



PEER REVIEW

PRÉFABRICATION LÉGÈRE ET CONSTRUCTION SOUTENABLE

Giovanni Conca

L'industrialisation de la construction a été un sujet récurrent de l'architecture moderne, de ses débuts à la fin du XIX^e siècle jusqu'à ses dernières étapes dans les années 1970-1980. Cette question est passée au second plan dans les pays occidentaux, alors que d'autres nations à forte croissance, comme la Chine, ont connu un considérable investissement technologique dans le secteur de la construction, et une production de bâtiments à grande échelle sans précédent. Aujourd'hui, avec la diffusion des technologies numériques et la robotisation, l'architecture fait sans doute l'objet d'un processus d'innovation beaucoup plus soutenu que dans le passé, lorsque les modèles et les systèmes de préfabrication industrielle étaient théorisés et pratiqués de manière limitée. Quelles sont donc les raisons qui expliquent la persistance de techniques de construction largement obsolètes et le recul par rapport à l'industrialisation du

bâtiment dans les pays occidentaux ? Sans doute des raisons économiques, dues à la récession du marché du bâtiment, mais aussi des raisons idéologiques, qui ont également échoué, ainsi qu'un environnement technologique profondément modifié. Comme l'a souligné Antoine Picon, la plupart des réflexions et des expériences sur l'industrialisation du bâtiment ont été liées à des idéaux sociaux et politiques, mêlés étroitement aux préoccupations techniques de l'architecture moderne, qui ont contribué ensemble à délinéer une sorte de « roman industriel¹ ». Cette « mise en récit » se serait articulée autour d'un certain nombre de thèmes et de préoccupations, que Picon passe en revue. D'abord elle aurait été inspirée par le souhait d'un rapprochement entre les rythmes de la civilisation industrielle et ceux de la production du bâti, comme si la construction était en retard sur l'industrie et

Lacaton & Vassal, Maison Latapie, Floirac, 1993.

© Lacaton & Vassal ; source : www.domusweb.it

décalée par rapport au tempo de l'ère machiniste. Deuxièmement, l'idée selon laquelle l'industrialisation du bâtiment aurait permis de s'affranchir des contraintes du site pour pouvoir édifier à tout endroit. La proposition visionnaire élaborée par Buckminster Fuller au cours des années 1920 est révélatrice à cet égard : fabriquée en aluminium et plastique, la 4D Tower pouvait être transportée par dirigeable et positionnée dans un trou creusé au moyen de bombes. Plus réalistes mais tout aussi animés par le même désir de mobilité et d'émancipation du lieu, étaient les bâtiments à portique de Jean Prouvé, conçus pour être construits en quelques heures sans grue ni autre outillage coûteux grâce à une simple équipe d'hommes. Troisièmement, l'industrialisation se serait inspirée d'une pensée utopique, qui visait à l'universalité ainsi qu'à changer l'homme et la société. La référence aux utopistes du XIX^e siècle était d'ailleurs présente chez un certain nombre d'architectes, dont Marcel Lods qui se proposait de « reprendre la pensée de Considérant, Fourier, Proudhon, en tenant compte que les moyens dont ils disposaient sont multipliés par mille² » à l'aide de l'industrialisation. Il faut également rappeler que ces visions utopiques étaient également encouragées par une politique de *Welfare State* qui a cependant connu une crise dans les années 1970, ce qui a entraîné une remise en cause de l'industrialisation du bâtiment.

Si cette dernière est aujourd'hui en partie de retour, avec la prolifération de recherches et d'expérimentations sur la fabrication assistée par ordinateur, elle est néanmoins marquée par des réflexions et des thèmes très différents de ceux qui caractérisaient la modernité. Premièrement, la question n'est plus la grande série, mais la possibilité de réconcilier industrialisation et création de solutions à chaque fois uniques. Les technologies numériques, également connues sous le nom de technologies *file to factory*, appliquées à la conception de l'architecture et aux objets, permettent d'introduire des variantes dans une production en série sans coût supplémentaire. Dans certaines limites, les produits peuvent désormais être différents – personnalisés au hasard ou par conception – tout en étant reproduits en série, et donc fabriqués au même coût unitaire que s'ils

étaient tous identiques. Ce processus est souvent appelé « personnalisation de masse », une expression qui, loin d'être un oxymore, représente bien un trait essentiel du nouvel environnement numérique : la production de masse et la personnalisation peuvent désormais coexister. Cette révolution technique a d'énormes implications pour la théorie et la pratique de l'architecture : pour la première fois, les architectes doivent faire face à un environnement technologique inéluctable, étranger – mais on pourrait même dire opposé – à toutes les technologies qui ont inspiré le modernisme architectural du XX^e siècle³.

Malgré ce changement majeur, la préfabrication légère, basée sur un assemblage à sec de produits préfabriqués industriellement, semble redevenir un scénario possible pour faire face aux nouvelles exigences d'une qualité globale de l'espace bâti et répondre aux propositions de l'Union européenne en matière d'innovation (European Construction Technology Platform⁴). De nombreuses raisons poussent dans ce sens, tant sur le plan économique qu'environnemental. En ce qui concerne les aspects économiques, plusieurs avantages accompagnent la préfabrication légère. D'abord, elle permet d'obtenir des économies d'échelle dans la production en série des composants ainsi que la réduction du temps de construction ; deuxièmement, elle rentabilise l'emploi des matériaux et limite la main-d'œuvre requise ; enfin, l'exiguïté de l'aire nécessaire à l'assemblage *in situ* rend cette solution particulièrement adaptée aux projets de réhabilitation dans les zones urbaines, où l'espace restreint limite l'aménagement de grandes surfaces pour le chantier. C'est toutefois l'aspect environnemental qui rend particulièrement intéressante une refonte de la construction dans le sens de la préfabrication légère et de l'assemblage à sec. Les politiques récentes de soutien au développement durable et à l'économie circulaire imposent en effet au secteur du bâtiment de s'orienter vers des solutions permettant de réduire la consommation d'énergie, les déchets et de recycler les composants et les matériaux. La réversibilité, propre aux procédés d'assemblage à sec, permet de mettre en œuvre des logiques de démontage, de remplacement, de réutilisation et de recyclage indispensables à l'optimisation et à la performance de l'environnement bâti. En tout état de cause, aujourd'hui comme hier, la nécessité d'une vision sociale et politique demeure indispensable pour relancer l'industrialisation de la construction.

La construction industrielle à sec au cours du XX^e siècle

On estime que l'assemblage à sec d'éléments préfabriqués est une pratique moderne, liée à l'industrialisation et répandue depuis le milieu du XIX^e siècle. En réalité il s'agit d'une méthode de construction dont les racines sont bien plus anciennes et qui s'exprime magistralement dans le système *blockbau*. La maison rurale Walser en est probablement l'exemple le plus abouti, résultat d'une planification rigoureuse lors du déboisement, du transport et, surtout, du montage des éléments, grâce à laquelle il est possible de remplacer des parties et même éventuellement de déplacer la construction.

Néanmoins, c'est avec la révolution industrielle que les formes de l'architecture ont connu un changement fondamental, tant dans l'utilisation des matériaux que dans la pratique

Jean Prouvé, Eugène Beaudouin, Marcel Lods, Aéroclub Roland-Garros, Buc, 1935. © Fonds Jean Prouvé. Centre Pompidou – MNAM/CCI-Bibliothèque Kandinsky ; source : www.jeanprouve.com





Transport communautaire de poutres de mélèze pour la construction du Block-bau, Loetschental, v. 1920. © W. Derichsweiler, 1920; source: Luigi Zanzi, Enrico Rizzi, Le Alpi, architettura e civilizzazione, Fondazione Enrico Monti, Domodossola, 2016, p. 93.

d'assemblage d'éléments produits en série⁵. Les possibilités liées à l'emploi du fer, puis de l'acier, ont entraîné des changements importants dans les technologies du bâtiment et dans la manière même de concevoir l'architecture : les premiers systèmes constructifs basés sur une structure porteuse à squelette ont été mis au point, d'abord dans les bâtiments industriels à plusieurs étages, puis dans les immeubles commerciaux et d'habitation. En outre, a fait également son apparition la partition des murs extérieurs en éléments modulaires répétés et exécutés en usine. Ces systèmes, quoiqu'encore peu développés par rapport aux techniques traditionnelles, ont permis de transférer une grande partie des opérations du chantier à l'atelier, apportant des transformations significatives dans l'organisation du processus de construction. Emblématique de cette nouvelle approche est la réalisation à Londres en 1851 du Crystal Palace, démonté et reconstruit l'année suivante à Sydenham Hill. Le gigantesque palais fut réalisé en quatre mois seulement grâce à l'utilisation systématique d'éléments produits en série, et la répétition deux cent trente fois d'un module de huit pieds. Au cours du XIX^e siècle, de nombreuses théories se concentrent sur la compréhension analytique des bâtiments⁶, mettant l'accent sur leur structure ou leur «ossature» et amenant les «éléments de construction» à devenir les points cardinaux de la composition⁷. Cette assimilation du bâtiment à un «organisme», à disséquer «pièce à pièce», marque l'apothéose de l'architecture du XX^e siècle et le début d'une conception fonctionnelle, en référence à la technique et aux problèmes posés par la production industrielle. Ainsi, la charpente métallique et celle en béton armé deviennent-elles la simplification maximale d'un schéma qui peut être réitéré et réduit à un nombre minimal de pièces⁸. Aux États-Unis, ces pratiques sont largement adoptées dès les premières décennies du XIX^e siècle, pour les constructions résidentielles préfabriquées telles que les *log cabins* et les *compact houses*, ensuite avec le *ballon frame* mis au point vers 1830 par l'ingénieur George Washington Snow. Frank Lloyd Wright est l'un des premiers architectes à s'intéresser à la standardisation de l'habitat, en développant entre

1915 et 1917 l'*American System-Built Houses*. Avec ce système, l'architecte américain ne prévoit cependant pas une préfabrication industrielle, mais plus simplement la découpe du bois et d'autres matériaux en usine, puis leur assemblage sur le chantier, réduisant ainsi les déchets et économisant les salaires versés aux ouvriers.

En Europe, l'application des méthodes industrielles à l'architecture est envisagée et théorisée par le Deutscher Werkbund et le Bauhaus pour assurer une construction qui soit avant tout économique. La réalisation du quartier modèle du Weißenhof à Stuttgart en 1927 signale symboliquement non seulement la naissance d'une nouvelle architecture, qualifiée de Mouvement moderne par l'historiographie pour des raisons idéologiques et chronologiques, mais aussi introduit des techniques de construction novatrices liées à une logique de production industrielle. Parmi les vingt et un bâtiments modèles de différentes typologies, conçus par les architectes les plus célèbres de l'époque, les réalisations de Walter Gropius sont particulièrement intéressantes. Avec les deux maisons numéros 16 et 17⁹, l'architecte allemand cherche à mettre en pratique «de nouvelles solutions pour la construction à sec [*Montagebau*]» dans l'intention d'explorer «les possibilités d'une production en série de maisons [*Wege zur fabrikatorischen Hausherstellung*]¹⁰».

La même année, l'architecte Richard Neutra entame la construction de la Lovell Health House, première résidence aux États-Unis construite presque exclusivement à sec, avec une ossature en acier et des éléments modulaires préfabriqués¹¹.

À ces premières approches pionnières font suite des applications plus systématiques avec des composants industriels. Dès les années 1930, Jean Prouvé développe une préfabrication légère avec des éléments complexes usinés en atelier grâce aux nouvelles technologies de l'acier (presse-plieuse et soudage pour la production de tôles composites embouties). Parmi ses œuvres, on peut citer la Maison du Peuple à Clichy (1939), dans laquelle il emploie des panneaux sandwichs métalliques interchangeables suspendus à la structure porteuse, ou encore les nombreuses

solutions de systèmes métal-métal, métal-verre, métal-bois pour la réalisation d'unités d'habitation dans différents contextes. Avec ces projets, Prouvé exprime et anticipe une attention particulière aux exigences de transport et d'assemblage, ainsi qu'à l'économie et à la réversibilité du processus de construction¹². Dans le cadre des recherches sur les techniques à sec, Richard Buckminster Fuller réalise également des projets remarquables, tels que la Dymaxion House (1927), la Dymaxion Deployment Unit¹³ (1940) et la Wichita House (1946), avec le but d'amener la construction au niveau d'avancement technologique atteint dans d'autres secteurs. Conçue à partir de pièces à assembler produites en série et d'un coût comparable à celui d'une voiture, la Dymaxion House vise par ailleurs à une autonomie dans la consommation d'énergie : la maison est en effet équipée d'un réservoir de carburant et d'une fosse septique à l'intérieur, ainsi que de citernes pour récupérer l'eau de pluie, et d'un système complexe de lentilles pour capter les rayons du soleil afin de chauffer et d'éclairer de manière naturelle l'habitation. Vers la fin de la guerre, Walter Gropius et Konrad Wachsmann, expatriés aux États-Unis, développent entre 1941 et 1944 la Packaged House en utilisant le bien connu General Panel System. Le système est constitué par un module de 40 pouces et 10 types de panneaux de 40 × 120 pouces, conçus pour être utilisés comme planchers, plafonds ou murs, et fixés entre eux à l'aide d'un ingénieux connecteur métallique à 4 voies. La solution proposée par les deux architectes allemands est particulièrement appréciable, non seulement pour la perfection technique atteinte dans le schéma d'assemblage et les joints, mais surtout parce qu'il s'agit du premier système ouvert prévu pour offrir d'innombrables configurations spatiales, contrairement aux autres kits de préfabrication de l'époque dans lesquels l'unité modulaire est à l'échelle de la pièce¹⁴.

Malgré ces solutions ingénieuses de construction sèche avec des composants légers, l'industrialisation du bâtiment d'après-guerre, dans les

pays qui l'appliquent, est principalement orientée vers une préfabrication « lourde », caractérisée par des éléments en béton armé, le plus souvent fabriqués en chantier et assemblés avec un coulage d'achèvement ou du mortier. Il faudra attendre les années 1970 pour que se développe une conception centrée sur une préfabrication dite « ouverte », le *componenting*¹⁵, fondée sur une logique impliquant l'utilisation de composants adaptables à de multiples projets au-delà des limites fixées par chaque système¹⁶. Quoique de nombreux efforts aient été déployés pour créer un marché unifié des éléments de construction sur la base d'une coordination modulaire, cette stratégie s'est avérée un échec : d'une part à cause de la difficulté d'établir *a priori* les types de connexion, compte tenu de la variété des solutions disponibles dans plusieurs pays, et d'autre part à cause de la réticence de l'industrie à changer radicalement ses critères de production.

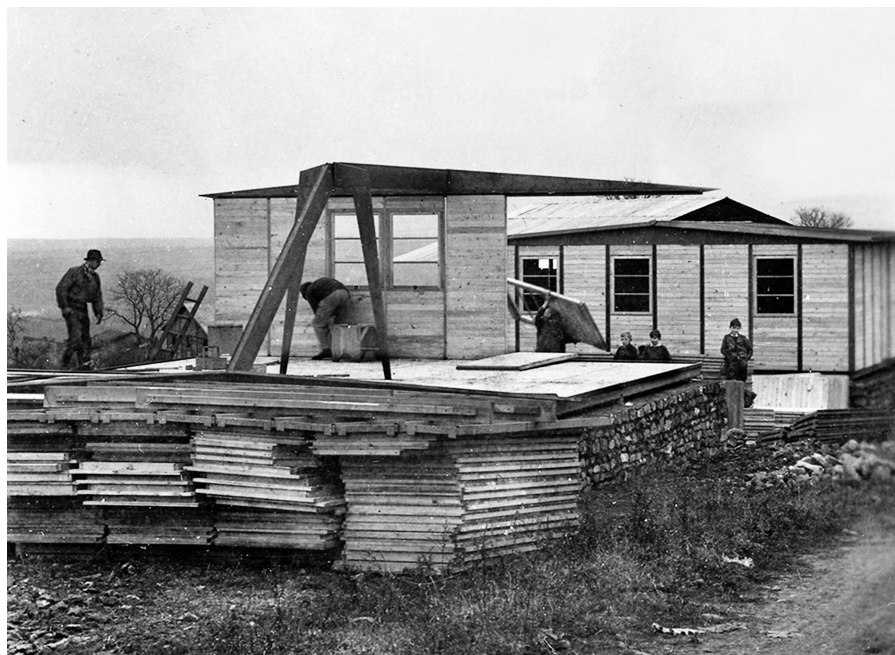
En dehors de quelques expériences isolées menées dans les années 1970 et 1980 par des architectes du courant *high-tech*, dont Helmuth Schulitz, Norman Foster, Richard Rogers et Michael Hopkins, l'assemblage à sec d'éléments finis est resté une pratique peu courante. Néanmoins, elle représente une perspective encore largement à explorer et à concrétiser pour parvenir à une méthode de construction qui puisse faire face aux conditions multiples et complexes imposées par la contemporanéité.

Une méthode de construction moderne pour relever les défis du XXI^e siècle

Bien qu'elles aient suscité un intérêt particulier au cours du XX^e siècle, c'est seulement dans ces dernières années que les techniques d'assemblage à sec ont fait l'objet d'une réévaluation. Plusieurs facteurs expliquent cette orientation : l'exigence accrue de qualité de la part de l'utilisateur à un coût convenable, la difficulté de trouver

Système Cofraplus 220®, plancher en acier préfabriqué, ArcelorMittal. Source : catalogue ArcelorMittal.





une main-d'œuvre spécialisée, la nécessité croissante de réduire les délais de réalisation et l'augmentation du nombre d'installations techniques.

En effet, le recours au montage à sec permet d'utiliser plus de 80 % de matériaux provenant de l'industrie, contre 50 % dans la construction traditionnelle, ce qui apporte des avantages économiques considérables en raison de la programmation du chantier et de la réduction des ressources nécessaires¹⁷. Le bâtiment, construit à partir de produits issus de processus industriels contrôlés, peut ainsi atteindre les performances de confort requises ; les remplacements et les modifications des pièces sont assurés au fil du temps. Toutefois, cette démarche nécessite un « projet du détail », c'est-à-dire qui doit être planifié dès la première étape, en appliquant une conception soignée qui tienne compte du raccordement entre les parties et de la stratification fonctionnelle des éléments constructifs, jusqu'à la programmation d'une éventuelle procédure de rétroaction, de la phase de réalisation à celle de démolition du bâtiment. Le contrôle, à tous les niveaux, du dessin des connexions, la compréhension du contenu technologique des composants industriels utilisés et la programmation du chantier sont donc essentiels. Tandis que dans le passé l'assemblage était fondé sur des systèmes préfabriqués « fermés », où il y avait peu de place pour des variations, aujourd'hui le projeteur dispose, au-delà d'une série de méthodes de construction industrialisée plus flexibles, d'une variété de composants semi-finis de petite taille, pensés en dehors de toute logique systématique et de toute coordination modulaire, avec lesquels il peut librement composer en fonction des exigences du projet.

Ce renouvellement des conditions opérationnelles et productives permet aux architectes de fonder leur travail sur des « notions techniques semi-finies¹⁸ », plus évoluées, sans renoncer à cette créativité que l'industrialisation avait, dans une certaine mesure, limitée auparavant. Le projet redevient donc un moment où l'on peut exprimer le potentiel de nouvelles solutions, non seulement techniques et de détail, mais aussi compositionnelles et formelles, en étudiant les liaisons

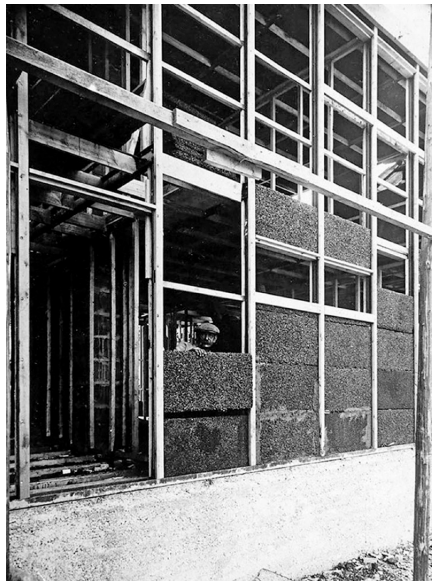
entre les parties de la construction et en résolvant les problèmes qui découlent de la coexistence, au sein d'un même bâtiment, de techniques novatrices et conventionnelles. Ce potentiel, Charles Eames l'avait déjà pressenti et mis en œuvre de manière exemplaire dans l'habitation édifiée en 1949 sur les collines de Los Angeles, la Case Study House n° 8. Cette maison, dessinée quelques années plus tôt avec Eero Saarinen, a été conçue et construite avec des composants utilisés à l'époque dans les bâtiments industriels et assemblés à l'aide de techniques simples. Bien qu'utilisant des produits disponibles sur le marché, Eames a néanmoins réalisé un bâtiment qui n'est pas dépourvu d'intentions esthétiques, faisant preuve d'une grande ingéniosité dans la pratique de l'assemblage. Plus de soixante-dix ans se sont écoulés, mais il subsiste une attitude qui tend de façon générale à banaliser les techniques de construction et à freiner la recherche d'innovations dans les méthodes de bâtir. Au cours des dernières décennies, en effet, les architectes et les projeteurs, percevant la difficulté à contrôler de bout en bout la réalité de la production et à se confronter à la logique industrielle, ont le plus souvent délégué les choix techniques et constructifs aux entreprises. Celles-ci ont certes expérimenté les méthodologies constructives les plus variées, atteignant même dans certains cas des résultats probants, mais elles ont pris comme seul paramètre d'évaluation l'aspect économique de la solution adoptée¹⁹. Les architectes n'ont guère été enclins à s'intéresser à l'industrialisation, ce qui a été l'une des principales causes du décalage qui se produit aujourd'hui entre l'architecture et l'évolution technologique à laquelle on est parvenu dans d'autres secteurs. Actuellement, peu de réflexions sont consacrées au lien entre architecture et industrie, et aux pratiques de rationalisation opérationnelle et organisationnelle en ce qui concerne la préfabrication légère.

Parmi les pays européens, la France est peut-être celui où les plus grands efforts sont faits pour apporter des réponses valides dans ce sens.

On peut citer à ce sujet les réalisations, dont certaines rénovations, du bureau d'architecture

Jean Prouvé, Maison démontable 8x8, Bezaumont, 1945. © Collection privée ; source : www.jeanprouve.com

Walter Gropius, Maison numéro 17 à l'exposition
Am Weißenhof, Stuttgart, 1926-1927
Source: Walter Gropius, «Wege zur fabrikatorischen
hausherstellung», in *Bau und Wohnung*, Deutscher
Werkbund, Stuttgart, 1927, p. 65.



Lacaton & Vassal, qui utilise souvent un système d'assemblage à sec ossature/revêtement, en recourant à des matériaux et à des techniques issus des constructions agricoles et industrielles. Parmi les projets les plus représentatifs de leur production, nous rappelons celui de logements sociaux à Mulhouse, réalisés avec une structure de serre préfabriquée en acier galvanisé recouverte de panneaux transparents en polycarbonate, ou encore les nombreuses maisons construites avec des produits industriels peu coûteux et aisément disponibles.

Encore plus ambitieuses sont les propositions des architectes Éric Dubosc et Marc Landowski, engagés depuis des années dans le développement d'une architecture résidentielle à bas coût. L'intérêt de leur travail consiste en la centralité des questions de montage à sec et de coopération entre les acteurs du processus de construction. En complément de l'étude systématique des

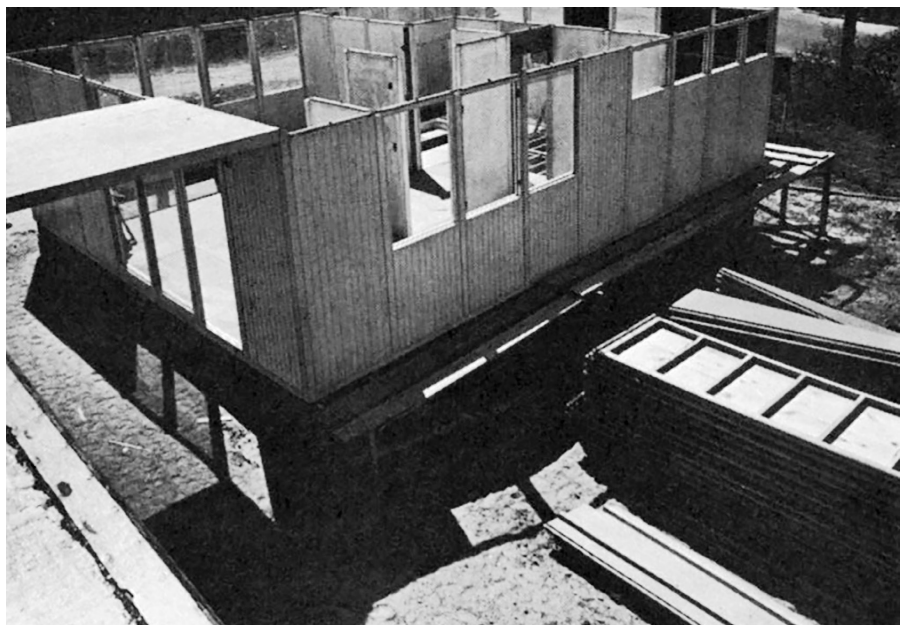
opérations de chantier et de l'application de la filière sèche, les deux architectes parisiens ont ainsi créé le cercle Architecture et Industrie, une association liant leur atelier à une dizaine d'industries du bâtiment intéressées au développement de composants utilisés dans la filière sèche.

Ces expériences françaises, éprouvées et reconnues, montrent qu'il est possible et souhaitable d'intégrer les principes de l'industrie contemporaine dans le *modus operandi* des architectes, et que l'emploi de la préfabrication légère n'entrave ni la liberté d'expression, ni l'atteinte de certaines performances.

Mais le recours aux techniques de construction sèche semble également essentiel pour assurer la soutenabilité, de plus en plus exigée, du secteur du bâtiment. Les systèmes à sec, en effet, peuvent être facilement démontés, tant pour des raisons d'entretien et de réparation des pièces que pour la réutilisation des éléments lorsqu'ils deviennent obsolètes. Alors que dans l'élimination de nombreux produits, le tri et la séparation des matériaux sont depuis longtemps pratiqués, avec un moindre impact sur l'environnement, ces opérations sont rarement appliquées dans le domaine de la construction. Des recherches récentes montrent que la pratique du désassemblage est un processus clé pour une construction durable, afin de minimiser l'extraction de matières vierges et de réduire l'énergie nécessaire pour transformer à nouveau les matériaux usagés²⁰. Il s'agit donc de pouvoir démanteler chaque élément du bâtiment, pour le récupérer par le biais du recyclage ou du remploi, ou pour une gestion optimale des déchets. Plusieurs expériences et études ont été menées à ces sujets, aussi bien par des universités que par des architectes. Par exemple, le bureau 2012architecten²¹ a encouragé une nouvelle pratique, concevant le premier bâtiment résidentiel (villa Welpeloo, Roombeek, 2005-2009) composé à 60 % de matériaux de remploi, grâce à la récupération sur un site industriel désaffecté de profilés en acier et de lamelles en bois provenant de bobines de câbles électriques, utilisées en façade pour le bardage.

De même, la Big Dig House (2005-2006), édifée dans un quartier résidentiel de Lexington,

Walter Gropius et Konrad Wachsmann,
Packaged House, 1943. © President and
Fellows of Harvard College, BRGA.97.171;
source: www.harvardartmuseums.org



près de Boston, par les architectes John Hong et Jinhee Park. La maison est construite avec des profilés en acier et des panneaux de béton provenant du démantèlement de l'autoroute I-93, simplement réassemblés comme s'il s'agissait d'un système préfabriqué. Le montage de la structure n'a pris que trois jours, en utilisant les éléments tels quels, sans les modifier, à l'exception d'une révision et d'un nettoyage.

Au-delà de ces expériences démonstratives, la question du recyclage et du remploi dans le secteur du bâtiment implique, à un premier niveau, une méthode de conception et de construction de l'édifice qui soit réversible. Deuxièmement, il est nécessaire de structurer une filière d'approvisionnement pour les éléments et les matériaux de construction «de seconde main», en désignant des lieux physiques pour leur réception et leur distribution. Dans ce processus complexe qui oriente l'architecture vers des objectifs environnementaux, le concept même de durabilité doit être réévalué. Il n'est pas nécessaire qu'un produit durable soit également soutenable du point de vue écologique. Il faut donc réfléchir au fait que, par rapport à un élément qui résiste longtemps mais qui est difficile à gérer et ne peut pas être réutilisé, il est préférable d'en choisir un autre avec un cycle de vie plus court mais qui peut être récupéré. L'assemblage à sec permet donc une réversibilité qui va de l'étape de construction à celle de déconstruction et de réintroduction des ressources dans un processus proche de la réalité industrielle et des règles de la production.

Réputée au siècle dernier une référence principale pour l'architecture moderne, la préfabrication légère a aujourd'hui franchi les limites qui ont conditionné en partie son emploi, en s'enrichissant par des facteurs de flexibilité, de réversibilité, d'adaptabilité et de soutenabilité. Par conséquent, elle peut être considérée comme stratégie de conception fondamentale et instrument méthodologique pour réaliser des architectures très complexes qui puissent se rapporter au contexte technique, productif et environnemental de notre époque, sans pour autant renoncer à une intentionnalité esthétique. Dans une perspective de convergence entre théorie et pratique, entre moment idéatif et phase constructive, la



Richard Buckminster Fuller, Dymaxion Deployment Unit, exposition au MoMA à New York, 1941-1942.
© The Museum of Modern Art Archives, IN151.9;
source : www.moma.org

préfabrication légère peut être définie, en utilisant une expression d'Eduardo Vittoria, telle une véritable «*ars combinatoria*» qui configure de façon flexible le projet comme «un jeu sur le composant, mais sur le composant intellectuel plutôt que sur un assemblage de pièces» et le transforme en un «collage de possibilités, de suggestions, de solutions²²», adhérant aux besoins changeants et contrastés de la société.

- 1 Antoine Picon, «Histoire et enjeux de l'industrialisation de la construction au XX^e siècle / The history and challenges of industrialised buildings in the 20th century», in Franz Graf, Yvan Delemontey (dir.), *Architecture industrialisée et préfabriquée : connaissance et sauvegarde / Understanding and conserving industrialised and prefabricated architecture*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2012, p. 49-62.
- 2 Marcel Lods, cité in Pieter Uyttenhove, *Marcel Lods. Action, architecture, histoire*, Lagrasse, Verdier, 2009, p. 167.
- 3 Cf. Frédéric Migayrou, Zeynep Mennan (dir.), *Architectures non standard*, Paris, Centre Georges-Pompidou, 2003.
- 4 Nous renvoyons au portail <https://www.ectp.org/>, sur lequel sont présentés des projets promus et financés par l'Union européenne dans le secteur de la construction. Parmi ceux-ci, nous signalons INFINITE et BERTIM.
- 5 La construction métallique des ingénieurs a eu une influence particulière sur l'évolution de l'architecture moderne, aspect souligné par Pevsner dans son ouvrage : *The Sources of Modern Architecture and Design*, Londres, Thames and Hudson, 1968.



Single Speed Design, Big Dig House, Lexington, 2006. Source : Single Speed Design ; www.projectarchitecture.com

- 6 Les influences théoriques furent multiples, de la pensée de Jean-Nicolas-Louis Durand qui, dans son *Précis des leçons d'architecture données à l'École royale polytechnique*, proclamait la nécessité de simplifier, de combiner et d'assembler les différentes parties d'un bâtiment, à la « dissection » de l'architecture gothique par Eugène Viollet-le-Duc. Sur les évolutions des principes compositionnels et constructifs de l'architecture au XIX^e siècle, se référer au texte de Jacques Lucan, *Composition, non-composition. Architecture et théories, XIX^e-XX^e siècles*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2009.
- 7 Sur le rôle central de l'élément de construction dans l'architecture moderne, voir Ezio Bonfanti, « Emblematika della tecnica », in Ezio Bonfanti, Luca Scacchetti, *Scritti di Architettura*, Milan, Clup, 1991, p. 53-79 ; nous renvoyons en particulier au paragraphe « Prestigio dell'elemento costruttivo », p. 60-62.
- 8 Telle était la finalité de la maison Dom-Ino, conçue par Le Corbusier en 1914, qui proposait la standardisation des éléments de construction et envisageait la reproduction en série de l'unité modulaire.
- 9 Pour des raisons externes, seule la maison n° 17 a été construite à sec. Sa structure, prévue en ossature métallique avec des profilés en Z, fut revêtue de panneaux de liège et d'amiante, tandis qu'à l'intérieur, des panneaux Celotex étaient utilisés.
- 10 Walter Gropius, « Wege zur fabrikatorischen Hausherstellung », in Peter Behrens, Deutscher Werkbund (dir.), *Bau und Wohnung*, Stuttgart, Dr. Fr. Wedekind & Co., 1927 ; reproduction en fac-similé : Jürgen Joedicke, Karl Krämer, Stuttgart, 1992, p. 58-67.
- 11 Souvent décrite comme la première maison à ossature métallique des États-Unis, la Lovell Health House est entièrement préfabriquée, à l'exception des fondations en béton et du revêtement des panneaux de façade, pour lesquels a été utilisée la technique du gunitage.
- 12 Voir Jean Prouvé – *die Poetik des technischen Objekts*, Weil am Rhein, Vitra Design Museum, 2006 ; Bruno Reichlin, « Maison du Peuple in Clichy : Ein Meisterwerk Des "Synthetischen" Funktionalismus ? / Maison du Peuple at Clichy : A Masterpiece of "Synthetic" Functionalism ? », *Daidalos*, 18 décembre 1985, p. 90-99.
- 13 En 1940, Fuller conçoit le Dymaxion Deployment Unit, une unité résidentielle économique et fabriquée en série, facile à démonter et à remonter. Le DDU était basé sur la structure de silos et produit par l'un des plus grands fabricants de conteneurs à grains, la Butler Company. Parmi les contributions les plus récentes, voir James Ashby, « The Puzzle of the Dymaxion House : Conservation challenges and Fuller's dwelling machine / L'Énigme de la maison Dymaxion : défis de sauvegarde et machine à habiter de Fuller », in Franz Graf, Yvan Delemonetey (dir.), *Architecture industrialisée et préfabriquée...*, op. cit., p. 99-102 ; Federico Neder, *Les Maisons de Fuller. La Dymaxion House de R. Buckminster Fuller et autres machines à habiter*, Gollion, In-folio, 2008.
- 14 La General Panel Corporation, fondée en 1945 par Wachsmann, réussit à acquérir l'usine Lockheed de Burbank, en Californie, construite pour la fabrication d'avions de guerre, avec l'intention de la convertir pour la production de la Packaged House. Mais le projet ne fut pas lancé au bon moment, car en 1947 le programme de logements d'urgence pour les anciens combattants fut annulé et le gouvernement retira son soutien financier à l'entreprise.
- 15 À l'occasion de la IV^e Exposition internationale de la construction, organisée à Bologne en octobre 1968, le mot *componenting*, absent de tous les dictionnaires mais qui sera utilisé au niveau international, est introduit pour désigner une « approche par composants » et un concept de « système ouvert ».
- 16 La préfabrication ouverte implique une organisation capable de commercialiser et coordonner dimensionnellement des composants produits par plusieurs entreprises. Ces derniers étant interchangeables grâce à la coordination modulaire, ils peuvent être utilisés dans différents systèmes de construction et donc produits en grande série, avec des avantages qualitatifs et économiques.
- 17 Ettore Zambelli, Marco Imperadori, Pietro Antonio Vanoncini, *Costruzione stratificata a secco*, Rimini, Maggioli, 1998, p. 17 sqq.
- 18 Ce constat a été énoncé par Vittorio Gregotti dans l'article : « Elogio della tecnica », *Casabella*, 480, mai 1982, p. 214.
- 19 Un exemple est le système de construction Arval, produit par Arcelor Mittal, qui offre de nombreuses solutions pour façades, toits, planchers et structures métalliques.
- 20 Plusieurs études sur les bénéfices apportés par le processus de déconstruction et de récupération en architecture ont été menées par le Task Group 39 de l'International Council for Research and Innovation in Building and Construction.
- 21 2012architecten est un collectif d'architectes fondé en 1997 et basé à Rotterdam, composé de Jeroen Bergsma, Jan Jongert et Césaire Peeren. Animés par la volonté de réduire l'utilisation des ressources naturelles grâce à l'innovation et à une conception intelligente, ils ont proposé le concept de « superuse », qui, contrairement au recyclage, utilise les matériaux, les composants et les objets dans la forme où ils se trouvent. En 2012, 2012architecten s'est dissout et ses membres ont formé un nouveau collectif appelé Superuse (<https://www.superuse-studios.com/>).
- 22 Eduardo Vittoria, « Il design della scena urbana », in Egidio Mucci (dir.), *Design 2000*, Milan, Franco Angeli, 1994, p. 52.