas conceptuels du projet.

Les origines de ce type d'approches sont liées à l'essor de l'industrialisation et remontent à la première période du mouvement moderne. Les dessins d'une structure-ossature à plan ouvert pour la maison Dom-Ino, imaginée par Le Corbusier en 1914, incarnent l'émergence de conceptions s'appuyant sur la combinaison d'éléments aux dimensions spécifiques[1]. Les développements typologiques et constructifs menés par Ernst May et son équipe pour la réalisation des 12 000 logements de la Nouvelle-Francfort entre 1925 et 1933 s'inscrivent aussi dans cette dynamique[2]. Il en est de même pour les explorations menées par Walter Gropius en matière de préfabrication. Parmi celles-ci, citons la maison construite avec le système Förster-Kraft pour l'exposition *Das wachsende Haus* à Berlin en 1932[3]. Basée sur des panneaux modulaires d'une hauteur d'étage, réalisés à l'aide de pièces de bois recouvertes de tôles de cuivre embouties, cette habitation expérimentale préfigure les systèmes ultérieurs de construction légère.

Après la Seconde Guerre mondiale, les besoins liés à la reconstruction vont encourager la poursuite de ce genre de démarches. Parmi les travaux marquants de cette époque figurent ceux de Jean Prouvé, qui développe dès les années cinquante des structures temporaires, des maisons industrialisées et des habitats modulaires. La fameuse « maison des jours meilleurs », réalisée à Paris en 1956, en réponse au fameux appel de l'Abbé Pierre suite à l'hiver 1954, témoigne de cet esprit avant-gardiste. En Suisse, le pavillon minimaliste « Éduquer et créer » conçu par Max Bill pour l'Exposition nationale de 1964[4] et les systèmes constructifs « Mini », « Midi », « Maxi » de Fritz Haller[5] témoignent, parmi

1 La « maison des jours meilleurs » selon Jean Prouvé sur le quai Alexandre III, à Paris, en 1956 (© Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky, RMN-Grand Palais / Fonds Prouvé)
2 Fritz Haller, architecte et designer (© gta Archives / ETH Zurich, Fritz Haller)


1


2

3-4 «Swisswoodhouse» à Nebikon, un immeuble bas carbone conçu à partir de modules préfabriqués en bois. Entreprise Renggli (© Bauart / Ruedi Walti)

d'autres démarches, de l'importance accordée aux questions de préfabrication et de modularité durant les Trente Glorieuses.

TRANSITIONS VERS LA DURABILITÉ

Le caractère répétitif de l'architecture modulaire, susceptible d'engendrer une certaine banalisation expressive, et son usage fréquent pour des constructions «bas de gamme» ont conduit à une certaine désaffection. Ce n'est qu'au début des années 2000 que ce type d'approches revient sur le devant de la scène, porté notamment par les préoccupations environnementales[6]. La prise de conscience de l'urgence climatique ne fait aujourd'hui que renforcer les attentes en matière de bilan carbone et de gestion circulaire des ressources. Cela favorise la valorisation de ressources locales, le recours à des matériaux biosourcés, en particulier le bois indigène, ou encore le réemploi de composants récupérés.

Le fait qu'une part accrue de la construction se fasse en atelier décuple les potentialités de processus digitaux intégrés, depuis la création de la maquette numérique jusqu'à l'exploitation du bâtiment. Dans un contexte de densification urbaine, de tels chantiers présentent par ailleurs l'avantage d'une faible durée et de nuisances moindres pour le voisinage. Compte tenu de ces atouts convergents et s'inscrivant dans de nouveaux paradigmes, un foisonnement de démarches innovantes caractérise actuellement ce champ projectuel et concerne un nombre grandissant d'affectations, bien au-delà des seules structures événementielles, habitations d'urgence ou pavillons temporaires.

La démarche adoptée pour «Swisswoodhouse», initiée par Bauart en collaboration avec l'entreprise Renggli et de nombreux partenaires, illustre les potentialités d'une telle approche dans un contexte de transition territoriale, environnementale et démographique. La conception des logements est faite à partir de l'agrégation de modules de 18 m², compatibles avec une grande variété de fonctions (par exemple une cuisine seule ou avec réduit, une chambre seule ou avec sanitaire ou loggia, un balcon ou une terrasse) et préfabriqués par éléments. Générant une sorte de catalogue de combinaisons, les modules peuvent ensuite être agglomérés pour donner un studio, un appartement de taille moyenne ou encore un vaste attique regroupant jusqu'à une dizaine de modules. Seuls les noyaux et les éléments périphériques sont porteurs, si bien que des adaptations ultérieures sont rendues plus aisées. Il en résulte un immeuble d'habitation aux typologies variées, conciliant la réduction attendue de la taille des ménages, la qualité de vie des usagers et les objectifs environnementaux de la société à 2000 Watts[7]. Véritable prototype habité, un premier édifice de trois étages avec attique, totalisant 18 appartements en location de 2,5 à 5,5 pièces, a été construit dans la commune lucernoise de Nebikon[8].

DÉFIS LIÉS À LA COMPLEXITÉ

Mais les immeubles d'habitations ne sont pas le seul domaine où l'architecture modulaire peut présenter un intérêt pour revisiter les pratiques actuelles. Elle peut aussi intervenir dans le cadre de stratégies d'intervention touchant au bâti existant. Fruit d'un récent projet de recherche du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST), «Working Space» illustre ces potentialités par la mise au point d'un système modulaire en bois destiné à la surélévation bas carbone de bâtiments admi-

5

6

nistratifs existants. Grâce à un partenariat fructueux avec l'État de Vaud, une première surélévation d'un bâtiment de l'administration cantonale a été réalisée au centre de Lausanne. Le concept permet de créer de nouveaux espaces de travail confortables, en valorisant les ressources locales et en minimisant drastiquement les impacts sur l'environnement. La préfabrication de macro-éléments en bois permet de s'appuyer sur un nombre limité de points et de transmettre aisément les charges sur les porteurs des bâtiments existants. Le système fait par ailleurs la part belle aux énergies renouvelables, en particulier par la réalisation d'une toiture photovoltaïque. Les estimations mettent en évidence que l'énergie provenant de la toiture est globalement supérieure à celle nécessaire pour la construction, l'exploitation et la mobilité des utilisateurs de la surélévation[9].

La réalisation de «Microcity», qui abrite l'antenne régionale de l'EPFL à Neuchâtel, est une autre expérience où l'architecture se révèle fortement empreinte des questions de modularité, d'adaptabilité et de durabilité. Si les spécificités du site ont influencé la morphologie du bâtiment, la trame intérieure est liée aux spécificités du programme et reprend le rythme du module de 7,20 m par 7,20 m développé dans les années septante par les architectes zurichois Zweifel + Strickler pour le campus lausannois[10]. L'originalité de cette démarche se traduit notamment dans la mise en œuvre d'éléments

7

8

5 Fruit d'un projet de recherche, le système «Working Space» permet de créer de nouveaux espaces par la surélévation bas carbone des bâtiments administratifs existants (© EPFL / LAST / Olivier Wavre)
6 Grâce à un partenariat entre le LAST et l'État de Vaud, une première surélévation d'un bâtiment de l'administration cantonale a été réalisée au centre de Lausanne sur la base du concept «Working Space» (© Léo Fabrizio)
7 «Microcity» à Neuchâtel (© Bauart / Yves André)
8 Montage des éléments hybrides sur le chantier de «Microcity» (© Bauart / Yves André)

9 Laboratoire au sein de «Microcity» (© Bauart / Yves André)

hybrides bois-béton, imaginée par Bauart et l'entreprise ERNE dès les esquisses du concours. Un squelette primaire en béton armé a ainsi été coulé sur place pour les noyaux verticaux et la distribution centrale du bâtiment. En parallèle, les éléments en bois-béton ont été réalisés en atelier avant d'être montés sur place. Partie intégrante d'une stratégie d'intégration des critères de durabilité au projet architectural, ce processus de construction a permis de réduire l'énergie grise et les émissions de CO_2 liées aux matériaux[11].

Un siècle après la fondation du Bauhaus, la mise en résonance de la pensée en systèmes, des méthodes de design intégré, des techniques numériques de préfabrication et d'un intérêt éclairé pour les ressources locales participe à l'émergence de nouveaux champs d'hybridations pour l'architecture modulaire. Mettant en évidence qu'une certaine efficience constructive n'implique pas automatiquement une pauvreté expressive, ces démarches nous rappellent, subrepticement, un des fameux aphorismes de Luigi Snozzi: «La variété est le prélude à la monotonie, si tu veux l'éviter répète ton élément.»[12]

1 Boesiger W et Stonorov O, «Maison Dom-Ino, Sans lieu, 1914» in *Le Corbusier et Pierre Jeanneret. Oeuvre complète*, Volume 1: 1910-1929, Zurich, H. Girsberger, 1937.
2 Voigt W, Deschermeier D, Cachola Schmal P, *Neuer Mensch Neue Wohnung - die Bauten des Neuen Frankfurt 1925-1933*, Berlin, DOM Publishers, 2019.
3 Magnus Seelow A, «The construction kit and the assembly line – Walter Gropius' concepts for rationalizing architecture», *Arts*, 2018, 7, p. 95.
4 Frey P, Marchand B, Bersano A, Neuenschwander Feihl J, *Expo 64. Le printemps de l'architecture suisse*, Lausanne, PPUR, 2014.
5 Stalder L, Vrachliotis Ge, *Fritz Haller: Architekt und Forscher*, Zurich, gta Verlag, 2016.
6 Mariolle B, «Penser en systèmes», *ArchiSTORM*, 2017, Hors série 28, pp. 70-75.
7 Rey E, *Du territoire au détail*, Lucerne, Quart, 2014.
8 Rey E et Graf S, «Swisswoodhouse, innovative experimentation in sustainable modular housing: from interdisciplinary research to post-occupancy monitoring», PLEA 2015, Bologne, septembre 2015.
9 Dind A, Lufkin S, Rey E, «A modular timber construction system for the sustainable vertical extension of office buildings», *Designs*, 2018, Vol. 2, 3, pp. 1-14.
10 Kürsteiner M, «Microcity, au cœur de l'innovation à Neuchâtel», *idea*, 2019, 4, pp. 8-15.
11 Rey E, Frei W, Baumann C, «Hybridations durables», *TRACÉS*, 2013, Dossier 05, pp. 46-57.
12 Disch P (éd.), *Luigi Snozzi. Costruzioni e projetti – Buildings and projects 1958-1993*, Lugano, ADV, 1994, pp. 104-105.

Enjeux des évolutions socio-culturelles pour l'environnement construit

Dr Marie-Paule Thomas, sociologue-urbaniste, iConsulting, Lausanne <mpthomas@iconsulting.ch>

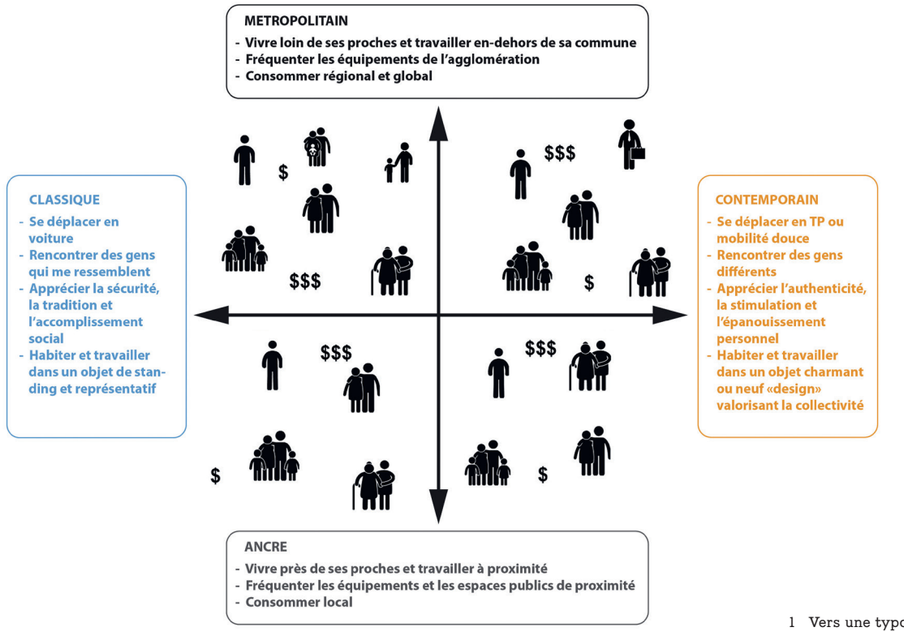
«Décris-moi où tu vis, comment tu travailles et ce que tu consommes, je te dirai qui tu es»! Au cours des dernières décennies, les changements sociétaux et sociodémographiques ont transformé l'environnement construit à travers une évolution des manières d'habiter, de travailler et de consommer: accroissement de la mobilité, transformation du rapport au travail, de la vie sociale et politique, modification des structures familiales.

COMPRENDRE LES ENJEUX

L'évolution de nos sociétés a ainsi profondément modifié nos valeurs, nos modes de vie et nos rapports à l'environnement, faisant émerger trois grandes tendances: l'évolution de l'individualisme et la diversification des modes de vie, l'émergence de la société du partage et l'avènement de la société expérientielle.

Aux modèles d'ascension sociale classiques, fondés sur la réussite matérielle, répondent des modèles contemporains reposant sur l'épanouissement personnel et la critique des valeurs traditionnelles. Contrairement au désir d'ascension sociale, ces modes de vie valorisent l'autonomie, l'initiative personnelle, le libéralisme des mœurs et de nouvelles organisations familiales. C'est l'avènement de la société du «co», la société du partage, de la flexibilité, de la proximité et de la convivialité.

Nous nous apercevons toutefois que les transformations sociétales ont favorisé l'émergence de nouvelles formes de vie sans toutefois faire disparaître les modes de vie antérieurs, plus traditionnels. Plusieurs instituts de recherche et de marketing ont développé des segmentations selon cette dimension des modes de vie: l'institut Fahrländer Partner Raumentwicklung (FPRE)[1], les Sinus-Milieus[2], le Laboratoire de sociologie urbaine (LASUR) à l'EPFL[3]. Ces typologies sont relativement semblables et les groupes se ressemblent. Les ménages peuvent ainsi être classés selon quatre dimensions: une dimension ayant trait aux valeurs et à l'organisation de leur vie quotidienne (classique/contemporain), une dimension d'ancrage local ayant trait à l'engagement social, une dimension économique et une dimension liée au parcours de vie.



1 Vers une typologie des modes de vie (© M-P. Thomas)

2a

2b

2c

2d

2 Deux modes de vie, deux manières d'habiter, de consommer et de travailler. (Schémas © M-P. Thomas, photos : 2b © Frédéric Frank, 2d © François Yenny)

Ainsi, la problématique de la mixité sociale est complexe et ne renvoie pas seulement aux questions de revenus (mixité socio-économique) ou de parcours de vie (mixité générationnelle : jeunes ou seniors, couples avec ou sans enfants) comme facteurs de différenciation. Avec la mise en avant de « l'expérience » dans tous les pans de la société (logement, vacances, travail, loisirs), le mode de vie est ainsi l'un des critères les plus déterminants des choix de lieu de vie, de lieu de travail et des modes de consommation. Les ménages cherchent avant tout un cadre de vie qui leur permette de déployer leur mode de vie de prédilection. Ainsi, à parcours de vie et à revenu équivalents, il est possible d'avoir des modes de vie différents et par conséquent des aspirations variées[4].

DES PROJETS URBANISTIQUES ORIENTÉS « USAGERS »

La méthodologie établie par iConsulting est basée sur ces théories. Elle définit trois étapes pour la mise en place d'une politique publique ou d'un projet de développement urbanistique ou immobilier proactif : 1) comprendre les qualités d'un lieu ou d'un projet ; 2) définir le public cible le plus naturel pour la commune ou le projet ; 3) attirer ou stabiliser le public cible grâce à un projet « designé » pour le public choisi. Ainsi, concevoir un « projet urbanistique ou architectural » devient tant un enjeu d'aménagement de l'espace construit (formes urbaines, espaces publics, ambiances, paysages) que de réflexions sur les usages qui pourront y prendre place (valeur d'usage).

Connaître les aspirations des différents publics cibles permet d'analyser les forces et les faiblesses de chaque entité territoriale (commune, quartier, parcelle) selon la perception du public cible considéré. En d'autres termes, une force pour l'un peut s'avérer une faiblesse pour un autre. Ainsi, selon son mode de vie, on valorisera certaines formes d'accessibilité (en transports publics ou en voiture), un certain type de services de proximité, un certain type de loisirs, une forme de convivialité choisie : privacité ou « vivre ensemble », une ambiance architecturale, etc. On peut être une famille de classe moyenne et adorer habiter en ville dans un trois pièces, rencontrer ses voisins sur la place de jeu et aller faire ses courses à pied ou être une famille de classe moyenne, préférer la vie au vert, inviter ses amis dans son jardin, partir courir sur les chemins forestiers et se déplacer plutôt en voiture. En travaillant avec des moyens d'action diversifiés, il est ainsi possible de développer des projets immobiliers ou urbanistiques correspondant aux aspirations des publics cibles.

Chaque génération et/ou chaque public cible est ainsi porteur de valeurs qui s'ancrent dans des politiques publiques ou des objets immobiliers spécifiques. Le « coliving », résidence destinée à des jeunes professionnels incluant le logement, les services (meubles, TV, assurance, eau, électricité, etc.) et des espaces communs (salle de sport, salles de séjour, cuisine, etc.) est l'idéal-type matérialisé de la génération des Millennials valorisant flexibilité et convivialité. De la même manière, le « sépartement » popularisé par le film *L'Amour flou*[5] est la matérialisation d'une nouvelle manière de vivre en tant que famille recomposée en permettant à deux personnes séparées d'habiter dans des appartements mitoyens par la chambre des enfants.

À l'ère de l'agilité, de la flexibilité et de la réversibilité, programmer et planifier la ville contemporaine invite à comprendre le point de vue des usagers : leurs pratiques, leurs modes de vie et leurs appropriations des différents espaces. Il devient ainsi de plus en plus important de proposer des projets architecturaux, des développements immobiliers ou des politiques publiques territoriales répondant aux attentes et aux besoins des groupes cibles que l'on souhaite attirer, qui « racontent des histoires ». En effet, à mix typologique et à loyer équivalents, la qualité en termes d'expérience et d'usage fera la différence dans le choix des ménages, des entreprises et des clients et garantira ainsi la réussite économique mais aussi sociale d'un projet sur le long terme. Quelles politiques publiques et quelle stratégie globale d'attractivité met-on en place ? Quels types de services et d'architecture programme-t-on et pour quels publics ? Quelles ambiances souhaite-t-on véhiculer et pour qui ? Ainsi les politiques publiques, le programme, la qualité architecturale (morphologies/gabarits, qualité d'appropriation ou non des espaces extérieurs, typologies classiques ou innovantes de logements ou de bureaux, etc.), l'identité et l'ambiance d'un projet permettront de séduire ou d'attirer un nombre plus ou moins important d'usagers. La compréhension de ce que font et de ce que veulent les utilisateurs des entreprises, des logements ou des commerces, permettra d'anticiper la programmation et la planification de villes à haute valeur d'usage.

1 Fahrländer Partner Raumentwicklung, Zurich, Bern. www.fpre.ch/fr/
2 KünzlerBachmann Directmarketing, « Les Sinus Geo Milieus ». St-Gallen. www.sinus-geo-milieus.ch
3 Thomas M-P, *Urbanisme et modes de vie. Enquête sur les choix résidentiels des familles en Suisse*, éditions Alphil-Presses universitaires suisses, 2013.
4 Thomas M-P et Pattaroni L, *Choix résidentiels et différenciation des modes de vie des familles de classes moyennes en Suisse*, Espaces et sociétés, 2012, vol. 1, nº 148-149, pp. 111-127.
5 Bohringer R et Rebbot P, *L'Amour flou*, Escazal Films, 2018.

La conception modulaire au service du bâtiment bas carbone ?

Thomas Jusselme, professeur à la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR) et adjoint scientifique de l'EPFL à Fribourg
<thomas.jusselme@epfl.ch>

Quels sont les avantages de la construction modulaire dans le cadre des objectifs de réduction de l'empreinte carbone du secteur de la construction ? Cet article propose un éclairage des interactions entre modularité et empreinte carbone. La durée de vie et la qualité environnementale des matériaux de construction sont deux paramètres ayant une forte influence sur le calcul de cette empreinte carbone. Ainsi, pour observer un effet positif, les stratégies de flexibilité et de modularité doivent rallonger la durée de vie des composants du bâtiment sans pour autant dégrader la qualité environnementale des produits mis en œuvre. Il s'agit donc d'investir la juste quantité d'énergie/carbone gris, au bon moment, pour un composant du bâtiment dont la fin de vie sera sanctionnée par la dégradation de ses qualités physiques (assez prévisible), ou par son inadéquation à de nouveaux usages (hautement imprévisible).

RELATION ENTRE LES USAGERS ET LES BÂTIMENTS

À l'échelle mondiale, les bâtiments sont responsables de 33% des émissions de CO_2[1]. Face à l'urgence climatique, la réduction des gaz à effet serre du secteur de la construction est fondamentale. Pour les bâtiments nouveaux et performants, le choix des matériaux – le carbone gris – représente plus de 75 % de l'impact global, que l'on mesure grâce à l'analyse du cycle de vie (ACV)[2]. Une ACV prend en compte les durées de vie des composants du bâtiment, ramenées sur la durée de vie totale d'une construction. On peut d'ores et déjà comprendre qu'un bâtiment à faible empreinte carbone est celui qui saura choisir des composants à forte durée de vie, ou dont le renouvellement est compatible avec des objectifs ambitieux si leur impact environnemental est très faible.

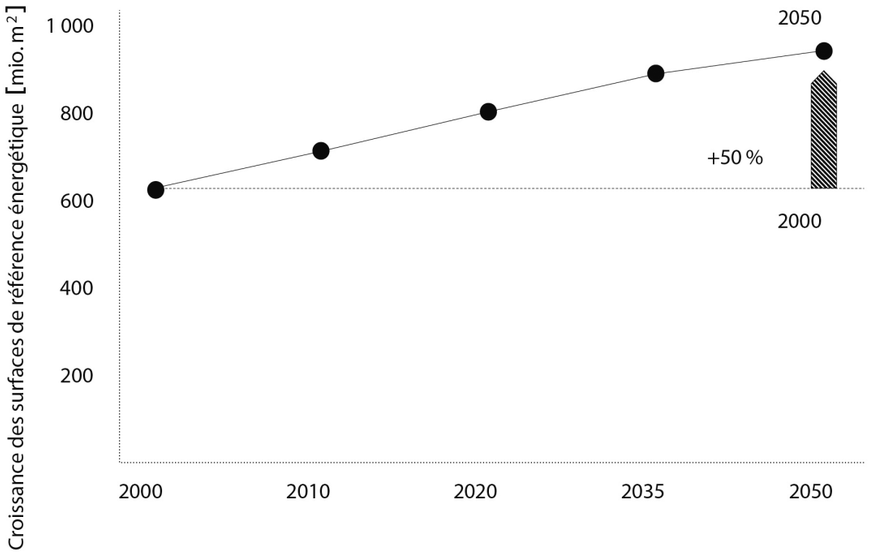
Pour comprendre la relation entre usagers et bâtiments, il faut se pencher sur l'équation de l'économiste japonais Kaya, déclinée pour la Suisse et le secteur de la construction (fig. 1)[3]. On y apprend que les émissions de gaz à effet de serre sont fonction de la population suisse, qui elle-même va engendrer une pression immobilière pour ses différents usages – usages qui vont consommer de l'énergie et ainsi émettre du CO_2. La relation entre immobilier et usagers est donc fondamentale car un changement des usages va mener à une modification du parc bâti, quitte à écourter la durée de vie des bâtiments et de leurs composants, augmentant de fait la facture carbone. Ainsi, la construction modulaire a un rôle fondamental à jouer, pour faciliter ce renouvellement et assurer une flexibilité des bâtiments.

Pour cela, il est nécessaire de prendre en compte les impacts environnementaux dès les premiers pas du processus de conception, de même que la capacité d'adaptation future des espaces construits sans gaspillage de ressources non renouvelables. En effet, la question du changement climatique est avant tout une question de comptabilité carbone. Pour limiter le réchauffement à 1,5° C selon les estimations du dernier accord de Paris, il ne nous reste plus que 420 $GtCO_2$ à émettre à l'échelle mondiale[4]. Si on maintient le rythme actuel de 42 $GtCO_2$ par an, nous aurons épuisé ce budget dans 10 ans. On comprend ainsi pourquoi on parle d'urgence, dans un secteur à très forte inertie. La Suisse par exemple dispose de 1,68 millions de bâtiments à usage d'habitation avec un taux d'assainissement énergétique de seulement 0,9 %, soit environ 1 bâtiment sur 100 remplacé tous les ans[5].

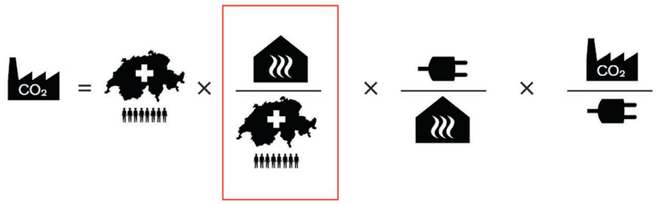
VERS UNE FORTE UTILISABILITÉ DU PARC IMMOBILIER

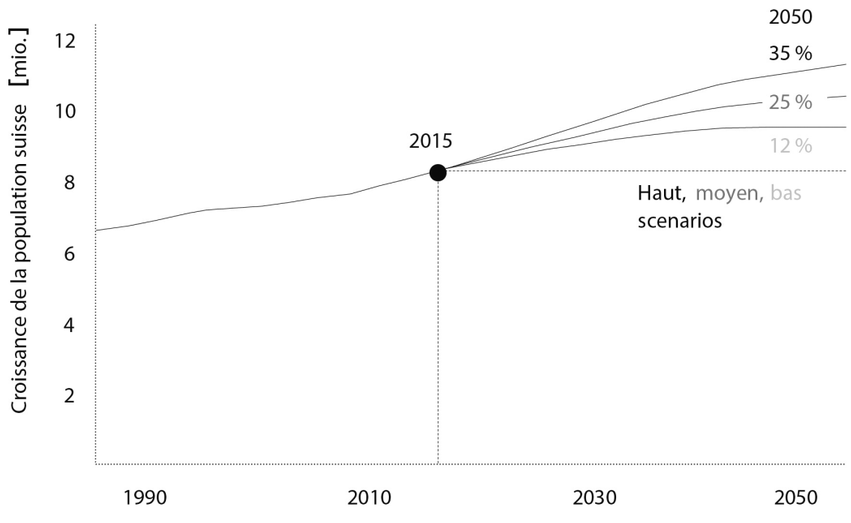
Pour atteindre cet objectif, il faudrait augmenter drastiquement le taux de rénovation sans alourdir l'énergie grise, ce qui serait totalement contre-productif. Il faut donc entreprendre un processus de conception dynamique et concevoir des bâtiments avec une capacité de changement et d'adaptation dans le temps, ce qu'on appelle la flexibilité. Celle-ci doit garantir une forte utilisabilité des bâtiments pour un ratio [surface bâtie/population] minimum, tel qu'exprimé dans l'équation de Kaya revisitée. En effet, il n'y a pas moins performant qu'un logement vacant. Cette utilisabilité se mesure en termes d'efficacité (atteinte d'un objectif), d'efficience (en minimisant les ressources) et de satisfaction (pour un plus grand confort). Elle est influencée tout autant par le contexte urbain, culturel, la situation du bâtiment que par les usagers [6, 7].

Pour maintenir une forte utilisabilité du parc, on retiendra deux stratégies de flexibilité. La première s'opère grâce à la séparabilité des éléments constructifs, qui peut s'obtenir par la modularité et le montage d'éléments préfabriqués, ou par le report des choix de conception dans une phase ultérieure. La seconde stratégie consiste à opérer des changements physiques de l'espace habité, grâce à des techniques mises en œuvre



SRE (surface de référence énergétique)
Scénario d'évolution des surfaces de référence énergétique





Scenarios d'évolution de la population suisse
(OFS 2015)

1 L'identité de Kaya déclinée pour la Suisse et le secteur de la construction, avec notamment la mise en évidence de l'importance de l'évolution du ratio entre la surface de référence énergétique totale et le nombre total de personnes[3].
(© T. Jusselme)

2

2 Visualisation intérieure du projet HOP par Behnisch Architekten (© Behnisch Architekten, Drees & Sommer Schweiz AG, ZPF Ingenieure AG)

en vue d'éventuelles évolutions des usages. Cependant, l'analyse de la littérature en termes de flexibilité démontre que le coût de la flexibilité technique ne se justifie qu'en cas de forte intensité d'usage[8]. En effet, l'efficience des techniques de flexibilité est faible si l'intensité d'usage n'est pas très élevée.

ADAPTER LE PROCESSUS DE CONCEPTION POUR UNE MEILLEURE CONNAISSANCE DES USAGES

Il s'agit donc plutôt de mettre en œuvre le bon matériau/la bonne technique de construction au bon moment. Lors d'un processus de construction, la compréhension des besoins des utilisateurs est de plus en plus fine avec le temps. En revanche, les possibilités de modification du projet sont de plus en plus difficiles. En effet, étant plus précis, tout changement a plus de conséquences sur le projet. Une stratégie de flexibilité réside ainsi dans la séparation de l'ensemble du projet en deux étapes de conception/construction : un projet primaire puis secondaire. Le projet primaire comprendra la peau extérieure, la structure et les services centraux du bâtiment, qui interagissent peu avec les usagers. Le projet secondaire est lui en contact direct avec les occupants d'un bâtiment et sera donc soumis à modifications en cas de changement d'usages. Il comprend la peau intérieure, les composants techniques fixes, les meubles et appareils mobiles ainsi que les cloisonnements et portes.

Il est également possible d'émettre quelques règles générales[9] pour favoriser la flexibilité d'un bâtiment. Il s'agira d'être attentif à la plasticité (permettre des découpes, des trous, de la dilatation, etc.), à l'indépendance (matériaux utilisables indépendamment les uns des autres) et à l'impact environnemental des matériaux mis en œuvre (un faible impact autorisant son renouvellement dans un budget carbone défini). Les composants devront être modulaires, privilégier des assemblages secs et de préférence être indépendants des réseaux CVSE. Enfin, à l'échelle de l'espace, il est recommandé d'avoir une trame structurelle avec des dimensions physiques neutres suivant une grille universelle. Une hauteur d'étage généreuse permettra la transformation pour différents types d'usages.

En synthèse, la conception modulaire sera au service du bâtiment bas carbone si les techniques employées pour parvenir à cette modularité ont un faible impact environnemental et si la modularité permet réellement un allongement de la durée de vie des matériaux mis en œuvre, voire un réemploi de ceux-ci. Ces enjeux font partie de la réflexion en cours pour la réalisation du futur bâtiment (fig. 2) du Smart Living Lab à Fribourg[10].

1 UNEP, United Nations Environmental Programme, « Buildings and climate change : Summary for decision-makers », *Sustainable Buildings and Climate Initiative*, Paris, 2009, pp. 1–62.
2 Chastas P, Theodosiou T, Bikas D, et Kontoleon K, « Embodied Energy and Nearly Zero Energy Buildings : A Review in Residential Buildings », *Procedia Environmental Sciences*, 38, 2017, pp. 554–561.
3 Jusselme T, « Research at the service of design » in *Exploring - Research-driven Building Design*, Andersen M, Rey E (Éd.), Park Books, Zurich, 2019.
4 *Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2018. Global warming of 1.5° C.
5 SIA, Société suisse des ingénieurs et des architectes, « Modernisation du parc immobilier suisse », www.sia.ch/fr/themes/energie/modernisation-du-parc-immobilier-suisse (consulté le 12.09.2019).
6 Alexander K, « Usability of workplaces : phase two : philosophy and concepts », *Project Report*, International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), Rotterdam, The Netherlands, 2008.
7 Haron SN et Hamid MY, « Quality of Hospital In-use : Usability Evaluation Method as an Assessment », *Journal of Sustainable Development*, vol. 4, no. 2, April 2011.
8 Olsson NOE, « Management of flexibility in projects », *International Journal of Project Management*, Vol 24, issue 1, pp. 66-74, 2006.
9 Jusselme T, Brambilla A, Hoxha E, Jiang Y, Vuarnoz D, Cozza S, « Building 2050 – State-of-the-arts and preliminary guidelines », EPFL – Fribourg, 2015.
10 Bâtiments du Smart Living Lab, www.smartlivinglab.ch/fr/infrastructures/smart-living-building/.

La modularité et l'évolutivité : vecteurs d'intégration du développement durable dans la conception architecturale

Dimitri Toubanos, architecte, urbaniste, docteur en architecture Laboratoire LIAT-EDVTT et maître de conférence associé à l'ENSA Paris-Val de Seine, enseignant vacataire à l'ENSA Paris-Belleville et à Sciences Po Paris et animateur du réseau de l'enseignement de la transition écologique en école d'architecture de l'ENSA ECO <dimitri.toubanos@gmail.com>

La prise en compte des principes du développement durable en architecture conduit à des adaptations, des transformations et des innovations de la conception architecturale[1]. Celles-ci se manifestent selon différentes approches théoriques qui intègrent les notions de modularité et d'évolutivité comme catalyseurs d'un processus de conception éco-responsable. Dès lors, comment imaginer un projet ayant la capacité d'évoluer dans le temps ? En quoi la modularité devient un levier permettant un changement de destination ? Et comment s'opère le changement entre l'échelle architecturale et l'échelle urbaine ? Telles sont les interrogations que nous soulevons dans cet article.

DE LA MODULARITÉ À L'ÉVOLUTIVITÉ DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION : FONDEMENTS THÉORIQUES

La modularité est prise en compte par les architectes depuis longtemps. Elle leur permet de concevoir l'architecture à partir de principes et de règles qui deviennent le support de compréhension puis de dimensionnement du monde et de l'espace. Au centre de cette compréhension se situe le corps, module de base et dimension de référence, comme en témoignent, entre autres, les réflexions de Vitruve, mais aussi celles de Le Corbusier à travers le Modulor. À partir de proportions et de formes géométriques de base, il s'agit alors de trouver des compositions géométriques pour concevoir l'espace. Il s'agit également de repérer la trame qui régit les principes de composition, ce qui pose la question de la règle, de sa définition et de son application.

Ainsi, le module peut devenir un outil pour concevoir une pièce, à l'image du tatami japonais qui régit la composition des pièces puis de la maison traditionnelle japonaise. Le module peut aussi devenir la source d'expérimentations architecturales, comme en témoignent les réflexions de Jørn Utzon, tout d'abord dans les *Kingo Houses*, puis dans son manifeste d'« architecture additive » de 1970. Les modules géométriques sont assemblés, imbriqués, juxtaposés ou empilés pour donner forme à une architecture expérimentale, à l'image de celle proposée par Moshe Safdie dans *Habitat 67* à Montréal[2]. En parallèle, l'expérimentation modulaire se transforme en courants architecturaux, à l'image des métabolistes japonais et européens (Kurokawa, Candilis-Josic-Woods, etc.), ou encore du courant structuraliste, représenté notamment par Jaap Bakema et Aldo van Eyck.

La modularité pose une question essentielle, celle de l'assemblage structurel. Derrière cette question, se pose celle de la préfabrication, ce qui renvoie à une réflexion sur l'industrialisation des procédés de construction. Il s'agit alors de réfléchir à la production de prototypes, à partir de modules préfabriqués, qui pourront par la suite être multipliés et exportés. C'est dans cette intention que John Entenza lance le programme des *Case Study Houses* à partir de 1945, dans le but de construire des prototypes de maisons modernes et économiques[3]. Un autre exemple de recherche d'industrialisation de la production architecturale à partir de la préfabrication se retrouve dans le travail de Jean Prouvé, à l'image du projet de maisons à Meudon (1950). Ces réflexions s'accompagnent d'une recherche d'ergonomie et d'introduction de la domotique et du confort dans l'habitat, illustrées, entre autres, par l'ouvrage de référence d'Ernst Neufert[4], dans lequel sont indiquées les dimensions standard de tout composant d'un bâtiment. La standardisation se répand alors dans les plans d'architectes et s'accentue avec l'avènement de la CAO.

La traduction de cette industrialisation des procédés constructifs s'opère à plus grande échelle, notamment en France, à travers la mise en place des grands ensembles, qui posent la question de la préfabrication

1

1 Résidence multifamiliale à Vienne de Kaufmann Architekten (© Dimitri Toubanos)

d'une part, mais aussi de la standardisation des typologies bâties, qui suivent les chemins de grue.

En parallèle, la modularité permet aussi une éventuelle évolutivité. Et c'est là qu'entre en jeu, à notre sens, l'intégration des principes du développement durable dans le processus de conception. En effet, dans le schéma classique du cycle de vie d'un bâtiment, la phase de conception est suivie d'une phase de réalisation, puis d'exploitation et, enfin, de démolition. Derrière la notion d'évolutivité se cache ainsi une volonté de ne pas subir la fatalité de la démolition, mais bien d'imaginer une possible évolutivité du projet, afin qu'il soit réhabilité ou transformé. Cela répond alors à la fois à l'évolution des ménages, mais aussi à la quantité de bâtiments vacants, qui auraient pu bénéficier d'un changement de destination. Cela suppose alors l'adaptation des usages ou la mise en place de nouveaux usages, mais aussi la capacité des modules à être réinvestis, des cellules à évoluer, ou encore la possibilité pour de nouveaux modules de se mettre en place. Enfin, cela pose la question de la structure existante, qui est le plus souvent réinvestie. Derrière la structure, c'est bien la trame d'un projet que l'on interroge, dans une recherche de nouveaux assemblages structurels, de réemploi des matériaux et de prise en compte de leur empreinte carbone, mais aussi d'intégration des usages et de leur évolution dans le processus de projet. Enfin, cela introduit l'importance de réfléchir sur le patrimoine existant et son évolution, en dépassant la logique de la tabula rasa et de la prise en compte de la transition écologique uniquement sur les bâtiments neufs.

2

3

DE LA MODULARITÉ À L'ÉVOLUTIVITÉ DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION: RÉINTERPRÉTATION CONTEMPORAINE PAR LES CONCEPTEURS

Le renouveau de l'intérêt pour les questions environnementales en ce début de 21e siècle, influencé par la prise de conscience accrue des causes du réchauffement climatique et de la limite des ressources de la planète, a également permis un renouvellement de l'intérêt pour la modularité et surtout l'évolutivité dans le processus de conception.

Cela se traduit notamment par la mise en place de nouveaux procédés structurels favorisant la préfabrication, accompagnant le développement de nouvelles filières constructives. C'est le cas de l'opération de 84 logements à Vienne, conçue par Hermann & Johannes Kaufmann en 2006, qui permet l'expérimentation de nouveaux procédés constructifs à partir du matériau bois. Les modules en bois, voiles, dalles et enveloppe, sont préfabriqués en usine puis assemblés sur le site. Cela facilite la décomposition du bâtiment en vue d'une éventuelle réutilisation des matériaux. C'est également le cas de l'opération de 52 logements individuels et 34 collectifs, réalisée par Gilles Perraudin à Cornebarrieu en 2015, qui porte sur la préfabrication d'éléments structurels en pierre, taillés en usine puis assemblés sur site.

Or ces exemples ont pour particularité de s'intéresser davantage à l'assemblage de modules préfabriqués sur site, qu'à l'évolutivité possible du bâtiment. Certes les composants du bâtiment peuvent être désassemblés pour être réutilisés ailleurs, mais cela ne fait pas partie d'une intention de rendre le bâtiment évolutif. Il existe toutefois des opérations qui s'intéressent spécifiquement à la prise en compte de l'évolution des usages, de manière variée. Ainsi, Philippe Madec propose un volume à aménager en fond de jardin dans son opération de 14 maisons passives réalisée au Havre en 2013. Il s'agit d'un module libre, dont l'usage est laissé à l'appréciation des locataires.

Une autre manière d'appréhender l'évolutivité se retrouve dans l'opération de 35 logements sociaux conçue par Stefan Behnisch à Ingolstadt en 2011, dans laquelle l'architecte crée une trame structurelle à partir de deux modules : un premier de 3,25 m de large et un second de 4,25 m de large, à partir desquels il compose un logement de 7,5 m de large. L'intelligence du système est qu'il permet l'évolutivité du logement si les besoins et la composition des familles changent. Ainsi, une pièce appartenant à un appartement peut, dans le temps, être dévolue à un deuxième appartement, sans que cela n'impacte la volumétrie globale ni l'esthétique du bâtiment, qui peut rester inchangée.

Le processus évolutif permet ainsi à un bâtiment d'avoir plusieurs vies. Ce faisant, l'actif immobilier que représente un bâtiment peut acquérir de la valeur, ou du moins une plus-value due à la possibilité d'imaginer l'évolution de ses usages. C'est cette caractéristique qui a incité plusieurs promoteurs à se pencher sur la question de l'évolutivité. Ainsi, ICADE a fait appel à Anne Demians pour concevoir *Black Swan*, un projet qui regroupe des logements, des commerces, des bureaux, ainsi qu'un hôtel, répartis sur trois tours. Pour permettre l'évolution à venir des usages, l'architecte propose une structure à base de dalles et des noyaux de distribution en béton, en dimensionnant le bâtiment afin qu'il puisse accueillir à la fois des bureaux et des logements, tout en proposant des façades identiques, peu important la destination. La question de la rentabilité et du retour sur investissement sont ainsi intégrés dans la prise en compte de l'évolutivité du bâtiment. Des exemples de ce type sont développés par plusieurs promoteurs en France, à l'image de Bouygues Immobilier avec le projet *Office Switch Homes*, ou encore de Vinci Construction France et de sa filiale Adim avec le concept *Conugo*. Au-delà de la rentabilité économique liée à la plus-value sur l'actif que représente ce concept évolutif, il s'agit également d'une réflexion sur les assemblages structurels, qui vise à optimiser les coûts et les délais par la préfabrication, tout en diminuant les aléas. Cela représente un intérêt majeur pour une entreprise de construction, à l'image de Vinci Construction France, qui développe par ailleurs un concept structurel nommé *Habitat Colonne*, allant dans le sens de la préfabrication et de la modularité. Un réel retour d'expérience sur ces différents concepts serait pourtant intéressant, afin de vérifier la réelle plus-value d'usage que représentent ces procédés, au-delà d'une plus-value économique et d'un argument de vente.

4

2 Ensemble de 14 maisons passives au Havre par l'Atelier Philippe Madec (© Pierre-Yves Brunaud)
3-4 Bâtiment résidentiel à Ingolstadt-Hollerstauden par Behnisch Architekten, Stuttgart (© archimage/Meike Hansen)

DE L'ÉCHELLE ARCHITECTURALE À L'ÉCHELLE URBAINE

La modularité et l'évolutivité sont ainsi ancrées dans les propositions contemporaines des architectes. La conception de bâtiments évolutifs devient une réalité, à la fois pour des questions économiques, sociétales et environnementales, afin de répondre aux ambitions d'une transition écologique. Mais qu'en est-il de l'échelle urbaine ? Peut-on concevoir un urbanisme modulaire et/ou évolutif ?

C'est ce qu'a tenté de mettre en place le bailleur social Aquitanis, qui intervient dans la région de Bordeaux et est sans doute l'un des acteurs les plus intéressants en France, en faisant appel à l'agence Tetrarc pour concevoir une opération à l'échelle d'un quartier à Floirac. Les concepteurs ont mis en place une architecture évolutive à partir de différents modules fonctionnels pour chaque usage d'une habitation, qu'ils ont ensuite superposés et additionnés pour proposer un logement modulaire évolutif. L'assemblage de ces logements a ainsi permis de créer un urbanisme modulaire et évolutif.

En parallèle, la question de l'intégration de l'évolutivité à l'échelle urbaine peut aussi se manifester à travers la mise en place d'une « structure capable », non modulaire, qui évoque plutôt la question de la grille, voire du plan libre. C'est le cas du projet pour le futur pont Jean-Jacques Bosc, renommé Simone Veil en 2018, conçu par l'agence OMA à Bordeaux. Dans ce projet urbain, les concepteurs proposent une infrastructure la plus ordinaire possible, au sein de laquelle peut opérer une diversité des usages, donc une évolutivité de ces mêmes usages dans le temps.

À travers l'ensemble de ces projets se repère une ambivalence entre, d'une part, la modularité, fonctionnant sur la base d'un module que l'on assemble à partir d'une trame, et, d'autre part, la mise en place d'un plan libre, à partir d'une structure qui libère un maximum de surface au sol. Dans les deux cas, l'ensemble de ces propositions interroge la question de la durabilité dès lors qu'est recherchée l'évolutivité du projet, soit sa capacité à imaginer l'évolution des usages et à prendre en compte le temps et les aléas dans le processus de conception. Si l'échelle architecturale semble avoir été intégrée par les concepteurs, l'échelle urbaine nous paraît être le chantier à poursuivre.

1 Toubanos D, *Les projets de logements en Europe à l'aune du développement durable : adaptations, transformations, innovations et obstacles dans la conception architecturale*. Thèse de doctorat en architecture, sous la direction de Virginie Picon-Lefebvre, Université Paris-Est, 25 mai 2018, 498 p.
2 Goldberger P and Safdie M, *Moshe Safdie*, Mulgrave, Vic. : Images, Vol. 2, Massachusetts, 2009.
3 Buisson E et Billard T, *Promenade contemporaine dans les Case Study Houses*, Besançon, Éditions de l'Imprimeur, Tranches de villes, 2004.
4 Neufert E, *Les éléments des projets de construction*, Paris, éditions Dunod, 11e édition, 2015 (1re édition 1936), 648 p.

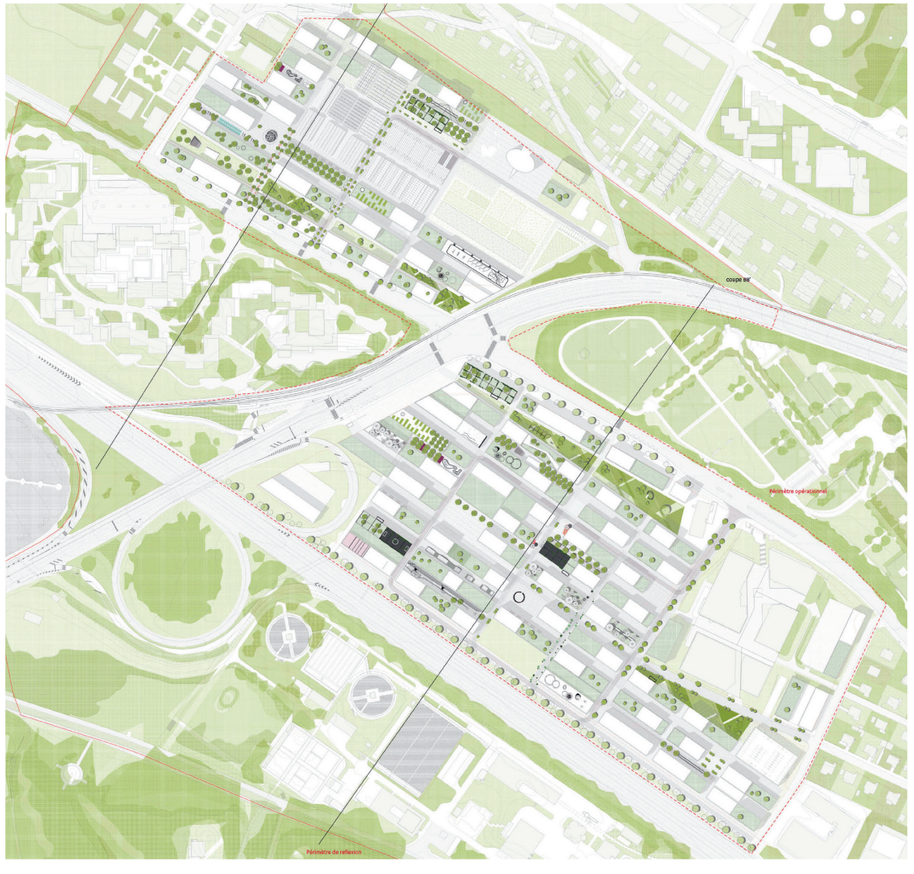
Planifier l'instable, reconfiguration territoriale

Matthias Armengaud, architecte et urbaniste, membre fondateur et co-directeur de AWP agence de reconfiguration territoriale à Paris et professeur invité à la GSD de Harvard aux États-Unis et à l'École nationale supérieure d'architecture de Versailles en France <matthias-armengaud@awp.fr>

Si la modularité touche principalement les échelles du bâtiment et de ses composantes, elle peut également être le vecteur de réflexion à plus grandes échelles. Le travail de l'agence AWP, qui opère comme plateforme interdisciplinaire dédiée aux enjeux des territoires contemporains, est particulièrement représentatif de ces enjeux. L'agence porte des projets à différentes échelles : bâtiments innovants, aménagements urbains, espaces publics et parcs, programmes architecturaux atypiques, réhabilitations d'infrastructures, interventions en sites complexes, plans stratégiques de très grande échelle ainsi qu'expérimentations de villes temporaires. À l'instar de la démarche initiée aux Prés-de-Vidy, c'est par la réflexion et l'action dans les échelles extrêmes et instables du territoire et par une exploration sans relâche de nouvelles modalités d'intervention sur mesure que l'agence AWP interroge aujourd'hui de multiples territoires à caractère métropolitain.

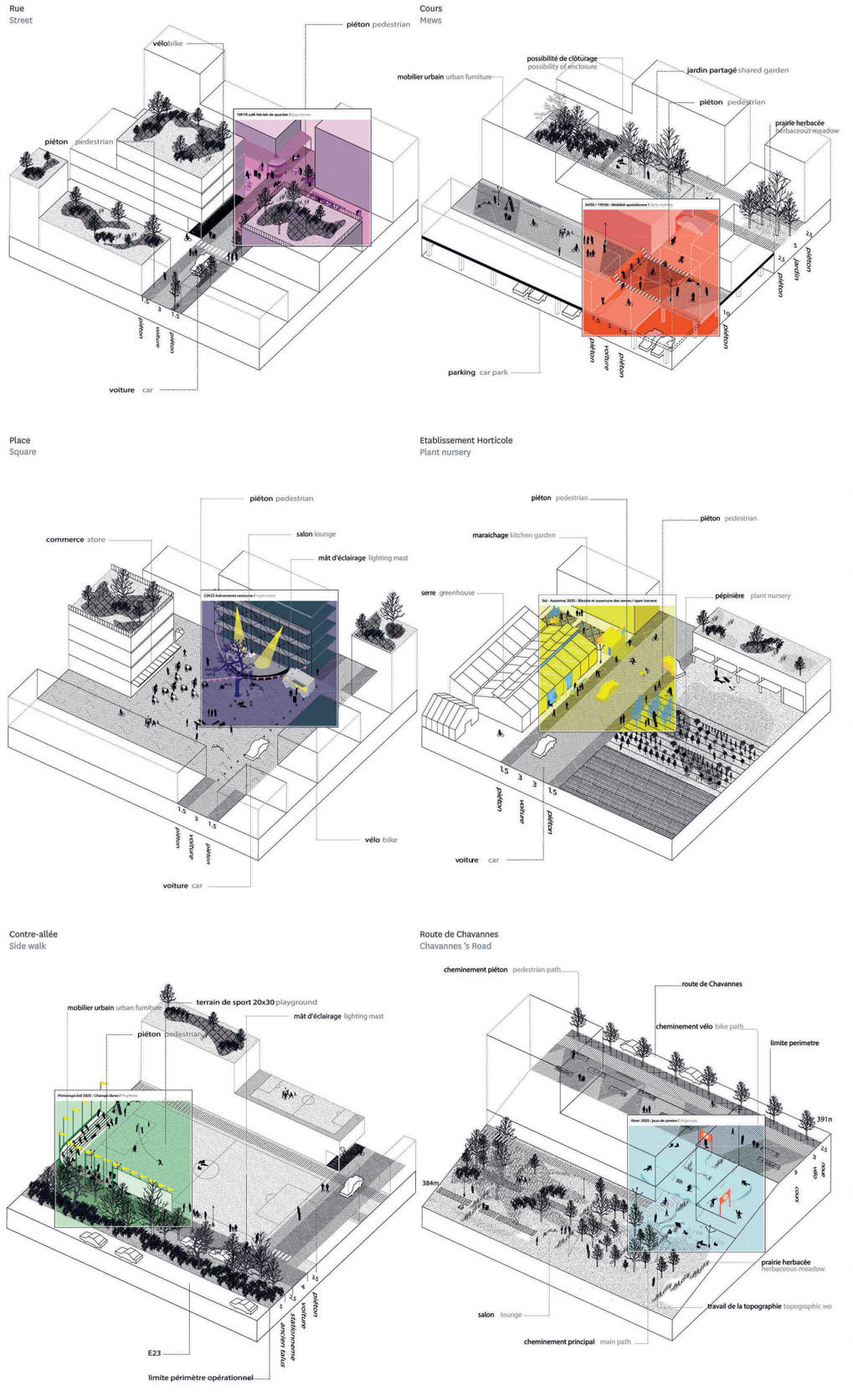
FABRIQUER LA VILLE CONTEMPORAINE AU TRAVERS D'UN PROCESSUS DE MÉDIATION

La Suisse connaît un ensemble de transformations qui bousculent les manières de produire la ville. La séparation s'estompe entre les zones d'habitation, les activités, la campagne et le grand paysage. Du fait d'une densification sans précédent des milieux urbains, les notions jusqu'ici très contrastées de ville, de production et de nature doivent coexister en se réinventant, à l'occasion d'un pacte mutuel dont nous serions en charge. Car tous les acteurs du territoire doivent repenser leurs outils



1

1 Plan général du nouveau quartier des Prés-de-Vidy dans son contexte d'entrée de ville, archipel retramé (© AWP agence de reconfiguration territoriale)
2 Principes de vides et méthode (© AWP agence de reconfiguration territoriale)



2

et leurs objectifs. Au centre de ce renouvellement, le changement climatique joue un rôle central, car il devient un vecteur pour réunir des partenaires capables de participer à l'invention d'outils de management et de conception.

La fabrication de la ville contemporaine est souvent une intervention dans l'existant. Il faut donc savoir reconnaître les identités déjà présentes pour organiser une compatibilité avec les situations projetées. Pour doser subtilement les nouvelles composantes, il importe de percevoir le plus justement possible les mécanismes et le potentiel de l'existant, cette notion de reconfiguration[1].

Ces nouvelles situations urbaines créent de nouveaux paramètres qu'il faut inscrire dans un processus de médiation réunissant les différents acteurs. De fait, comment répondre à l'appréhension des citoyens face à l'annonce d'opérations immobilières qui de plus en plus souvent augurent d'une arrivée massive de nouveaux habitants ? Comment faire en sorte que ces franges de ville acceptent le rôle qu'elles exercent désormais au sein des métropoles ? Comment y faire naître l'opportunité d'urbanité tout en préservant leur caractère paysager unique ? Comment révéler aux communes le potentiel de lieux souvent délaissés : friches industrielles en déshérence, quartiers de logements enclavés, peu animés ? Une médiation inventive et maîtrisée passe par un processus d'animation et de débat autour du projet, pour construire une culture de projet.

UN NOUVEAU QUARTIER AUX PRÉS-DE-VIDY

Entre deux villes, celle du campus et le centre-ville, le site des Prés-de-Vidy est au cœur d'une séquence d'entrée de ville magistrale par l'autoroute, entre le grand paysage du lac au-delà de la station d'épuration au sud et le relevé du coteau au nord[2,3]. Tout le vocabulaire spatial semble s'inscrire dans l'échelle du grand paysage et de la métropole, avec une collection fragmentaire de grands objets construits (quartiers de logements collectifs, échangeurs autoroutiers, usines) dont certains ont une dimension symbolique internationale (CIO), ou sont les témoins d'une logique d'expulsion des fonctions techniques hors de la ville (recyclage des eaux usées, cimetière, serres, etc.), propre à un zoning moderniste qui va désormais évoluer. Un archipel de figures refermées sur elles-mêmes. Aujourd'hui, nous regardons ces situations comme exemplaires de la redéfinition du territoire métropolitain, sous les ambitions conjuguées du développement durable, de la densification nécessaire et de la diversification programmatique.

La « ville lente » proposée est basée sur une solidarité interne majeure : le fonctionnement quotidien (horloge d'usage). Les communautés locales offrent l'hospitalité en échange. Donc, nos typologies construites sont avant tout de grands espaces capables de dimension équivalente et répétitive permettant l'addition. L'aménagement du quartier s'appuie sur le principe de trame urbaine. Ici, la trame est de 13 m de bâti pour 10 m de réseaux. Elle établit une situation globale à l'échelle du quartier : elle fixe le gabarit pour les différents bâtiments et permet une flexibilité dans la programmation. Dans le temps, c'est par son évolutivité que la durabilité de la trame opère : les programmes peuvent s'interchanger. C'est dans la capacité à créer une variété d'échelles que la trame se révèle riche et pérenne. Son utilisation permet de créer des situations d'intensité et de densité favorables à une émulation créative et à la création d'urbanité, et de ménager des espaces libres, espaces publics minéraux ou espaces verts. Proposer un système de parcellisation du vide ; il s'agit de mieux définir les emprises possibles des surfaces plantées, carrossables, leur économie et leur phasage, afin d'établir un rythme et une logique pour introduire du plein sur la parcelle. L'espace public se trouve alors élargi à l'ensemble du vide existant.

A l'entrée de Lausanne, on rêverait d'un grand parc métropolitain qui reprendrait tous les objets passés et futurs dans ses mouvements de natures, entre lac et coteau, par-delà les ruptures des infrastructures et des sites fermés sur eux-mêmes. Cette carte est un monstre amusé de nous voir arriver sur son territoire, qui s'anime, prend vie, écoutez !!! L'appel du projet.

1 Armengaud M, Armengaud M, Cianchetta A, *Invisible modern architecture : office for territorial reconfiguration AWP*, Paris, AWP, 2017.
2 Ville de Lausanne, « Ecoquartier des Prés-de-Vidy ». www.lausanne.ch/officiel/grands-projets/metamorphose/pres-de-vidy.html#le-programme-01, consulté le 13 septembre 2019.
3 AWP agence de reconfiguration territoriale, « Atelier du 2e degré des mandats d'étude parallèles », septembre 2017.

Pour un habitat ouvert et sur mesure

Pascal Gontier, professeur à l'École nationale supérieure d'architecture de Nantes et architecte fondateur de l'Atelier Pascal Gontier à Paris <atelier@pascalgontier.com>

Quel désir est plus légitime que celui de disposer d'un cadre de vie répondant à ses envies et à ses goûts ? Ce besoin atavique rencontre aujourd'hui la demande d'un nombre croissant de citoyens, qui souhaitent participer à la création de leur espace de vie et à l'organisation de la cité. Il s'inscrit également dans un contexte marqué par la révolution numérique, et par les opportunités qu'elle offre. Les individus qui veulent sortir de la posture passive du consommateur peuvent désormais devenir des acteurs à part entière de la fabrication de leur environnement. Qu'elles soient destinées à la location ou à la vente, les résidences collectives ne sont actuellement pas capables de proposer des logements véritablement sur mesure. L'émergence d'un mouvement aspirant à plus de personnalisation et d'évolutivité appelle des réponses novatrices.

UN HABITAT PERSONNALISABLE

L'habitat collectif, tel que l'on connaît aujourd'hui, s'est développé à partir de la révolution industrielle, sur un modèle répétitif d'addition de cellules standardisées. La personnalisation du logement y est particulièrement faible et le plus souvent réduite à l'ajout d'éléments de mobilier et de décoration dans un espace sur lequel l'habitant n'a que peu de prise. La seule forme d'habitat véritablement personnalisable reste encore aujourd'hui l'habitat individuel et, de manière marginale, certaines formes d'habitat coopératif ou participatif qui semblent préfigurer les futurs standards de l'habitat urbain. La personnalisation répond en effet à une aspiration sociétale déjà ancienne mais qui est aujourd'hui de plus en plus consciente, alors que chacun a désormais la possibilité de personnaliser sa bibliothèque, sa voiture, ou son costume « sur mesure » via une plateforme numérique[1].

La création d'un habitat urbain entièrement personnalisable constitue aujourd'hui un enjeu écologique puisqu'elle permet d'apporter une alternative urbaine écologique à l'habitat individuel et offre ainsi un moyen de lutter contre l'étalement urbain[2].

Cette personnalisation complète de l'habitat collectif constitue le sujet central du livre *HOME, Habitat ouvert et sur mesure*[3] que j'ai écrit et publié en 2018. Ce livre présente la méthode BOB, acronyme de *Bespoke Open Building*, qui vise à la réalisation d'un habitat collectif entièrement sur mesure, c'est-à-dire permettant une personnalisation des logements non seulement au niveau des espaces intérieurs, mais également des façades et des prolongements extérieurs qui sont composés par les habitants eux-mêmes. La méthode BOB vise à permettre à chaque acquéreur de créer son logement entièrement sur mesure, sans avoir à se concerter avec ses voisins.

Un bâtiment conçu selon cette méthode est composé de deux entités distinctes, l'architecture primaire et l'architecture secondaire, ainsi que d'un dispositif de régulation permettant, pour chacune des entités domestiques, la création de façades sur mesure. L'architecture primaire, entité collective et pérenne du bâtiment, comprend la structure primaire, les parties communes et les gaines. L'architecture secondaire est composée de l'ensemble des logements qui peuvent être réalisés à la demande, à partir de l'addition d'un ou plusieurs lots. La taille et l'organisation des logements sont laissées à la liberté des habitants, dans le cadre des contraintes de l'architecture primaire. Un dispositif de régulation de la peau extérieure permet à chaque acquéreur d'un logement de bénéficier du maximum de liberté pour créer la façade de son logement, ainsi que les prolongements qui s'y rapportent, sans avoir à négocier ses choix avec les autres acquéreurs, mais dans un cadre qui préserve les droits des

1 Perspective du projet « Balcons en forêt », Saint-Herblain, architectes Atelier Pascal Gontier et Sathy architecte (© Arte Factory)

1

voisins et garantit l'équilibre ainsi que l'identité architecturale du bâtiment.

La méthode BOB n'est donc pas une démarche participative au sens où on l'entend habituellement, c'est-à-dire avec un groupe d'habitants préalablement constitué. Chaque acquéreur peut créer son logement sur mesure sans avoir à se concerter avec ses voisins. Les acquéreurs sont toutefois invités à rencontrer leurs voisins de façon conviviale durant la phase de création des logements sur mesure, et peuvent ainsi décider ensemble le type d'espaces partagés qu'ils souhaitent créer. Une véritable communauté d'habitants peut ainsi se créer, non pas parce que le processus de co-création la rend nécessaire, mais parce qu'elle est rendue possible et aisée.

UN CADAVRE EXQUIS ARCHITECTURAL

Cette méthode a été testée au moyen d'une expérimentation architecturale appelée « cadavre exquis architectural », présentée dans le livre *HOME, Habitat ouvert et sur mesure*. Elle portait sur le projet fictif d'un bâtiment de logements de 14 étages en structure bois, co-conçu avec un panel de volontaires, à partir d'une architecture primaire et d'un dispositif de régulation que nous avions préalablement conçu. Le résultat de cette expérimentation était à la fois prévisible dans ses grandes lignes, et totalement imprévisible, à l'instar d'un pommier dont on peut prévoir la silhouette générale au moment où on le plante, mais qui possède, à sa maturité, une forme qui lui est propre, et qui est totalement imprévisible.

Cette démarche est actuellement mise en œuvre sur différents projets, et notamment sur deux opérations en cours. Le premier projet, « Balcons en forêt » à Saint-Herblain, a été conçu en association avec l'agence Sathy, dans le cadre du Concours Adivbois[4]. Il a reçu le Grand Prix National Adivbois et est en cours de développement pour le promoteur Galéo. C'est un ensemble composé de deux bâtiments de sept et neuf étages, construits en structure bois, et dotés d'un dispositif innovant de ventilation naturelle contrôlée qui se manifeste en toiture par de généreuses cheminées.

La géométrie orthogonale du bâtiment, qui accompagne un schéma structurel rigoureux, constitue le cadre d'une architecture qui s'exprime de façon totalement libre avec la participation des habitants. Ceux-ci peuvent en effet choisir le type et l'implantation des fenêtres, les types d'occultations et de protections solaires qu'ils souhaitent pour leur logement. Ils décident également de la géométrie et de l'implantation exacte de leurs balcons et des accessoires dont ils sont équipés tels que garde-corps, bacs plantés ou armoires. L'ensemble des façades exprime ainsi, par sa variété, la richesse et la diversité de la communauté de ses habitants.

Le second projet est « Eqlo », à Floirac, que nous réalisons actuellement pour le promoteur Quartus. Il s'agit d'un bâtiment en structure bois, organisé autour de deux cages d'escaliers, conçu selon le modèle du « cadavre exquis architectural ». Le dispositif de régulation et la bibliothèque paramétriques ont été légèrement modifiés afin de répondre aux conditions urbaines et climatiques du site. La liberté de création des logements y est particulièrement grande puisque les acquéreurs peuvent configurer la taille et le volume de leur logement, les aménagements intérieurs, la taille, l'implantation et le type de garde-corps des balcons, ainsi que les éventuels jardins d'hiver. Une peau noire en bois brûlé unifie l'ensemble architectural.

2

3

1 Degioanni JF et Kiraly B, « L'immeuble comme un quartier vertical », entretien, *Le Moniteur*, N° 6028, 3 mai 2019, pp.16-17.
2 Gontier P, « Réinventer l'habitat collectif en ouvrant la parole aux habitants », tribune libre, *ArchiSTORM*, Paris, N° 94, janvier 2019.
3 Gontier P, *HOME, Habitat ouvert et sur mesure*, Museo éditions, 26 avril 2018.
4 Adivbois, « Concours national. Immeubles à vivre en bois », Dossier *Le Moniteur*, 22 septembre 2017, www.adivbois.org/wp-content/uploads/Dossier-ADIVBOIS-LeMoniteur-sept17.pdf

2 Perspective du projet « Cadavre exquis », Paris, architecte Atelier Pascal Gontier (© KDSL)
3 Perspective du projet « Eqlo », Floirac, architecte Atelier Pascal Gontier (© Jeudi Wang)

La modularité au service des espaces d'enseignement

Raffael Graf est architecte ETH / SIA et associé du bureau Bauart à Berne, Neuchâtel et Zurich <r.graf@bauart.ch>

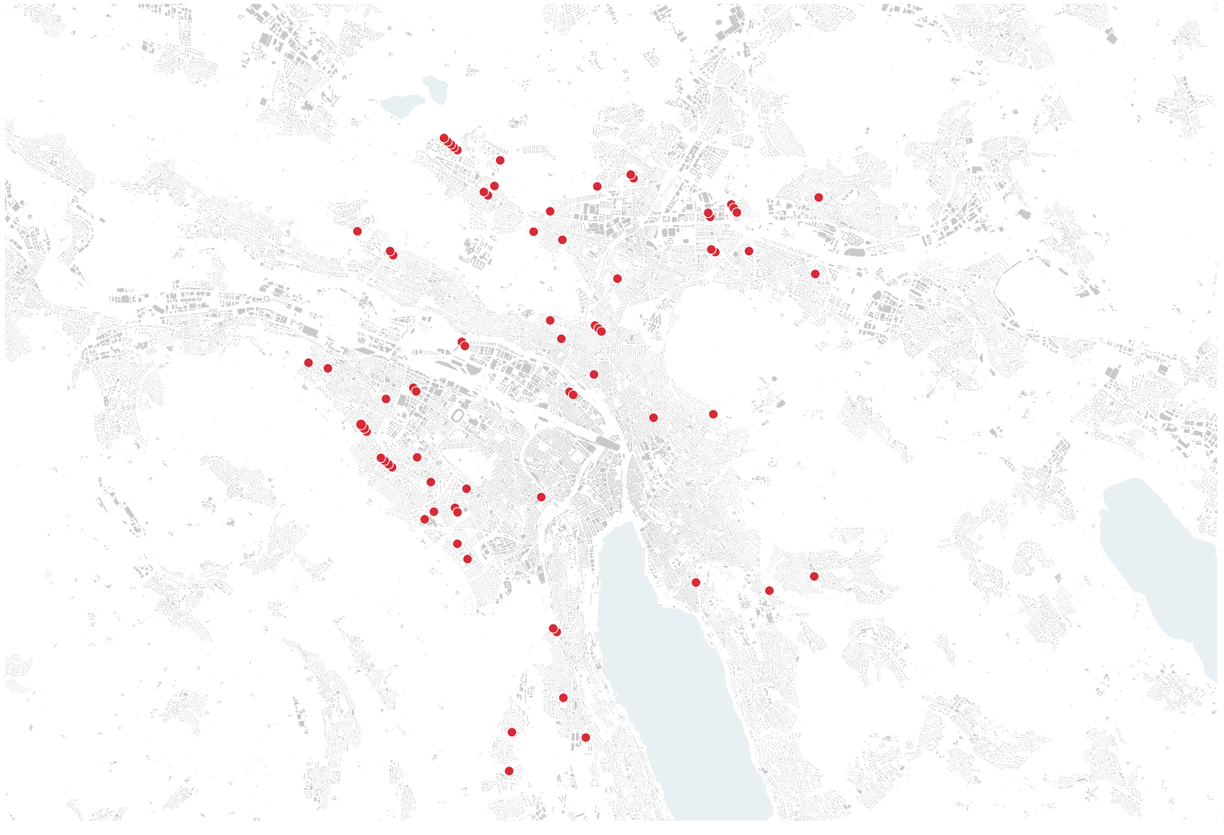
Emmanuel Rey, professeur de projet d'architecture à l'EPFL, directeur du Laboratoire d'architecture et technologies durables (LAST) et associé du bureau Bauart à Berne, Neuchâtel et Zurich <rey@bauart.ch>

Répondre aux besoins d'espaces scolaires confronte les responsables municipaux à des questions touchant simultanément à l'espace et au temps. Au sein d'un territoire donné, la variation des besoins en la matière est d'ordre à la fois démographique et géographique. Il n'est ainsi pas rare que des décalages apparaissent entre les effectifs scolaires et les espaces disponibles dans certains quartiers. L'architecture modulaire peut contribuer à répondre à ces situations mouvantes, lorsqu'elle parvient à intégrer les notions d'adaptabilité, de durabilité et de qualité. La présentation de la démarche «Züri-Modular», conçue par le bureau Bauart et mise en œuvre depuis deux décennies dans la ville de Zurich, permet d'illustrer ces potentialités.

UNE PROBLÉMATIQUE RÉCURRENTE

Près d'un million d'enfants effectuent actuellement leur scolarité obligatoire en Suisse. Ils sont répartis dans environ 11 000 bâtiments scolaires. Au cours des 15 dernières années, le nombre d'élèves n'a fluctué que de 3 % à l'échelle du pays. Une lecture rapide de ces chiffres pourrait donc laisser penser que les besoins d'espaces d'enseignement évoluent peu. Mais ce serait une erreur de faire ainsi abstraction de la dimension éminemment territoriale de la question. Si le nombre d'élèves diminue dans certaines localisations périphériques, il augmente parallèlement, parfois subitement et fortement, dans les communes d'agglomérations[1].

Dans ce contexte, il est fréquent que les communes en croissance voient leurs besoins d'espace augmenter plus rapidement que la possibilité de construire de nouveaux édifices scolaires. Pour y remédier, l'idée de réaliser des pavillons temporaires ou de louer des conteneurs, assez souvent sans grandes considérations pour les enjeux écologiques ou les conditions de confort des usagers, existe depuis longtemps déjà. Initiée pour répondre à une situation d'urgence en 1998, la démarche développée pour la Ville de Zurich présente l'originalité de s'inscrire aujourd'hui dans une gestion stratégique pensée à l'échelle de l'ensemble du territoire communal et, au fur et à mesure des améliorations, dans une recherche constante de la qualité. En même temps, les pavillons «Züri-Modular» développés dans ce cadre s'inscrivent dans la continuité d'une longue tradition de la ville de Zurich : les premières constructions scolaires de ce genre remontent à 1903 déjà[2].



1

2

1 Plan des emplacements des différents pavillons «Züri-Modular» édifiés à ce jour dans la ville de Zurich (© Bauart)

2 Implantation d'un pavillon «Züri-Modular» au cœur d'un parc arboré. Entreprise Blumer-Lehmann (© Bauart/Ruedi Walti)

DES PAVILLONS À CARACTÈRE ÉVOLUTIF

Basé intrinsèquement sur les principes de l'architecture modulaire, «Züri-Modular» permet de réaliser des pavillons de configurations diverses, jusqu'à trois niveaux superposés, pour répondre aux besoins évolutifs en matière d'écoles primaires, de jardins d'enfants et de crèches. Flexibles et fonctionnels, les pavillons peuvent être démontés et transportés vers un nouvel emplacement, surélevés d'un étage supplémentaire ou encore combinés avec d'autres bâtiments du même type[3].

Les spécificités spatiales, constructives et techniques de ces modules préfabriqués en bois permettent par ailleurs de répondre à de hautes exigences spatiales, environnementales et énergétiques[4]. Valorisant la construction en bois, en tant que ressource locale et savoir-faire endogène, les pavillons répondent notamment aux exigences Minergie-ECO. Grâce à leurs caractéristiques qualitatives, leurs spécificités architectoniques et leurs stratégies bioclimatiques, ils bénéficient par ailleurs d'une bonne réceptivité des responsables scolaires et des utilisateurs, tant enseignants qu'écoliers[5].

À ce jour, près de 70 pavillons, représentant plus de 1500 modules, ont été construits sur le territoire de la ville de Zurich et d'autres sont planifiés pour être mis en service d'ici à 2025. Démontrant la flexibilité et l'adaptabilité du système, certains d'entre eux ont par ailleurs déjà été déplacés sur un nouveau site, agrandis ou surélevés après leur première mise en service.

3

UNE DIMENSION ÉCOSYSTÉMIQUE

D'autres communes à forte croissance démographique rencontrent des problèmes similaires. La démarche zurichoise a ainsi amené Bauart à développer en parallèle des pavillons du même genre dans plusieurs autres communes helvétiques, en particulier « Modular Thun » pour la Ville de Thoune, « Modular Zug » pour la Ville de Zoug ou encore « modular-x » dans la localité zurichoise de Männedorf[6].

Tous ces projets apportent des réponses innovantes, en léger décalage par rapport aux pratiques courantes, surtout dans un pays où la pérennité et la stabilité font partie intégrante des fondamentaux. Au travers de ces pavillons scolaires, c'est finalement « l'ensemble du territoire qui est interpelé, avec des possibilités de réaliser des chantiers dans des temps très courts, de répondre à des demandes ponctuelles et temporaires, de densifier des sites peu accessibles, de créer des extensions, d'inventer des programmes hybrides. »[7]

En offrant des surfaces d'enseignement flexibles, adaptables et mobiles, l'architecture modulaire se conçoit ici non comme une alternative qui s'opposerait à la construction d'édifices pérennes, mais comme

4

un complément à l'ampleur considérable du bâti existant. Concrétisant à son échelle l'émergence d'un nouveau paradigme, chaque pavillon constitue ici simultanément un objet construit, dont la portée architecturale s'exprime à l'échelle du site sur lequel il s'implante, et la composante d'une perspective écosystémique plus vaste, en lien avec l'allocation spatio-temporelle des ressources au sein de territoires urbains en transition.

1 Westermann R, « Des solutions pour les planificateurs d'écoles », modulart.ch, avril 2019.
2 Stadt Zürich, « Schulpavillons Stadt Zürich 1903-2017 », Zurich, décembre 2017.
3 Huss W, « Modulare Schulen in Zürich (CH) » in Holzbau Raummodule, *Detail*, Münich, 2018, pp. 97-99.
4 Aeberhard B, « Mit Modulen gegen die Raumnot », *Architese*, 2003, 2, pp. 66-69.
5 Interview de Peter Hess, directeur des constructions de la Ville de Zurich de 1997 à 2009. *Hochparterre*, Cahier spécial « Bauen mit System | Bâtir en systèmes », mai 2017, pp. 12-13.
6 Hönig R, « La famille modulaire ». *Hochparterre*, Cahier spécial « Bauen mit System | Bâtir en systèmes », mai 2017, pp. 8-9.
7 Mariolle B, « Penser en systèmes », *ArchiSTORM*, 2017, Hors série 28, pp. 70-75.

6

3-4 Pavillons scolaires « modular-x » à Männedorf. Entreprise Blumer-Lehmann (© Bauart / Ruedi Walti)
5-6 Pavillons scolaires « Modular Zug » conçus pour répondre aux besoins de la ville de Zoug. Entreprise Blumer-Lehmann (© Bauart / Jürg Zimmermann)

L'efficacité technique au service de la générosité d'usage

Guillaume Pujol, architecte associé, ppa architectures, Toulouse, France <g.pujol@ppa-a.fr>

La résidence Adoma «Toulouse Fronton» propose 50 logements sociaux de construction modulaire en bois. Elle s'inscrit dans le cadre de la recomposition d'un site d'habitat très social situé place des Papyrus - une cour collective plantée bordée d'immeubles - au nord de Toulouse.

OBJECTIFS

Une nouvelle construction sur la place des Papyrus implique une mise en cause de l'organisation et de la densité bâtie du site, donc, potentiellement, de la qualité d'usage et de confort de ses résidents. Il s'agit ainsi d'implanter le nouveau bâtiment de manière à ce qu'il réorganise positivement les espaces collectifs du site autour de lui, en maintenant la fluidité des liaisons intérieures et au travers du site, et en améliorant l'organisation fonctionnelle de celui-ci. Pour cela, le projet se doit de limiter son emprise au sol et ses vis-à-vis aux bâtiments existants en optimisant sa compacité générale et sa distribution.

Il doit aussi, bien sûr, proposer de nouveaux logements qualitatifs, confortables et ensoleillés.

Ces objectifs d'ordres différents (contexte et usages) sont intimement liés, dans le cadre du projet proposé, à la technique de construction modulaire en bois imposée par le programme du concours.

Il revient donc au projet architectural et technique d'effectuer une synthèse entre la précision «générique» inhérente au système répétitif et dense d'un immeuble modulaire et la spécificité d'un contexte devant pouvoir «accepter» le nouveau bâtiment, par ses qualités propres et celles qu'il peut générer autour de lui[1].

MODULE

Le «matériau» de base du projet est donc le module habitable – se prêtant bien à la programmation de petits logements individuels de 20, 24 et 32 m² – distingué en trois types, entièrement construits et aménagés en atelier[2].

Ces modules fonctionnent comme des chambres d'hôtel regroupant, côté couloir commun, une entrée et la salle de bain; la pièce de vie se développant côté façade et la kitchenette intégrée s'adossant au bloc de la salle de bain.

Leur structure autoportante et indépendante (sol, murs et plafond) est constituée de panneaux de bois contrecollés de forte épaisseur (CLT de 50 à 100 mm). Une dalle mince de béton de 7 cm d'épaisseur est rapportée sur le plancher afin d'améliorer l'acoustique et l'inertie du bâtiment. Ces modules ont une largeur commune de 3,50 m afin de pouvoir être transportés par la route.

ADAPTATION DU SYSTÈME AU CONTEXTE

Le mode constructif développé est un système dont la flexibilité est suffisante pour s'ajuster finement au site de la place des Papyrus – imposant de maîtriser des vis-à-vis au sud et à l'ouest et autorisant des vues privilégiées à l'est[3].

La composition du plan-type du projet procède donc de la manipulation du plan standard d'un bâtiment à couloir central, par glissements et rotations consécutifs de modules pour s'ajuster en redents successifs à la limite de constructibilité nord du site, de manière à préserver au maximum de larges espaces libres au sud et à l'ouest.

Les modules de logements se tournent en quasi-totalité vers l'est et le sud et un bloc de circulations verticales unique en béton armé contribue à la stabilité générale du projet; il dessert à chaque niveau un couloir - coursive intérieur tantôt central, tantôt latéral, donc largement éclairé naturellement. Ce plan-type est reproduit sur trois niveaux (hauteur maximale réglementaire en termes d'urbanisme local et de classement incendie autorisant un seul escalier de secours).

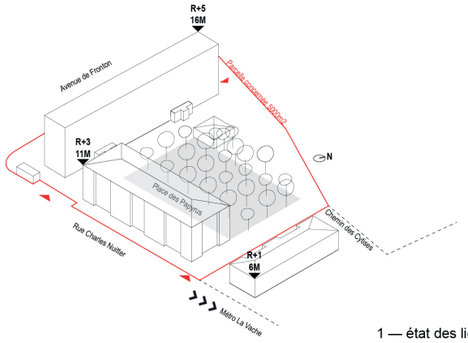
Le niveau du rez-de-chaussée constitue une variante du plan courant, conservant des logements à l'est et organisant un hall d'entrée desservi par un large porche et des services communs au site (administration, stationnement pour vélos et locaux techniques) côté ouest, au droit des espaces libres préservés et réaménagés de la place des Papyrus.

Le bâtiment obtenu est donc unitaire et compact mais aussi varié dans sa matérialité, offrant une perception contrastée par l'usage de deux types de façades adaptés à leur situation.

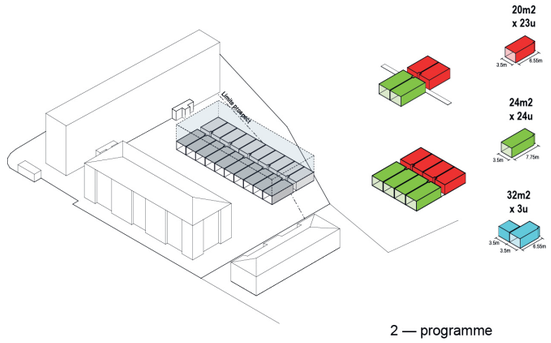
La façade pignon ouest et certains pans de façades nord et sud (aveugles ou percés des baies de circulation) sont revêtus d'un bardage métallique ondulé opaque ou micro-perforé en aluminium naturel à l'aspect réfléchissant, atténuant la présence du nouveau bâtiment par ses apports indirects d'ensoleillement aux bâtiments existants et le reflet de l'environnement paysager voisin.

Les façades comportant les baies de logements sont composées de grands cadres de bois naturel juxtaposés, intégrant la porte-fenêtre vitrée en aluminium toute hauteur de chaque logement (1,70 par 2,50 m), ainsi qu'un garde-corps vitré et un volet coulissant d'occultation en aluminium. Ces façades assument donc la répétitivité du procédé constructif modulaire en bois, mais aussi une part d'aléatoire liée à l'ajustement particulier du volet coulissant de chaque logement par son habitant.

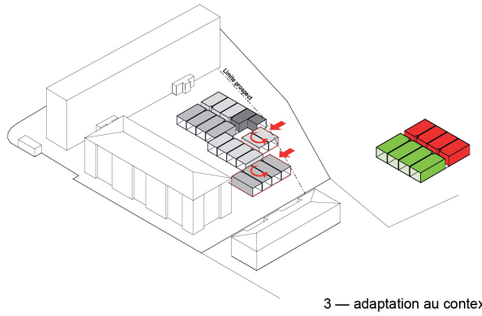
L'espace collectif (la place des Papyrus reconfigurée), libéré au droit du porche du nouveau bâtiment, est amé-



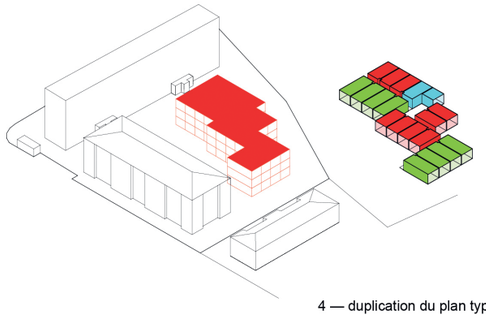
1 — état des lieux



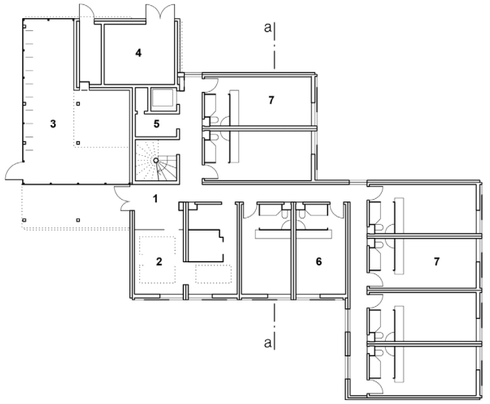
2 — programme



3 — adaptation au contexte



4 — duplication du plan type 1



1 — entrée
2 — administration
3 — local vélo
4 — chaufferie
5 — local entretien
6 — appartement 20m²
7 — appartement 24m²
8 — appartement 32m²

2

1 Schéma contexte et assemblage (© ppa architectures)
2 Plans (© ppa architectures)

3 Vue extérieure (© Philippe Ruault)

nagé et équipé de longues assises, en interface des trois bâtiments le bordant désormais.

Pérennisant le lieu de partage et de passage qu'était déjà la place des Papyrus, la « frange » nord du site est un espace de pleine terre paysager organisant la gestion de toutes les eaux pluviales du site et supportant un cheminement public est-ouest, vers la station de métro voisine.

AGENCEMENT DES MODULES ET CHANTIER

Les modules finis sont transportés sur le chantier, juxtaposés et empilés très précisément en trois semaines. Ils reposent sur un réseau de fondations ponctuelles réalisé préalablement.

Les couloirs de circulations horizontales sont constitués d'un plancher spécifique. Les réseaux généraux verticaux ou en plafonds des circulations et les finitions des parties communes sont réalisés sur site, au fur et à mesure de la mise en place des modules.

Les finitions d'isolation extérieure et de bardage sont réalisées in situ afin d'améliorer l'homogénéité et la qualité perçue de l'enveloppe isolée du bâtiment.

RETOUR D'EXPÉRIENCE

En recourant pour la première fois à un système modulaire « 3D » en CLT, nous avons été confrontés – conjointement à l'entreprise Pyrénées Charpente impliquée dès l'origine du projet – à des complexités techniques, mais surtout réglementaires, liées à la relative inadéquation des nombreuses normes françaises à ce type de procédé nouveau (en France). Cependant, l'objet social de ce programme et l'intérêt technique du sujet nous ont aidé à transcender ces difficultés.

Notre « credo » d'architectes-constructeurs nous pousse en effet vers des options techniques précises et optimisées – co-conçues avec l'entreprise – au service de la qualité spatiale et d'usage de nos bâtiments.

Au-delà de la vertu environnementale non négligeable de ce type de construction[4], la construction modulaire offre des standards de qualité supérieurs, liés au confort de travail des ouvriers à l'atelier.

La « petite série » artisanale constituant le projet nous a également permis de tester la flexibilité de ce système ; ce qui nous autorise à penser (modestement) que l'on peut produire une architecture économique, de qualité et spécifiquement adaptée à son contexte avec un procédé de construction modulaire.

1 Guislain M, « Le module se prête au sur mesure », Le Moniteur.fr, https://www.lemoniteur.fr/article/le-module-se-prete-au-sur-mesure.609379, 24 mars 2017.
2 Culetto L, Demeure di Latte S, Jouany C, Sailly-Marchand C, « Des structures modulaires adaptées aux différents publics », *La Clé*, Les cahiers thématiques, numéro 1, p. 8-9, mars 2015.
3 B F, « Modularer Wohnungsbau in Toulouse », *Detail*, issue 7-8, janvier 2017.
4 BBCA, Association pour le développement du bâtiment bas carbone, « Bâtiments pilotes », www.batimentbascarbone.org/batiments-pilotes, 26 novembre 2015.

ASSOCIATION ECOPARC

L'association Ecoparc se profile depuis plus de quinze ans comme une vitrine et un laboratoire du développement durable dans l'environnement construit. Elle se situe au cœur d'un réseau dense et professionnel, composé d'acteurs des milieux public, privé, académique et associatif. Elle propose un regard pertinent et proactif, en concevant différents événements et outils de communication qui favorisent les réflexions et les échanges entre particuliers et organisations. Elle se situe au carrefour d'une information fiable et de qualité, notamment par le biais d'une newsletter électronique, recensant l'actualité de l'environnement construit durable, d'expositions, de conférences, de débats, de plateformes et de forums.

L'association Ecoparc se positionne également en tant que pépinière de projets novateurs et génératrice de réseaux d'acteurs de l'environnement construit. Emblématique de cette démarche, la plateforme de l'urbanisme durable « urbaine.ch » promeut ainsi le dialogue entre experts et grand public en mettant en valeur des projets d'urbanisme ayant des composantes de durabilité. Neutre, apolitique et sans but lucratif, l'association est un interlocuteur privilégié pour conduire des plateformes collaboratives, à l'instar du programme Energie du Réseau des Villes de l'arc jurassien, de la plateforme neuchâteloise de l'urbanisme durable urbaine.ch, du réseau de management durable remad.ch, ou encore de la plateforme Mobilité durable des entreprises neuchâteloises.

Informations détaillées sur www.ecoparc.ch

MODULART

La plateforme modulart.ch se présente comme un laboratoire en ligne mettant en lumière les multiples spécificités de la conception en systèmes et de la construction modulaire. Dans cette optique, elle met en exergue de nombreuses réflexions sur la qualité architectonique et la prise en compte de la durabilité dans ce type d'approches. Elle présente toute une gamme de démarches exemplaires, réalisées par des architectes et des maîtres d'ouvrage visionnaires, soutenus par des spécialistes et des entrepreneurs inventifs.

Initiée en 2017 par le bureau Bauart en collaboration avec la revue d'architecture, de planification et de design *Hochparterre*, la plateforme modulart.ch est devenue le lieu de rendez-vous des principaux acteurs de ce domaine. Par son approche originale, elle contribue à nourrir régulièrement le débat contemporain sur l'émergence d'une architecture modulaire et durable. Fort de son succès initial dans les régions germanophones, le site se décline également en français depuis 2018, s'enrichissant ainsi de la diversité culturelle du monde francophone.

Les échanges générés par cette initiative révèlent l'existence de multiples démarches architecturales qui se signalent par leur caractère prospectif, pionnier et innovant en matière de modularité. La plateforme contribue ainsi à encourager divers acteurs de l'environnement construit à développer de telles approches dans une perspective de qualité, d'inventivité, d'adaptabilité et de durabilité.

Informations détaillées sur : www.modulart.ch

association Ecoparc

modulart
Labor für modulares Bauen

Partenaires officiels de l'association Ecoparc

bauart
BCN
SCHWAB SYSTEM
BOIS - BATIMENT - AUDITORIUM
viteos
toutes vos énergies
jura cement
Juracime SA - Cornaux

IMPRESSUM

Cahier spécial de *TRACÉS* –
Bulletin technique de la Suisse romande
Supplément à *TRACÉS* n° 21 | 8.11.2019

Production et diffusion
TRACÉS – Bulletin technique
de la Suisse romande
Rue de Bassenges 4, 1024 Écublens
Tél. 021 693 20 98
www.espazium.ch/traces

Éditeur
espazium – Les éditions pour la culture
du bâti
Zweierstrasse 100, 8003 Zurich
Tél. 044 380 21 55, fax 044 380 21 55
verlag@espazium.ch

Katharina Schober, directrice des éditions
katharina.schober@espazium.ch
Hedi Knöpfel, assistante
hedi.knoepfel@espazium.ch
Martin Heller, président

Impression
Stämpfli SA, Berne

Abonnements
Stämpfli SA, Berne
Tél. 031 300 62 53
abonnemente@staempfli.com

La reproduction totale ou partielle
des images et du texte est autorisée uniquement avec la permission écrite de l'éditeur.

association Ecoparc

modulart
Labor für modulares Bauen