



Préfabrication et combinatoires

Emergence des processus de personnalisation de masse dans les expérimentations architecturales d'après-guerre.

SOMMAIRE

<i>Introduction</i>	3
I. Reconstruction : la guerre des systèmes	5
a. La mécaarchitecture.....	5
b. La maison usinée : égérie d'une politique de consommation de masse.....	8
c. Les architectes et la politique industrielle.....	11
II. À l'origine de la préfabrication : le bois	14
a. Japon & Scandinavie : De la construction traditionnelle au leadership industriel.....	14
b. Wachsmann, du charpentier au philosophe.....	18
c. Utzon, la génération de la terre.....	22
III. Combinatoires : les clés de la liberté ?	27
a. Articulations et extensibilité.....	30
b. La discrétisation de l'architecture.....	34
c. Combinatoires : diversités génériques.....	37
<i>Conclusion</i>	41
<i>Bibliographie</i>	42

Introduction

En 2008, le Museum of Modern Art de New York faisait le point, à travers une grande rétrospective, sur deux siècles de préfabrication de l'habitat. De fait, si les problématiques du logement préfabriqué se retrouvent régulièrement portés au goût du jour, force est de constater que la pratique est loin d'être nouvelle. Réduite à ses principes essentiels, la notion de préfabrication peut en effet être comprise comme une méthode de construction au cours de laquelle les éléments constructifs, une fois produits, sont acheminés pour être assemblés sur un site distant. Outre un phénomène de délocalisation de la production, on parlera alors de nomadisme de la construction, et d'indépendance du bâti vis-à-vis du contexte d'implantation, tant dans sa forme que dans sa constitution. Dès lors, une rapide étude de l'histoire de l'architecture mondiale permet de constater l'ampleur du phénomène: développé depuis l'antiquité, il a pris en Scandinavie ou dans l'Est asiatique un essor réel bien avant les prémices de l'ère industrielle, au point d'y devenir au XVIII^e siècle l'une des méthodes de construction les plus répandues de ces territoires à riche patrimoine forestier. Les puissances occidentales vivent alors à l'ère des empires coloniaux. La conquête des territoires africains et américains obligent les pionniers des différentes puissances engagées dans la course à la colonisation à ériger le plus rapidement possible des villes nouvelles destinées à recevoir les prochaines vagues d'émigration. Les convois transportent leurs villes en kit avec eux : citons les Balloon Frame de la conquête de l'Ouest, les Manning Portable Colonial Cottages des colons victoriens ; dès 1860 la France aussi envoie des convois de baraquements préfabriqués en béton à destination des colonies antillaises. Toutes ces expériences européennes en Amérique augurent de l'avènement de la préfabrication comme système constructif standard de l'ouest américain.

Si le Taylorisme et le Fordisme auront, dès les années 1920, un impact majeur sur la pensée des architectes du vieux continent, c'est en effet aux Etats-Unis que les pionniers Modernes de l'architecture industrielle trouveront un véritable terrain d'exploitation de leurs théories. Thomas Alva Edison, Walter Gropius, Buckminster Fuller, Le Corbusier et Frank Lloyd Wright sont les premiers, dès la Première Guerre Mondiale, à anticiper les questions de la préfabrication mécanisée et à essayer de créer un lien entre les architectes – dont la production est traditionnellement jugée comme artistique – avec les industriels, dans une logique de transformation du statut de d'artiste bâtisseur en celui d'architecte-inventeur. L'idéologie moderne de la machine à habiter, usinée, prend alors timidement forme dans les années 1920 à 1930 (Breuer, Gropius), tandis que la mécanisation de la construction de maisons particulières en bois, engagée dès la fin du XIX^e siècle, commence à se généraliser (Aladdin, Sears, Montgomery Ward). La montée du nazisme en Europe met alors un point final à l'épopée du Bauhaus et mènera à la Seconde Guerre Mondiale, mais force est de constater que cette dernière offrira aux Modernes une idéale tabula rasa lors du grand théâtre de la reconstruction. Celle de la Finlande à partir de 1940, puis de toutes les grandes villes européennes en ruine à la fin du conflit, apporte la preuve d'un engouement certain pour la préfabrication, même si son application reste limitée par l'image d'un habitat traditionnel et conventionnel préféré par la population. Aalto, fort de son expérience au MIT, est à présent familier des techniques de préfabrication et conduit la reconstruction de l'Europe du Nord avec Aarne Ervi et Viljo Revell. Les expatriés du Bauhaus (Neutra, Gropius, Breuer) trouvent quant à eux aux USA un contexte d'expérimentation et de production euphorisant. La construction systématique programmée par l'économie de guerre aux Etats-Unis engendrera une production de plus de 200 000 maisons préfabriquées

par plus de 70 sociétés, à une fréquence d'environ 1000 maisons par mois, créant en seulement 3 ans environ 12% du patrimoine immobilier américain. C'est dans ce contexte que Konrad Wachsmann, après un séjour en France, vient chercher l'aide de Walter Gropius aux Etats-Unis. Mettant en commun leurs travaux, ils développent le General Panel System, innovant par l'utilisation d'un même système pour les planchers, plafonds et murs, dans une logique de combinatoire favorisant la personnalisation massive de l'habitat à partir d'un nombre d'éléments très restreint. Chaque propriétaire agence, additionne ou soustrait à son gré, engendrant autant de variations que de bâtiments, dans la limite établie par le système d'assemblage et le nombre de modules disponibles. Malgré l'échec économique de l'entreprise, la démarche sera prolongée par de nombreux architectes, notamment plusieurs acteurs de la scène architecturale scandinave des années 1960 : Arne Jacobsen (Kubeflex & Kadraflex), Juhani Pallasmaa et Kristian Gullichsen (Moduli 225), Kirmo Mikkola, et enfin Jorn Utzon avec le système Espansiva. Dans une période où l'Allemagne, la Russie ou la France sont sujettes à une frénésie d'hyper-standardisation et de rigueur constructive, à l'instar de la production de Neufert ou dans l'expression massive des Grands Ensembles, leurs assemblages d'éléments préfabriqués sont conçus à l'échelle de villages entiers.

Des solutions logistiques aux systèmes d'exploration combinatoire, la préfabrication a fortement modifié la production architecturale du XXe siècle à nos jours. Mais le foisonnement, dès les prémices de cette révolution, des systèmes standardisés, des méthodes de préfabrication et des chaînes industrielles de production nous invite à nous questionner sur l'état de cette uniformité supposée comme conséquence du standard, uniformité tolérée puisque presque subie pendant un temps par les architectes du contexte économique très restrictif de l'après-guerre. En effet, si cette multiplicité des formes et procédés établit une nouvelle liberté de manipulation de l'architecture – tant pour l'architecte que pour l'utilisateur –, en orientant la conception vers une logique de personnalisation d'un édifice constitué de composants compatibles. Peut-on dès lors considérer la préfabrication comme un vecteur de diversité ? Cette diversité implique-t-elle un changement de statut de l'architecture ?

Nous tenterons d'évaluer ces questions au regard de trois réflexions complémentaires : la première concerne le contexte d'après-guerre, période de crise marquée par les nécessités de la reconstruction, les théories modernes, l'avènement de la société de consommation et le conflit d'intérêt opposant les architectes et l'industrie. Nous traiterons ensuite plus spécifiquement de la préfabrication en bois en Scandinavie et au Japon, qui permet d'observer la transition entre architecture de l'artisanat et systèmes industriels, introduisant le contexte économique régissant les travaux de Konrad Wachsmann et de Jorn Utzon qui seront l'objet de développements particuliers. Enfin nous concluons en questionnant les possibilités des méthodes combinatoires employées par les architectes de la préfabrication en quête de diversité.

I. Reconstruction : La guerre des systèmes

La fin de la seconde guerre mondiale marque un tournant radical dans la fabrication de l'architecture. La pénurie de main-d'œuvre, de logements, et la reconstitution progressive d'un équilibre monétaire à l'issue du conflit sont à l'origine d'une réévaluation des techniques de construction, et par la même occasion, d'une recherche de diversification des procédés architecturaux. L'industrie de guerre s'intéresse au secteur du bâtiment, qui semble offrir un marché de transition sûr. Les prémices d'une société de consommation amènent les théoriciens de l'architecture à repenser la relation fondamentale liant architectes, systèmes de production et clients, tandis que la commercialisation d'une multitude de systèmes constructifs modulaires pose la question de l'avenir de la création architecturale. Comme l'avait anticipé l'avant-garde Moderne, l'innovation architecturale et l'innovation technique commencent à se confondre, jusqu'à déboucher sur les opérations immobilières de grande ampleur caractéristiques des années 1950 à 1970.

a. La mécarchitecture

Il est nécessaire de distinguer la préfabrication dans son sens large d'« architecture hors-site », qui s'appuie - comme nous l'avons évoqué en introduisant notre problématique – sur des racines historiques profondes, et la notion plus spécifique de préfabrication telle qu'elle est pensée par les Modernes comme moyen de mise en place de la maison nouvelle, propre à l'ère des machines, à partir des techniques et matériaux hérités de l'ère industrielle.

Pour mieux comprendre le problème qui occupe à l'époque l'avant-garde européenne, on peut se référer à la description qu'en fera en 1946 l'historien de l'architecture Pol Abraham :

« On construit un bâtiment ; on fabrique un camion. Le langage usuel traduit ainsi deux activités bien différentes, le chantier et l'usine. Le bâtiment n'ignore pas du tout l'usine. Presque tous les matériaux et tous les appareils d'équipements sont en effet fournis par les industries souvent très évoluées : métallurgies, liants, produits céramiques, etc... Mais le rassemblement de ces productions industrielles ne se fait pas dans des locaux couverts, clos, chauffés, où des machines transforment successivement et progressivement des produits semi finis provenant d'autres usines pour aboutir au montage d'une série d'objets identiques ou très voisins qui seront ensuite distribués à des distances souvent considérables. Le bâtiment est en effet caractérisé par l'exécution unitaire au lieu d'emploi, sans protection contre les intempéries, les façons sur le tas ayant le pas avec prédominance très marquée des facteurs manuels sur les facteurs mécaniques¹ ».

Mais au-delà de la simple problématique de la mise en œuvre, le rejet de l'architecture traditionnelle est avant tout idéologique. Dès le début du XIX^{ème} siècle, l'industrialisation avait progressivement touché tous les aspects du quotidien, révolutionnant les modes de vies. L'architecture cependant semblait accuser un retard largement dénoncé, tandis que s'accroissait en France le schisme entre l'école,

¹ Pol Abraham, *Architecture préfabriquée*, Ed. Duneod, 1946, p.1.

traditionnelle, des Beaux-Arts, et l'école polytechnique dont les préoccupations techniques semblaient répondre beaucoup plus pertinemment aux questions de son temps : « *Depuis longtemps, et dans bien des circonstances, l'influence de l'architecte s'est amoindrie, et l'ingénieur, l'homme moderne par excellence, a pris une importance dont il est digne sous bien des rapports*² ».

Et tandis que s'essoufflaient les derniers architectes néoclassiques (voire néogothiques), on attendait la relève annoncée... qui devait venir d'Allemagne. Lorsqu'il s'y rend en 1914, Le Corbusier rencontre les architectes du Deutscher Werkbund, auprès de qui il acquerra une pensée de la production industrielle développée depuis 1906. Il conclura à son retour : « *si Paris est le foyer de l'art, l'Allemagne demeure le grand chantier de production* », opposant le rationalisme de Behrens et de l'Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (A.E.G.) aux traditionnalistes français qui préfèrent encore cacher les rares structures métalliques qu'ils ont adopté derrière des décors de façade parfois dignes de l'époque baroque.

Dès lors, la révolution tant attendue aura lieu avec l'émergence d'une théorie qui deviendra l'obsession des Modernes : l'architecture doit suivre le modèle automobile et devenir un produit industriel. Mais cette logique d'industrialisation doit être comprise au-delà de la simple acceptation d'un *Zeitgeist* : la pensée Moderne revendique le recours à l'industrie comme une nécessité à l'amélioration des modes d'habiter l'espace : « *Nous avons réclamé, au nom du paquebot, de l'avion et de l'auto, la santé, la logique, la hardiesse, l'harmonie, la perfection*.³ » annoncera en 1923 l'architecte franco-suisse.

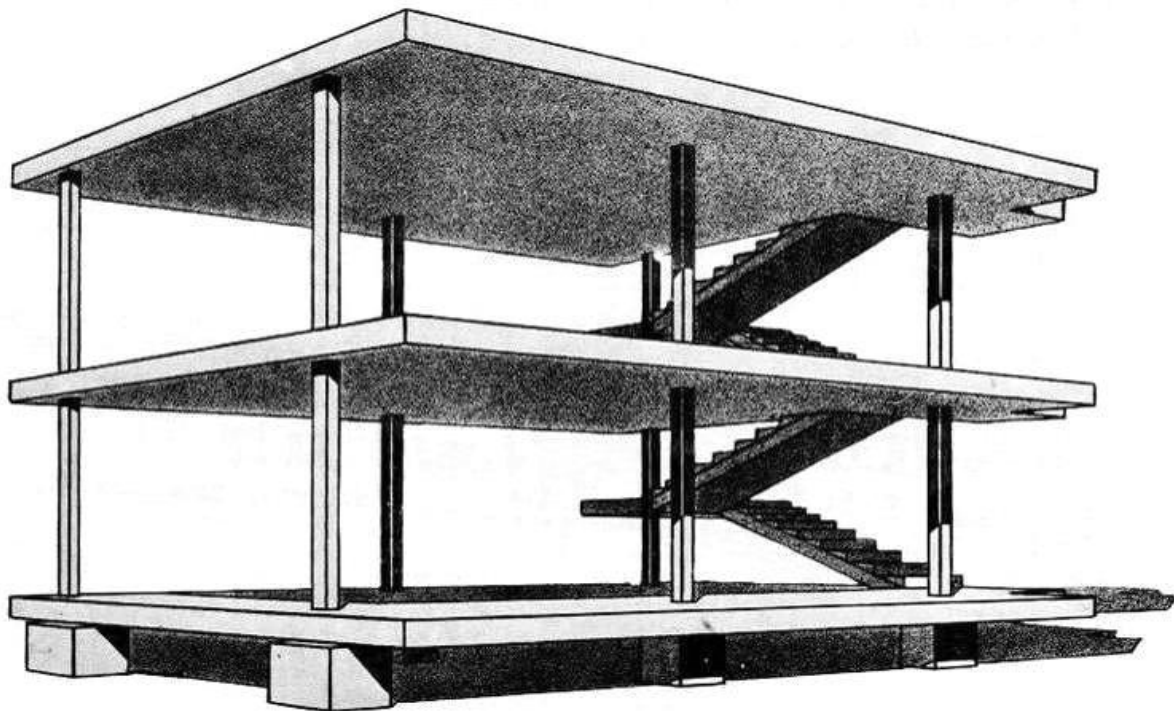
La première phase du processus d'industrialisation doit passer par la recherche d'une définition : pour le Corbusier comme pour les architectes du Bauhaus, il convient de trouver l'essence de ce qui fait, dans son expression la plus pure, l'architecture. Evoquant en 1928 la commande de Frugès à Pessac, Le Corbusier demande : « *je vous demande de poser le problème du plan de la maison, d'en trouver la standardisation*⁴ ». La préfabrication définirait-elle l'architecture moderne ? Il est alors intéressant de noter que la définition, module de base à toute architecture, qu'il choisit de conserver, n'est autre que le dérivé d'un projet développé quelques années auparavant, la maison Dom-ino. Présentée en 1914 à Auguste Perret qui n'y avait pas trouvé l'intérêt escompté, elle consistait en un système de construction simplifié dévolu à la reconstruction de la Belgique et du Nord de la France. L'idée était qu'une ossature incomplète, composée de simples planchers séparés par des poteaux en retrait, était préfabriquée en usine puis acheminée sur les lieux de la reconstruction pour être complétée par les sinistrés à partir des matériaux disponibles sur place : bois, briques, etc⁵.

² Anatole Baudot, *Premier congrès international des architectes à Paris*, 1889, in Siegfried Giedion, *Espace, Temps, Architecture*, Ed. Denoël, 2004, p.144.

³ Le Corbusier, *Vers une architecture*, 1923, p.200.

⁴ Le Corbusier, *Pour bâtir : standardiser et tayloriser*, in Le Bulletin du redressement français, 1^{er} Mai 1928.

⁵ Idée qui n'est pas sans rappeler le système *Espansiva* développé par Utzon dont nous traiterons par la suite.



Maison Dom-ino : « monolithe-ossature en béton armé coulée sans coffrage sur six points d'appuis fournis »,
Le Corbusier, 1914.

Cette expression très pure de la structure de base est appelée à devenir la hutte primitive de la nouvelle architecture, adaptée aux rythmes de production industriels, qui débouchera sur le manifeste de la maison en série :

*« La série est basée sur l'analyse de l'expérimentation.
La grande industrie doit s'occuper du bâtiment et établir en série les éléments de la maison.
Il faut créer l'état d'esprit de la série,
L'état d'esprit de construire des maisons en série,
L'état d'esprit d'habiter des maisons en série,
L'état d'esprit de concevoir des maisons en série.⁶ »*

Dans les années 1930, la référence à la mécanisation devenue omniprésente anime les débats sur l'architecture. Certains jeunes architectes comme Konrad Wachsmann font preuve d'un enthousiasme immodéré face aux perspectives offertes par les nouvelles techniques : « *Tomorrow is everything* », déclarera-t-il plus tard, défendant la vision de la technologie comme force libératrice de l'architecture. De fait, les avantages pratiques et économiques de la mécanisation deviennent vite évidents. Lorsqu'il érige le Mobilier National en 1935, vaste jeu de construction décomposé en éléments typiques et aisément identifiables, Auguste Perret met en avant l'un d'entre eux : « *la préfabrication est un des moyens les plus efficaces de combattre l'action des intempéries, principal obstacle à la rapidité et à la qualité de la construction. J'ajoute qu'il n'y a pas de préfabrication sans ordre, et l'ordre est une des conditions première de l'architecture.* » Mais l'on pourrait en lister encore bien d'autres. Tout d'abord, en termes de coût de conception : en multipliant le nombre de constructions érigées à partir d'un même système, on optimise d'autant plus la

⁶ Le Corbusier, *Vers[...] op. cit.*, p. XXVI.

durée de développement moyenne accordée à chacun des projets. En terme de rendement de la production aussi : la production mécanisée d'éléments identiques limite les frais de mains d'œuvre et assure plus de performance grâce à l'optimisation des composants créés pour fonctionner ensemble et soumis à un contrôle qualité. Sur le chantier, les délais de mise en œuvre peuvent être encore raccourcis par la prise en charge complète par le fournisseur du montage des différents éléments de la construction, évitant le long défilé des corps de métiers. Enfin, le client bénéficie d'une certaine sécurité dans la réalisation du projet, ses délais de livraisons, et sa viabilité. Cette particulière attention portée au client n'est par ailleurs pas des moindres : elle restera au cœur de la réflexion de Gropius, déterminé à proposer une architecture préfabriquée tout public, adaptée à une consommation de masse.

b. La maison usinée :
égérie d'une politique de consommation de masse naissante

En 1937, Gropius remarque qu'en moins de 25 ans, le prix moyen d'une maison individuelle aux USA a presque doublé, tandis que le prix d'une voiture a diminué de 60%. Aussi, si la mécanisation de l'architecture a alors acquis de nombreux adeptes, le modèle de l'automobile est encore loin d'avoir été atteint. Pour Le Corbusier, il faut se poser cette question dans le cadre d'un esprit nouveau : « *J'ai 40 ans, pourquoi ne m'achèterais-je pas une maison ; car j'ai besoin de cet outil ; une maison comme la Ford que je me suis achetée (ou ma Citroën, puisque je suis coquet)*⁷ ». Gropius et Le Corbusier opèrent ici une véritable désacralisation de l'architecture, en lui conférant un statut de simple outil, et de produit, consommable dans une économie de marché.

Ce principe fondamental de la préfabrication se révéla bientôt être aussi son principal talon d'Achille, comme l'illustra la longue série d'échecs commerciaux⁸ qui marqua ses débuts. Aussi la question se pose-t-elle toujours : comment rendre le produit « habitat » viable sur le long terme ? Contrairement à d'autres produits comme l'automobile, l'équipement électroménager ou les vêtements, le logement est soumis à un cycle de renouvellement très étiré dans le temps : la plupart du temps, lorsqu'on décide de se faire construire une maison, c'est pour la vie, voire même celle de ses enfants après soi. Dans un marché aussi restreint, tout nouveau système devient vite très dépendant de la demande, et se doit de plaire immédiatement pour ne pas sombrer, étant donné l'importance des coûts de mise en place du système de production. La nécessité de faire correspondre un produit aux besoins individuels passe alors par la création de variété. Cette donnée avait en fait été ignorée dans les chaînes de montages des usines Ford qui animaient tant les Modernes, puisqu'en 1909 un seul modèle était proposé : la Ford T noire. Mais ce qui peut fonctionner pour un outil de transport comme la voiture n'est pas forcément adapté à un outil à abriter comme le logement. Aussi, si la Ford T pu attendre pour donner naissance à des variantes plus ou moins luxueuses, contrairement à ce que prônait l'architecture Moderne orthodoxe, il apparut vite nécessaire de répondre en termes d'habitat standardisé aux goûts et besoins individuels des consommateurs, en apportant des variations au système utilisé. Dans la mode, ces variations prennent la forme de couleurs et motifs différents, ou des tailles

⁷ Le Corbusier, *Vers[...] op. cit.*, p.223. La question de la possible coquetterie de Le Corbusier, bien qu'alléchante sur le papier, ne sera hélas pas abordée ici.

⁸ Au nombre desquels on compte le *General Panel System* de Wachsmann comme l'*Espansiva* d'Utzon, Cf III.

échelonnées du S au XL. Dans l'architecture préfabriquée, on choisit de faire de même, en proposant des catalogues de modèles, des variations volumétriques (simplex, duplex, triplex, maisons doubles) ou des collections de composants répondants à des fonctions identiques (cloisons, planchers, plafonds, charpente, ossature, escaliers, fenêtres, fermetures...). On cherche à créer des types, des scénarios, en opposant la maison sur-mesure à l'habitat prédéterminé selon l'usager : ici urbain, là villageois ; célibataire, retraité, ou vivant en famille nombreuse...



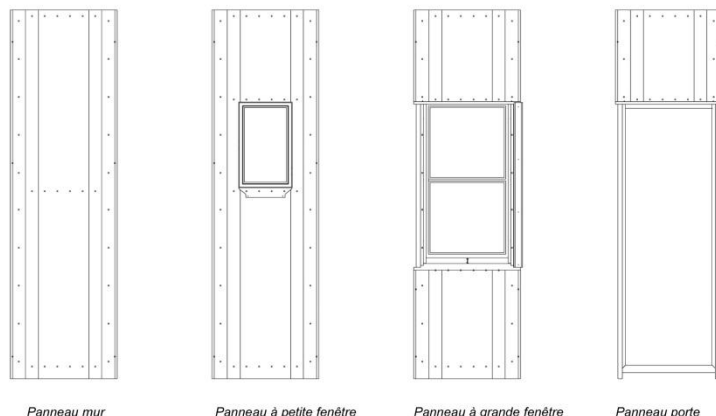
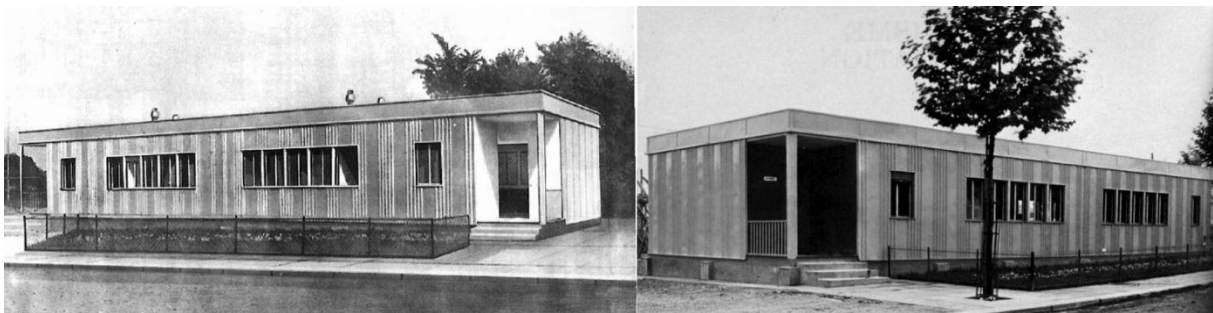
Sears Catalogue Homes, Sears, Roebuck & Co., 1908-1940 : Publicités pour le modèle n°146

Aux Etats-Unis, les premières grandes opérations de logements préfabriqués vont être menées par l'Etat. Au milieu des années 1930, en réponse à la crise immobilière de la Grande Dépression, Franklin D. Roosevelt lance avec le New Deal la Federal Housing Administration, qui oriente vite ses recherches sur des méthodes d'industrialisation du bâtiment. Lorsque peu avant la guerre arrivent les expatriés du Bauhaus, ils sont invités à collaborer au programme du Defense Housing, qui déjà a rendu primordial le recours aux processus de mécanisation. Dès 1944, leurs prototypes de baraquement militaires servent de modèles pour des maisons particulières - utilisant un maximum d'éléments standardisés en provenance des usines américaines - quand l'Etat cherche à loger ses vétérans, amenés après la guerre à fonder leurs propres foyers.

Cependant, la maison préfabriquée d'après-guerre reste dans l'ensemble une rassurante copie de la maison conventionnelle, qui bénéficie auprès des populations d'un sentiment de durabilité dont ne profitent pas les constructions modernes. Le mythe de la maison individuelle comme symbole de réussite sociale et du cottage comme demeure traditionnelle américaine persiste, en dépit des aberrations urbaines qui commencent à se profiler à la périphérie des grandes agglomérations. Les villes nouvelles, comme Levittown dans l'état de New York, poussent comme des champignons, banlieues résidentielles construites selon le même modèle, avec un agencement très martial hérité de l'industrie de guerre. À cette fausse diversité de couleurs pastel et de variations anecdotiques dans la distribution des volumes, Gropius cherche à opposer l'esthétique nouvelle offerte par un préfabriqué qui ne craindrait pas d'être montré au grand jour. Lorsqu'on lui reproche l'utilisation de la standardisation comme source de laideur ou d'uniformité, il préfère exalter la beauté de l'épure et la parfaite géométrie de quartiers entièrement construits à partir de mêmes composants. Car l'idée est bien là : plutôt que de typer les bâtiments à l'instar des pseudos « banlieues rêvées » de l'American way of life, il choisit de typer les composants, qui proposent dans leurs possibilités d'assemblages une diversité constructive sans cesse renouvelée. Ou comme il le théoriserait plus tard : « *The possibility of the assembly of these*

*interchangeable parts satisfies the public desire for a home with an individual appearance*⁹ », soit la création d'une diversité contrôlée comme réponse à la demande de bâtiments personnalisés. Ce sera également la posture adoptée par Venturi, qui défend l'idée que la variété d'une architecture est une qualité essentielle. Cette réflexion trouve son apogée dans la collaboration de Gropius avec Konrad Wachsmann. En proposant un système au nombre d'éléments très limités, celui-ci décuple les possibilités d'assemblages, selon l'adage « *the smaller the deck, the greater the freedom in deploying it*¹⁰ ».

Mais si en Amérique les systèmes modulaires se répandent dès le début des années 1940, l'Europe détruite par la guerre accuse un retard certain : il faudra attendre les années 1960 pour que des expérimentations similaires, comme celles d'Utzon au Danemark, voient le jour. Pourtant, les pays du vieux continent s'étaient aussi lancés avec entrain dans l'aventure de la préfabrication. Les premières maisons métalliques fabriquées en série voient le jour en Angleterre dans les années 1920. En 1928 en France, un concours national est lancé par les Forges de Strasbourg pour répondre à la surproduction de l'acier dans le pays : l'industrie sidérurgique cherche à créer de nouveaux débouchés dans le marché naissant de l'habitat en kit. En résultera un modèle de maison dont la structure métallique très fine aux courtes portées était ensuite complétée à l'envie avec trois types de panneaux en tôle : un module de porte, un autre de fenêtre, et un module plein. Dans les années 1930, de nombreux autres modèles sont produits et commercialisés, bien qu'en nombre souvent réduits, par des inventeurs comme Nelson, Baudoin, Lotz, et bien sûr Prouvé. Fournisseurs de systèmes personnalisables et non plus de créations sur-mesure, on est alors amené à s'interroger sur le statut particulier de ces architectes-ingénieurs : plutôt que de fournir un service, ils en arrivent à proposer un produit, dédié au commerce. Dans l'URSS de Staline, cette transition de la profession vers le secteur industriel sera à l'origine d'un slogan de l'académie soviétique d'architecture : « *Les architectes dans les usines !* ».



Les maisons des Forges de Strasbourg, prototype présenté à l'exposition de Paris, 1928.
Détails par Guillaume Carré, étudiant ENSA Normandie 2008/2009

⁹ Siegfried Giedion, *Walter Gropius, work and Teamwork*, Architectural Press, Londres, 1954, p.74.

¹⁰ Barry Bergdoll and Peter Christensen, *Home delivery : fabricating the modern dwelling*, Basel, 2008

c. Les architectes et la politique industrielle

Si Le Corbusier et Walter Gropius n'hésitent pas à reconnaître en l'ingénieur le bâtisseur moderne par excellence, Gropius tient néanmoins à préserver le rôle de l'architecte en tant qu'artiste. Dès 1909, Gropius, qui comme Behrens appartient au cercle de la Deutscher Werkbund, propose à Rathenau, seulement deux ans après le lancement des usines Ford, la création d'une compagnie destinée à assurer le mariage entre les professions de l'architecture et de l'industrie : le *Programm zur Gründung einer allgemeinen Hausbaugesellschaft auf künstlerischen einheitlicher Grundlage m.b.H.* (Entreprise Générale de Construction sur Principes Artistiques Unifiés). Ce programme tentait de joindre deux problématiques majeures traitées par Behrens : la recherche d'une base géométrique théorique nécessaire à toute recherche formelle¹¹, et la quête d'une alliance entre l'art et l'industrie. Gropius participera par la suite à plusieurs opérations en coopération avec des industriels¹². Un des premiers systèmes qu'il développera, dédié à l'habitat d'urgence, propose, tel une introduction au *General Panel System*, de supprimer l'habituelle ossature pour l'incorporer dans les murs porteurs très peu épais. Sa philosophie était alors de créer une plastique qui résulte directement de l'assemblage des composants, en répondant au besoin vital d'habiter avant de répondre à une recherche plus spécifique d'esthétique.

À la suite de Gropius, la mainmise des techniciens spécialisés sur les composants de l'architecture va motiver un grand nombre d'architectes à développer leurs propres systèmes constructifs... menant ainsi bon nombre d'entre eux à la faillite. En effet, l'organisation logistique, les connaissances techniques et les moyens de planification nécessaires à la mise en place d'un système de construction étaient en général d'une telle ampleur qu'ils ne permettaient pas, dans le cadre d'une utilisation à grande échelle, d'être le fruit du travail d'un seul individu¹³.

Ainsi, la mécanisation de l'architecture a pu être à l'origine d'un certain climat d'insécurité dans les sphères architecturales de l'après-guerre.

« Dans quelques années, nous travaillerons tous pour General Electrics, General Dynamics ou General Motors... ou eux pour nous. Que préférez-vous ?¹⁴ ». Quand Carl Koch écrit ces lignes en 1968, il n'émet pas une supposition mais illustre simplement la réalité déjà en place depuis plus de 20 ans. Les architectes en 1968 travaillent déjà depuis longtemps pour General Electrics, pour Monsanto, et pour divers groupes industriels de la métallurgie pour lesquels ils élaborent des architectures publicitaires ou des catalogues d'éléments de construction.

En 1907 déjà, Peter Behrens était engagé en tant que designer par Emil Rathenau, directeur de l'A.E.G., soit la branche allemande de General Electrics fondée par Edison en 1887 (la Deutsche Edison Gesellschaft). Autre figure de l'architecture du XXe siècle, Frank Lloyd Wright, inspiré par le succès des maisons sur catalogue¹⁵, s'associa de 1911 à 1917 à la Richards Company, entreprise de construction du Milwaukee, pour développer un

¹¹ Ce que développeront Fuller et Otto d'un point de vue mathématique et physique.

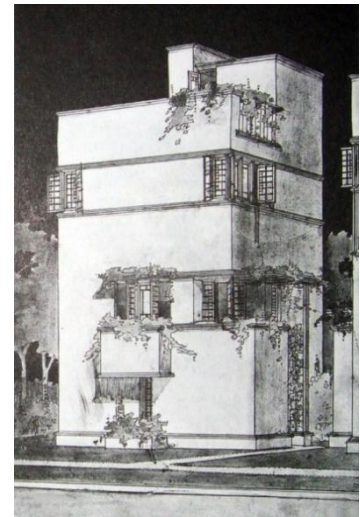
¹² Le Copper House system avec Messingwerke AG (1931) : système de maison préfabriqué en cuivre ; et le General Panel System avec General Electrics (1942) : système préfabriqué en bois.

¹³ Ainsi la construction est-elle, depuis la fin de la guerre, menée par des groupes industriels qui confient généralement la réalisation de ces systèmes (design/production/vente) à des départements spécialisés regroupés sous l'égide d'une compagnie. La pratique de l'architecture tend ainsi à devenir une sorte de consulting esthétique.

¹⁴ Carl Koch, *Architectural Design*, juin 1968

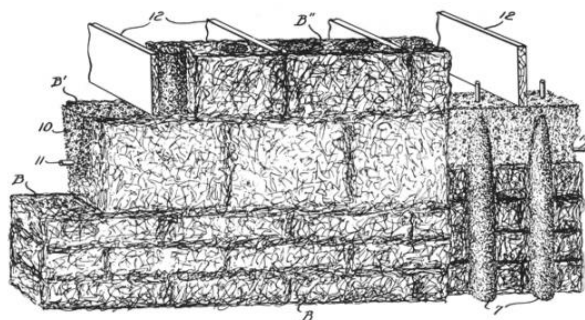
¹⁵ *Sears Catalogue Homes*, Sears, Roebuck & Co. Cf. I,b.

programme de maisons préfabriquées en bois : l'*American System-built Houses* ou *American Ready-cut System*. Ce travail ne débouchera sur aucune concrétisation. Gropius n'est pas le seul à s'être aventuré dans la construction de maisons métalliques en collaboration avec l'industrie. August O'Dell et Wirt C. Rowland avaient déjà, en 1933, composé une alliance avec *Stran-Steel*, entreprise de sidérurgie et le magazine *Good Housekeeping* pour créer la *Good Housekeeping Stran-Steel House*, maison préfabriquée en acier et en fer. Charles Goodman, en 1958, fut employé par l'ALCOA, leader mondial de l'aluminium, pour établir un système de maisons préfabriquées intégralement construites dans ce matériau («*Care free House*»). Le système échouera, peut-être par recherche d'un profit excessif, car il eut été préférable de mêler aux éléments en aluminium d'autres matériaux, plus adaptés aux besoins de la construction dans la plupart des cas. Outre l'industrie métallurgique, l'industrie chimique tenta dès les années 50 de s'insérer dans le secteur du bâtiment. Ainsi eurent lieu quelques expérimentations de maisons en matière synthétique, qui devaient solutionner les problèmes de constructions du futur. C'est le cas notamment de Monsanto et Nylon, qui avec l'aide de deux architectes du MIT - Marvin Goody et Richard Hamilton, construisirent la *Monsanto House of the Future* à Disneyland en 1957, en utilisant essentiellement des fibres acryliques. Il est étonnant de voir l'intérêt du génie génétique et des entreprises de biotechnologies et de pharmaceutique pour l'habitat. Outre l'anecdote lobbyiste, on retiendra l'application de la théorie moderne de la machine à habiter qui se meut progressivement en machine à garantir la santé optimale pour individus standards, sur fond de propagande industrielle et de divertissement¹⁶. Ces maisons du futur ne seront produites qu'à quelques exemplaires, les matières synthétiques de l'époque se révélant insuffisamment résistantes aux intempéries et au feu en plus de leurs mauvaises propriétés statiques.



American System-Built Houses, Frank Lloyd Wright, 1911-1917

C'est ensuite à Buckminster Fuller de fonder avec son beau-père, en 1922, la compagnie Stockade Building System. Jusqu'en 1927, la compagnie commercialise le système du même nom qui consiste à construire des murs à partir de blocs de bois aggloméré percés dans lesquels on vient couler du béton pour assurer le chaînage des éléments. Après la construction d'environ 240 maisons, l'entreprise fait faillite, sous la pression de nouvelles législations de la construction, des syndicats et de la concurrence.



Procédé d'assemblage des blocs en fibre de bois pour le Stockade Building System, Brevet déposé en 1927 par Buckminster Fuller & James Monroe Hewlett

¹⁶ Le bâtiment est une attraction du parc de loisir, tout comme le seront en un certain sens les Xanadu Houses dans la fin des années 70.

Le cas du *General Panel System* que nous étudieront plus en détail est particulièrement ambitieux. Dans les années 1942 et 1943, avec le concours de *General Electric*s, Gropius et Wachsmann entreprennent de fabriquer industriellement pour le marché américain des panneaux types, censés instaurer un module universel dans la construction outre-Atlantique. Cependant, le *General Panel System* est encore un échec financier et est abandonné très rapidement, victime du rejet de la politique d'homogénéité absolue voulue par l'utopie égalitariste des Modernes européens.

On peut constater à la lumière de ces multiples exemples que « l'union » des architectes et de l'industrie tant rêvée par les Modernes dès l'avènement du Fordisme a mené à un conflit ouvert entre les deux parties. Dès les années 1920 les expérimentations de l'industrie et des architectes se font en parallèle jusqu'à buter sur deux écueils :

- La recherche de profit excessif de la part des entreprises conduit à une perte de la diversité (matérielle, formelle, programmatique, etc.) architecturale produite et prônée par les architectes, et à la faillite de ces expérimentations.

- Les architectes tentent de reprendre position de façon autonome sur le marché de la construction, percevant bien le potentiel économique instauré par la société de consommation d'après-guerre.

Si l'industrie de la sidérurgie est une des figures de la préfabrication, le lobbying du bois a animé de façon prépondérante l'évolution des systèmes. La deuxième partie de notre réflexion traite de ces entreprises issues des traditions artisanales Scandinaves et Nippones qui, par la mécanisation et les révolutions technologiques successives, s'imposèrent à la reconstruction comme les acteurs principaux de la préfabrication en bois et de la transformation du patrimoine architecturale de ces régions.

II. À l'origine de la préfabrication : le bois

Les méthodes de construction en bois dans l'architecture traditionnelle exploitent le plus généralement sa morphologie linéaire assimilable aux éléments d'une ossature, faisant gage de la prédisposition de ce matériau à l'intégration dans un système modulaire. En effet, à l'état naturel, un tronc ou de grosses branches peuvent aussi bien être employés en compression comme poteau, qu'en flexion ou traction, tenant alors lieu de poutre. L'emploi du bois comme élément constructif dans les territoires forestiers se retrouve ainsi souvent à l'origine de l'architecture vernaculaire de ces régions. Si elles ne furent théorisées que tardivement, les constructeurs du bâtiment (comme des chantiers navals) avaient d'ailleurs très tôt intégré les propriétés de résistance du bois. Les techniques de transformation du matériau se généralisèrent dès le XIII^e siècle, et les forêts furent désormais entretenues afin de favoriser certaines essences d'arbres, mieux adaptées à certains emplois (notamment au Japon et en Scandinavie). La préfabrication en bois, en s'inspirant des méthodes de construction navales, se développera intensivement durant la période coloniale avant d'être employée massivement dès le début du XX^e siècle grâce à la mécanisation de la fabrication.

Notre étude sur la préfabrication en bois s'attache à décrire, après une introduction du contexte historique et industriel dans lequel ils se positionnent, deux projets représentatifs d'orientations architecturales bien distinctes des systèmes préfabriqués. Le premier, proposé en 1941 par les architectes Konrad Wachsmann et Walter Gropius, fut commercialisé aux Etats-Unis sous l'appellation *General Panel System* ; le second, qui porte bien, nous le verrons, son nom d'*Espansiva*, fut développé en 1969 par le danois Jorn Utzon.

a. Japon & Scandinavie : de la construction traditionnelle au leadership industriel

Les technologies liées au travail du bois ont été développées de façon surprenante dans deux régions totalement opposées géographiquement : La Scandinavie et l'est de l'Asie.

La Scandinavie¹⁷ rassemble les deux tiers de la population forestière mondiale. L'artisanat nordique repose de ce fait principalement sur le travail du bois : dans la construction navale, de logements ou d'édifices religieux (dont les fameuses églises en bois debout). Les réflexions sur les systèmes de construction modulaires y trouvent place dès le début du XIX^e siècle avec des exemples comme Fredrik Blom, architecte mathématicien et officier de marine, qui élabore un premier système constitué de panneaux de bois amovibles pour des baraques, des maisons, des refuges, et assemblé par des connexions métalliques.

L'apparition des premières machines-outils à cette même période va permettre la création de nombreuses entreprises de transformation et d'exportation du bois. C'est ainsi qu'en 1849, les industriels Siwers & Wennberg lancent l'exportation de leurs maisons transportables en Californie. Les Etats Unis, s'inspirant des travaux sur la préfabrication du bois menés en Suède développent alors les chaînes de production qui permettront de fournir le bois nécessaire à l'expansion vers l'Ouest. Dans les années 1920, le gouvernement

¹⁷ Nous nous permettrons dans cette étude l'abus de langage qu'est de considérer la Finlande comme partie intégrante du territoire scandinave.

de Stockholm commande la fabrication de kits de logements industrialisés en bois pouvant être assemblés par les habitants. Le bois et l'auto-construction, dont les méthodes d'assemblage sont tirées des constructions militaires légères, sont en effet très liés depuis la période coloniale. En 1924, le lancement de la Bohorus Company constitue la première réussite scandinave de catalogue de maisons industrialisées. Les entreprises de ce genre vont se multiplier dans les années 1930, puisqu'on en compte plus d'une vingtaine à l'orée de la Seconde Guerre Mondiale tandis les scieries situées en province dans des régions de forêt dense produisent entre 4000 à 5000 bâtiments par an.

Après la *Blitzkrieg* qui dévasta la Finlande, les industriels Suédois participeront à sa reconstruction dès 1940 en produisant 2000 maisons préfabriquées dessinées par l'architecte finlandais Alvar Aalto. Alvar Aalto avait déjà, en amont de la guerre, dessiné un prototype de maison en bois pour les employés de la A. Ahlström (baptisé AA-System Houses), où il réinvestissait les connaissances technologiques acquises suite à son séjour au MIT dans les années 1930. Il jouera un rôle important dans la reconstruction de l'Europe du Nord en concevant la même année la première usine de fabrication de maisons en Finlande. Les équipes du ministère de la reconstruction finlandais seront d'ailleurs dirigées par deux de ses disciples, Aarne Ervi et Viljo Revell.

La fin de la guerre engendre partout en Europe une forte demande de logements, et la Finlande proposera à l'Union Soviétique de rembourser sa dette de guerre sous forme de maisons préfabriquées. La Norvège a, elle aussi, besoin d'un millier de maisons dans l'urgence, que seules les industries Suédoises seront capables de lui fournir rapidement. À cette époque, la Suède est le deuxième fabricant mondial de maisons préfabriquées : la production annuelle en 1947 se chiffre à 17500 unités, soit l'équivalent du patrimoine entier de logements industrialisés américain en 1941. L'importance de la production scandinave – qui noie littéralement le marché – démocratisera l'image de la maison en bois comme illustration générale du procédé de préfabrication, pourtant déjà souvent appliqué à d'autres matériaux. Au début des années 1960, Svenska Cellulosa Aktiebolaget, avec l'aide de l'architecte Sven Markelius, puis bien d'autres fabricants, multiplient les propositions de catalogues d'éléments ou de maisons, vantant la simplicité et la rapidité de montage de leurs produits: « *Un bricoleur a la possibilité de monter la maison en seulement deux heures avec l'aide de sa femme* ». Le ministère du logement suédois lance dans la même période un programme de construction intensive qui durera dix ans, intégrant de nouveaux systèmes de préfabrication lourds en panneaux de béton. Le seul Etat scandinave qui tarde à introduire la standardisation d'éléments¹⁸ est le Danemark, encore solidement ancré dans une construction artisanale qui privilégie plutôt la brique. Les expérimentateurs comme Utzon s'y font longuement attendre tandis qu'en Suède, déjà en 1980, 85% des logements sont préfabriqués. Aujourd'hui, le secteur de la construction scandinave est conduit par de grandes entreprises comme Skanska-Ikea, Snohetta, Arkitekthus et Pinc House.

Mais la Scandinavie n'est pas l'unique région du globe à entretenir un rapport si particulier à la préfabrication : l'Ouest asiatique, et plus particulièrement le Japon, doit également une petite révolution architecturale à ses industriels du bois. Walter Gropius lui-même n'en cache d'ailleurs pas son admiration :

« Already in my early beginnings as an architect, I was greatly intrigued and attracted by the Japanese house. Its lightness, its flexibility and pleasing lines impressed me deeply. The restrained order of its standardized building parts appealed to me as the hall mark of a deeply rooted culture adaptable to any new development. The elements for today's industrial prefabrication seem to be inherent in this ancient modular conception, which simultaneously left freedom for a

¹⁸ Cf III.a

great variety of compositions, avoiding monotony. I consider it a challenging task for the new generation of Japanese architects to find the fitting links between that flexible, traditional concept of the old craft periods and the new development of an industrial basis. With keenest interest I will watch the architectural contributions to come from my Japanese colleagues.¹⁹ »



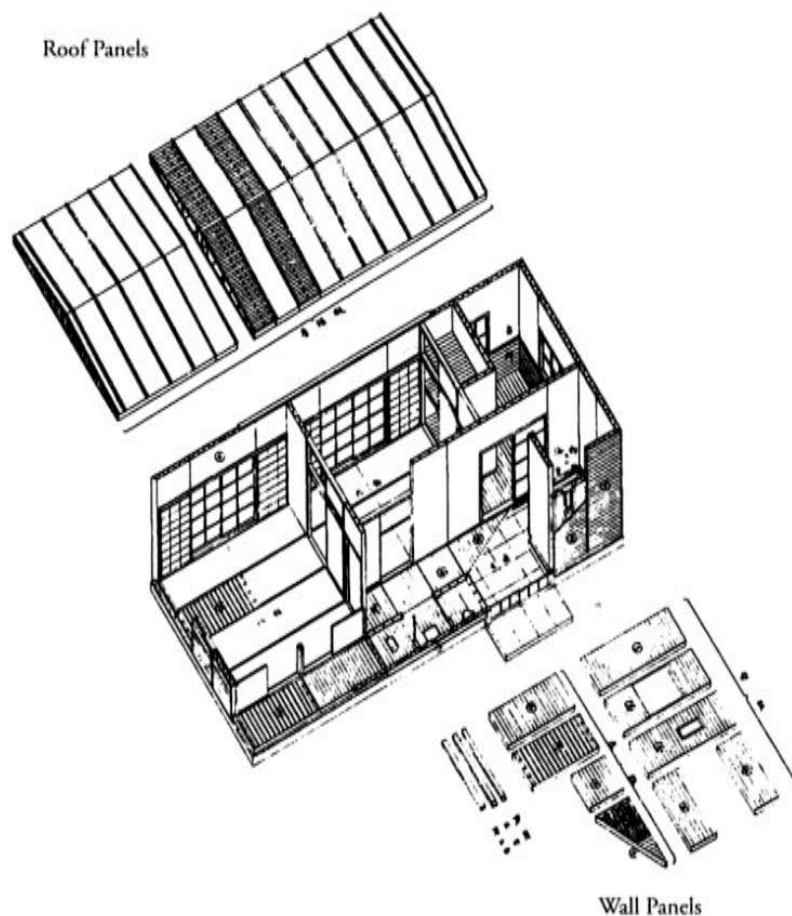
Charpente du Temple de Gokayama, Japon (maquette).
Photo : www.doremy.fr - Tokyoremite

Les aspirations de Gropius évoquent l'engagement historique du Japon dans le développement de la préfabrication. Le Japon, à l'issue de la guerre, est un des pays les plus touchés par les bombardements : des dizaines de milliers de logements sont à pourvoir, et l'économie est au plus faible. L'idée de la construction préfabriquée produite par des entreprises spécialisées s'impose, pour maximiser la qualité et le rendement. Ces deux caractéristiques définissent en fait un idéal pour l'architecture japonaise traditionnelle. Cette coutume est héritée au XII^e siècle de la Chine et de la Corée par l'intermédiaire de l'architecture Bouddhique, qui a développé très tôt les systèmes d'assemblage de bois complexes, dans une recherche d'optimisation de la matière et de répartition des charges dans le sens du bois. Un soin particulier était réservé à la conception des consoles supportant les charpentes, dont l'extrême flexibilité permit à de nombreux ouvrages de résister aux séismes qui affectèrent la Chine durant des siècles²⁰. Le bois à bâtir était du cèdre blanc, environ quatre fois plus résistant à la tension que l'acier et pouvant absorber des charges de compression six fois plus grandes que le béton. Les japonais ont repris cette tradition et l'ont faite évoluer. On compte à la période Edo (1603-1867) quelques cent assemblages différents intervenants dans la construction des édifices de culte (sanctuaires, temples). Ces types d'assemblages étaient colportés par les ouvriers, rassemblés en corporations familiales, et adaptés à chaque construction, mais restaient fidèle au standard

¹⁹ « Déjà, lorsque je débutais en tant qu'architecte, j'étais à la fois très intrigué et attiré par la maison japonaise. Sa légèreté, sa flexibilité et ses lignes si particulières m'impressionnaient profondément. L'ordre de ses éléments de construction normalisés s'imposa à moi comme la marque d'une culture profondément enracinée mais aussi adaptable à tout nouveau développement. Les éléments préfabriqués contemporains semblent être inhérents à cette ancienne conception modulaire, qui offre simultanément une grande liberté de compositions, en évitant la monotonie. Trouver les liens entre ce concept flexible et traditionnel de l'ancien artisanat et le développement de nouvelles solutions industrielles est pour moi un défi pour la nouvelle génération d'architectes japonais. Et c'est avec le plus vif intérêt que j'observerai les contributions architecturales à venir de mes collègues nippons. » (ndlr), Walter Gropius, Cambridge, Massachusetts, November 1950, in Koyama Masakazu, *Walter Gropius*, Tokyo: Kokusai Kenchiku, 1954, p.4.

²⁰ Les vibrations produites par les tremblements de terre étaient amorties par le frottement des bois emboîtés de façon mobile. Si les édifices pouvaient être ébranlés, une résonance croissante était exclue du fait qu'ils subissaient des vibrations sensiblement plus lentes que celles du séisme.

culturel initial. Toute la construction japonaise traditionnelle repose sur ces standards culturels, dont le plus célèbre est le module du *tatami*. En 1868, l'avènement de l'empire japonais va ouvrir le pays aux influences occidentales. Se nourrissant de ces références étrangères, le Japon va développer une scène architecturale moderniste active dès 1910 (Nakamura, Sano, Horiguchi), dont le grand tremblement de terre de 1923 permettra de concrétiser les projets. Après une période assez marquée par l'architecture Victorienne, le modernisme japonais va réhabiliter le minimalisme traditionnel dans la construction et préparer de fait l'instauration des méthodes de préfabrication industrielles (Marunouchi Building par Kotaro Sakurai, 1923). Dans les années 1930, l'architecte Kameki Tsuchiura introduit les panneaux de béton préfabriqués, tout d'abord dans sa propre maison, la Takashima House (1934), puis avec l'Abe House réalisée en 1935 avec Ken Ichiura²¹, avec la volonté de conserver les principes modulaires traditionnels. Dix ans plus tard, deux disciples de Le Corbusier, Junzo Sakakura et Kunio Maekawa, développèrent des systèmes de préfabrication comme la Premos House 7. D'autres architectes comme Masuzawa ou Ikebe prolongent ces expérimentations sur la préfabrication jusqu'à l'apparition, en 1959, des premières industries spécialisées dans les maisons en bois préfabriquées (l'industrialisation de la préfabrication en béton étant déjà généralisée dès les années 40). Leur implantation est favorisée par le baby-boom et la hausse de familles séparées, qui aggrave la pénurie de logements. Y répondent les Sekisui House (filiale de Sekisui Chemicals), Daiwa House, National Homes et autres Misawa Homes, simples « logements-boîtes » qui envahiront les banlieues denses japonaises.



Premos House 7, Maekawa Kunio, 1946
in Jonathan McKean Reynolds, *Maekawa Kunio and the emergence of Japanese modernist architecture*, 2001

²¹ Ichiura publiera plusieurs articles influents sur la « construction sèche » dès 1932.

La plupart de ces modèles s'harmonise avec le module *tatami* (2.7 et 3.6 mètres) ou avec le module métrique (entre 0.9 et 1 mètre), le Japon adoptant beaucoup plus facilement que les Etats Unis la coordination modulaire évoquée par Alfred Farwell dans *l'Evolving House* (1936). Les industriels japonais seront également les plus radicaux dans leur rapprochement corbuséen de la maison et de l'automobile : leurs logements sont vantés dans des campagnes publicitaires qui promeuvent elles aussi les options de garanties ou d'équipements disponibles. Ce qui n'a rien d'étonnant quand on sait que le leader du marché de la construction immobilière au Japon n'est aujourd'hui autre que Toyota. En 1946, alors que leur production automobile commençait à prendre de l'ampleur, la firme s'implanta sur le marché de la construction en proposant plusieurs systèmes de préfabrication en béton. Les technologies développées sur les chaînes de montages se trouvèrent alors implémentées pour la construction bois, ramenant la précision de la construction au millimètre, en diminuant considérablement les pertes de matière et en augmentant le rendement de manière significative.

Aujourd'hui, les usines scandinaves et japonaises dirigent le secteur de l'habitat préfabriqué en bois. Mais si leur succès actuel trouve en partie sa source dans de nouvelles expérimentations opérées à partir des années 1960-65, n'oublions pas que celles-ci répondaient alors aux travaux exécutés en Europe et aux USA par des pionniers comme Konrad Wachsmann.

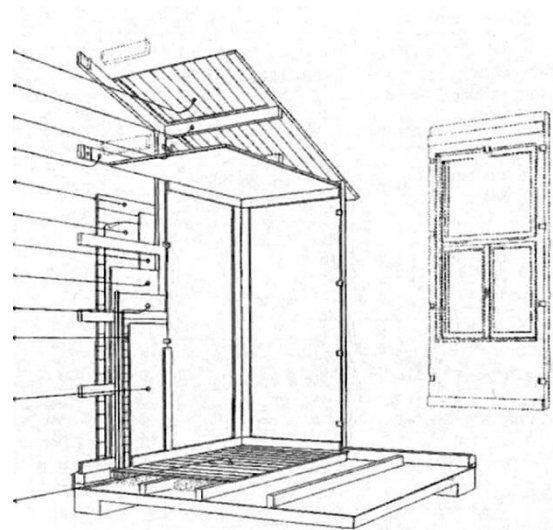
b. Wachsmann, du charpentier au philosophe

Si les réalisations concrètes de Konrad Wachsmann sont aujourd'hui peu connues, sa pensée a traversé les époques pour influencer toute une génération d'architectes tels que Foster, Piano, Rogers, Otto ou Hochtrasser. De son vivant déjà, il fut une source d'inspiration et d'admiration pour nombre de ses contemporains qui virent en lui un inventeur optimiste dont le dynamisme fut à la source des plus riches collaborations. Et quand Frei Otto le décrivait comme « l'un des Grands » de la profession, pour l'instigateur des Case Study Houses John Entenza, il était le *Wunderkind*, l'enfant prodige venant d'Allemagne.

Wachsmann naît en 1901 au sein d'une famille juive de Francfort. Développant vite le rêve de devenir architecte, la mort prématurée de son père le conduit cependant à un échec scolaire qui différera pour un temps ses grandes ambitions. Ecarté de l'école, il devient à l'âge de 17 ans apprenti chez un charpentier, de qui il acquiert le savoir-faire artisanal de la production de meubles, mais constate aussi les errements de la société moderne à travers la fabrication de cercueils par dizaines pour les victimes de la Grande Guerre finissante. Son attrait pour l'architecture ne le quitte pas, et bien que la création récente du Bauhaus pique son intérêt, sa famille voit alors pour lui un avenir plus sûr à l'école des Beaux-Arts de Berlin. La vie berlinoise transforme le jeune Konrad et révèle en lui l'homme qu'il deviendra plus tard : un homme du monde, qui au café romain fréquente penseurs et artistes, des dadaïstes à Bertold Brecht. Mais la vie dissolue qu'à Francfort on croit le voir mener ne plait guère, aussi est-il renvoyé à Dresde, pour suivre l'enseignement d'un architecte en vogue, Heinrich Tessenow. En 1922, il refuse pourtant l'approche qu'il juge trop traditionnelle de Tessenow et retourne à Berlin auprès de l'architecte Leo Nachtlicht, développant l'idée d' « *apporter dans l'architecture la révolution qu'ont connu les arts et la techniques* ». En 1923, il fait la

rencontre d'Hans Poelzig, dont il deviendra l'élève et ami. Celui-ci lui ouvre enfin les portes de la scène architecturale moderne allemande, dont il rencontre les têtes pensantes, parmi lesquelles Behrens et Giedion. Wachsmann s'approprie alors les idées du Bauhaus et de Le Corbusier, en mettant l'accent sur une volonté de recherche artistique. Il avouera être à l'époque inspiré par une citation d'Oscar Wilde : « *Tout ce qui est mécanisé n'est beau que lorsqu'il reste sans fioritures. Nous ne pouvons considérer une machine comme bonne que si elle est élégante – car il n'y a pas de distinction entre la puissance et la beauté* ». Il se place en cela dans la continuité de Behrens et Gropius qui défendent alors une *Construction sur Principes Artistiques Unifiés*²².

Mais s'il ne peut se résoudre à ignorer les arts, l'architecture reste son cheval de bataille. Aussi, quand Poelzig décide de se tourner vers une production plus artistique, il met fin à sa collaboration avec lui pour affirmer son nouveau credo : « *I was searching for something else. I wanted to build, and I wanted to build in the modern way* ». Il voyage alors en Europe, multipliant les rencontres, mais ne trouvant ni auprès de Oud aux Pays-Bas ni de Le Corbusier à Paris un maître prêt à l'employer. À son retour en Allemagne, c'est son vieil ami Poelzig qui lui offre alors la clé des champs. Sur ses recommandations, il se rend à Niesky, petite ville des campagnes de l'Est, pour trouver un emploi dans la plus grande firme européenne de construction de bâtiments en bois, *Christoph & Unmark*. Là, Wachsmann a une révélation : « *Ici, au milieu de la campagne, J'ai découvert ses premières traces. Le monde des machines, de la technique, les début de l'industrialisation du bâtiment s'ouvrirent à moi dans les grands halls de bois de ces usines* ». Le jeune charpentier se transforme alors en architecte-inventeur, déployant un enthousiasme et une ingéniosité qui le porteront vite au poste d'architecte en chef de l'entreprise, répandant par milliers dans l'Allemagne de l'entre-deux-guerres des maisons, hôtels, usines ou ponts, préfabriqués selon ses brevets. Le plus notable d'entre eux est sans doute celui du *Panel Method*, ancêtre du système qu'il développera aux Etats-Unis dans les années 1940 : il consiste à ajuster des panneaux de bois les uns aux autres sans jonction apparente, dans une trame où seul les planchers et plafonds sont fixes, offrant une véritable indépendance aux murs et cloisons. En 1929, une autre rencontre bouleversera sa vie. La ville de Berlin annonce alors publiquement vouloir offrir à une de ses gloires nationales une maison de campagne comme présent pour ses 50 ans. De Niesky, Wachsmann accourt alors dans la capitale, et remporte à la barbe de Gropius ou Mies van der Rohe pourtant sur place la construction de la nouvelle demeure d'Albert Einstein. Il en devient vite l'ami intime, et fréquente à ses côtés la scène politique, scientifique et culturelle du début des années 1930. Quittant définitivement *Christoph & Unmark*, il ouvre sa propre agence à Berlin dans le but de poursuivre ses propres recherches d'industrialisation du bâtiment. En 1932, le climat politique s'intensifiant, il postule pour une place à l'Académie Allemande de Rome, dont il obtiendra le Grand Prix. En 1933 cependant,

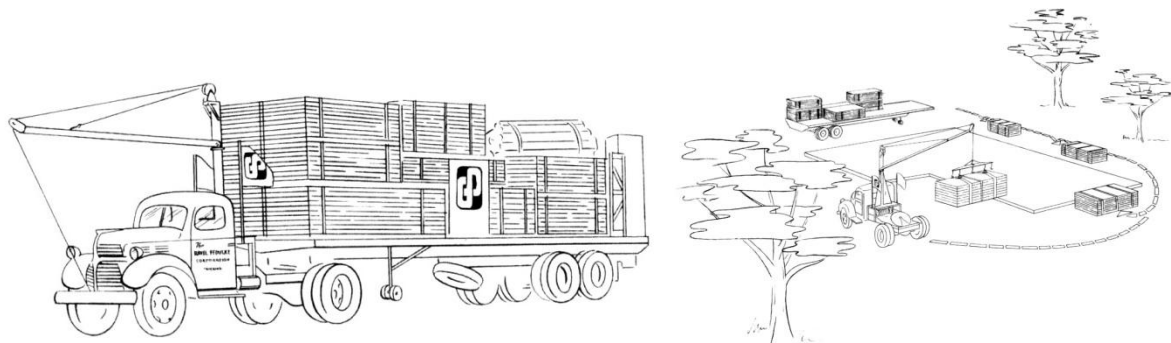


Le *Panel Method*, Niesky, 1930
in Konrad Wachsmann, *Building the wooden house*,
Basel : Birkhäuser, 1995

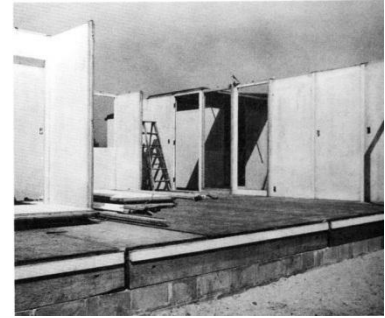
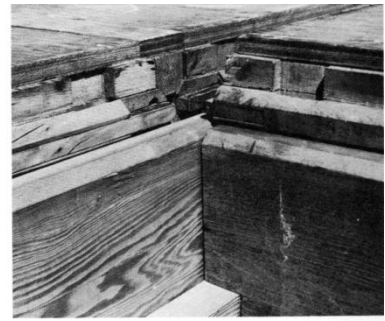
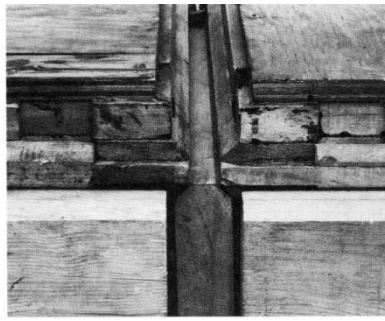
²² Cf I.c

le triomphe du nazisme conduit à la fermeture du Bauhaus et Einstein comme tant d'autres quitte l'Allemagne pour ne plus y revenir. Wachsmann s'exile en Italie, puis en France, où il poursuit ses expérimentations industrielles. La guerre déclarée, il échappe aux camps de la mort et réussit, avec l'aide de Gropius et Einstein, à gagner les Etats-Unis sujette alors à une immigration bien contrôlée... sa famille, restée à Francfort, n'aura pas cette chance.

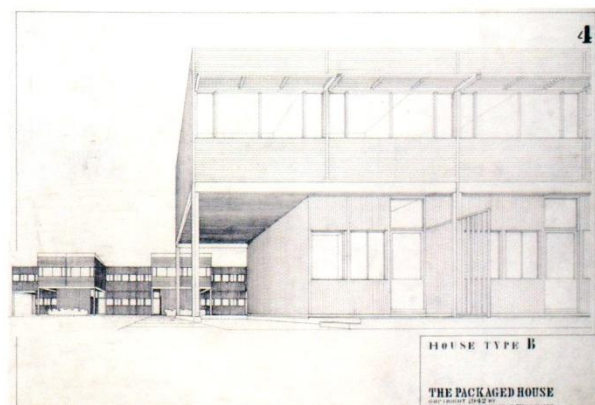
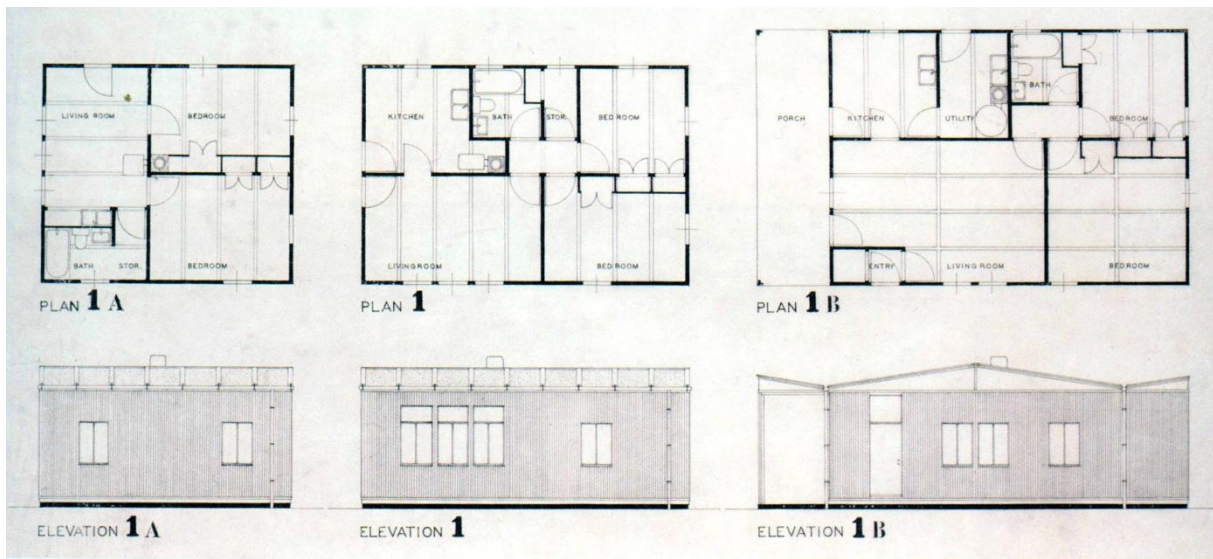
Découvrant une Amérique pleine de promesses, c'est avec son ami Walter Gropius qu'il développe en 1941 le *General Panel System*, apogée de ses recherches sur la préfabrication du bois. À cette fin, ils créent la *General Panel Corporation*, chargée de créer la « *peace-time dream house* », la maison de l'après-guerre qui exalterait le rêve américain. Une équipe d'ingénieurs et de techniciens du bois s'attèle à la recherche d'un assemblage structurel qui reprendrait le principe de mur éclaté en plusieurs panneaux verticaux. Les premières expérimentations se basent sur un cube comme volume de départ propre à la combinatoire, en posant le problème des assemblages et des points de jonctions. L'accent est mis sur la quête d'une diversité que permettait la réduction maximale du nombre d'éléments nécessaires lors de la construction. Wachsmann est le plus investi dans le projet, tandis que Gropius joue le rôle d'intermédiaire auprès des institutions, fort de sa popularité déjà bien établie aux Etats-Unis. Il réalise une série de 24 dessins et prend le parti de ne pas définir un modèle de maisons type, mais plutôt un panel de 10 typologies de maisons différentes composées de panneaux de bois (40x120 pouces) qui composent aussi bien les surfaces horizontales que verticales. Mais la plus grande innovation du système est l'invention du connecteur en forme de croix, constitué d'un système de plaques métalliques logées dans la tranche des panneaux et permettant de les maintenir solidement entre eux sans être visibles. Tel un grand *meccano*, les panneaux peuvent ainsi être assemblés selon un nombre infini de configurations, servant tour à tour de murs, cloisons, sols ou plafonds. Outre la rapidité et la facilité de production du système, ses inventeurs mettent en avant son faible coût, sa simplicité de mise en œuvre et la rapidité d'assemblage sur site : « *Cinq ouvriers non qualifiés peuvent, en moins de huit heures, construire une maison qui non seulement est très accessible, mais peut en plus être immédiatement occupée* ». Pour contrôler entièrement la production, des chaînes de montage sont inventées spécialement et remplissent les différentes étapes de la fabrication : taille du profil des planches de bois, découpe de fentes sur la tranche, insertion du crochet d'assemblage dans celles-ci, collage de la structure entre les panneaux prédécoupés, double encollage du contreplaqué, traitement à la résine résistant aux intempéries (différent selon l'utilisation du panneau dans le sens horizontal ou vertical), et pour finir, stockage en position, prêt pour le transport en camion et le montage sur site.



Une idée phare de la *Packaged House* : son transport en camion, à l'instar de tout produit de consommation.
In Barry Bergdoll and Peter Christensen, *Home delivery*, Basel : Birkhäuser, 2008, p.81



Le General Panel System. En haut : l'articulation en acier et le détail d'une jonction et d'un angle.
En bas : Les panneaux prêts à l'assemblage, les fondations, la construction d'un rdc.
In op. cit., p.85



En haut : plan et élévation pour 3 propositions de maisons individuelles simples.
En bas : 2 solutions plus imposantes.
In op. cit., p.83

Des divergences d'opinion séparent néanmoins progressivement les deux amis, qui décident bientôt de mettre fin à leur collaboration, Wachsmann restant seul en charge de l'entreprise. Evitant de peu la faillite, il parvient à trouver des fonds et à construire à Sommerville (Massachusetts) un prototype ovationné par les critiques. Malheureusement, celui-ci ne lui permet pourtant pas de trouver des investisseurs à plus long terme. En 1946, la *Celotex Corporation* de Burbank (Californie) acquiert à la fois le brevet du système et l'usine de la *General Panel Corporation*. Un plan de production de 8500 logements par an est lancé dans l'enthousiasme immobilier du contexte de l'après-guerre, mais des problèmes dans les lignes de fabrication gangrènent la production et en 1952, la société dépose le bilan. Au total, seules 150 à 200 maisons seront vendues et construites par la *General Panel Corporation*.

L'épopée du *Général Panel System* ne reste cependant pas vaine pour Wachsmann : obsédé par la problématique des connections qu'il a mis au point ici, il affirme bientôt son goût pour les processus de développement plutôt que pour la construction en elle-même. Aussi délaisse-t-il définitivement les chantiers pour collaborer aux projets de grands noms comme Buckminster Fuller ou Mies van der Rohe, et bien qu'il développe encore un système d'assemblage tubulaire métallique qui servira à construire les nouveaux hangars de l'US Air Force, il ne se consacre bientôt plus qu'à l'écriture et l'enseignement. En 1959, il publie *The turning point of building*, dans lequel il détaille ses expérimentations découlant du *Panel System* en faisant preuve d'une approche beaucoup plus abstraite et mathématique de l'espace, mais tout en conservant une foi sans faille envers l'évolution des techniques. L'ouvrage devient vite une référence dans les domaines de la construction en bois et de la préfabrication, inspirant toute une nouvelle génération d'architectes.

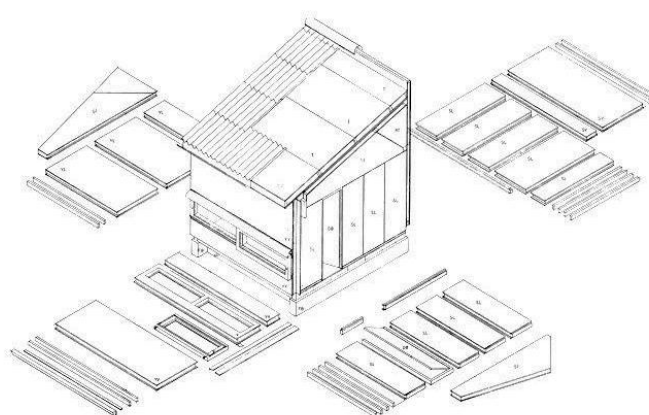
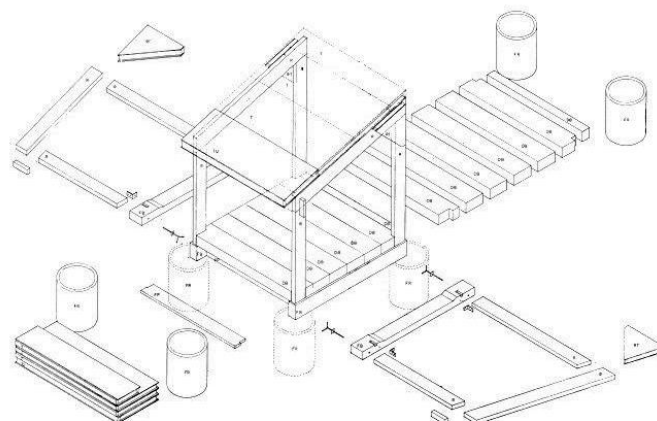
c. Utzon, la génération de la terre

Quelques années avant sa mort en 1968, l'historien Siegfried Giedion publie une dernière révision de son ouvrage de référence dédié à l'histoire des Modernes : *Espace, Temps, Architecture*. Il est très intéressant de noter qu'il y propose une analyse de ce qu'il appelle la troisième génération, qu'il choisit de personnifier en l'architecte danois Jorn Utzon, inscrivant celui-ci dans la lignée de Gropius, Le Corbusier, Mies van der Rohe (modèles de la première génération) et Aalto (seconde génération). Un an avant qu'Utzon ne commence à développer le système *Espansiva*, Giedion en fait une prédiction surprenante de précision, en listant simplement les caractéristiques qu'il reconnaît à l'architecture de sa génération. Premièrement, il lui confère l'idée d'un « *commanditaire anonyme* », chose dont on conviendra facilement dans le cadre de la préfabrication où l'architecte est, comme nous l'avons vu, à l'origine d'un système ouvert au grand public, le particulier disparaissant devant la notion de consommation de masse. Ensuite, Giedion parle de « *planification ouverte* » qui laisserait par exemple la place à des modifications postérieures. Cette fois, on pense encore incontestablement aux possibilités combinatoires offertes par la préfabrication en système modulaire comme celui de Wachsmann : la planification y est tellement libre qu'elle s'ajuste aux besoins du client. Mais l'auteur marque aussi la rupture avec des projets comme celui de l'architecte allemand : « *le rapport plus vivant entre l'architecture et son environnement, l'un faisant valoir l'autre* ». Utzon, contrairement à Wachsmann qui conservait surtout une réflexion sur les espaces intérieurs, s'ouvre largement sur le dehors, en privilégiant le recours aux larges baies et aux terrasses. Là où son prédécesseur se plaisait à lancer vers les hauteurs ses combinaisons de modules, lui préfère conserver un important rapport au sol.

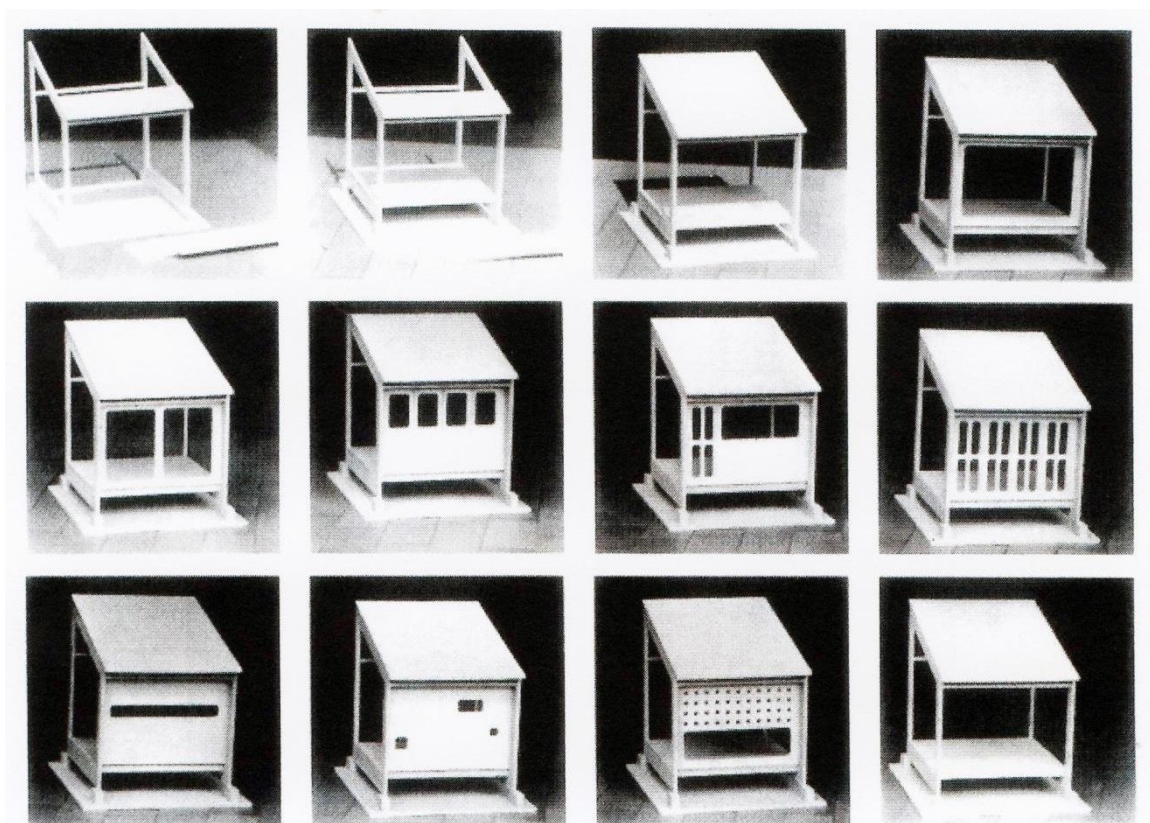
C'est « *l'utilisation accentuée de plans horizontaux* » que Giedion retiendra comme des plus caractéristiques. Enfin, il prédit une « *intensification des tendances plastiques* », avec des « *rapports plus libres entre la forme intérieure et extérieure, et l'établissement de relations entre les volumes de l'espaces* », une description qui annonce somme toute fort bien les modules aérés d'*Espansiva* qui s'agencent librement entre eux pour entourer des cours intérieures, former des patios, ou s'ouvrir vers les jardins. L'historien abordera aussi un autre point, qui est cette fois à vérifier dans le reste de l'œuvre d'Utzon ; à savoir l'idée d'une continuité avec le passé, lorsqu'elle cherche à répondre à une simple question : comment les hommes ont-ils été amenés à résoudre des problèmes similaires dans des circonstances différentes ? L'étude du parcours de l'architecte danois nous en apprend alors beaucoup. C'est de ses premiers voyages au Maroc qu'il retient l'importance du rapport au sol, à la vue des constructions vernaculaires en terre se fondant harmonieusement dans le paysage. L'unité de construction de ces peuples cultivant un fort rapport au milieu lui soufflera l'idée des murs unis de briques jaunes des cités d'habitations Kingo et Fredensborg construites dans les années 1950. À partir de 1957, il voyage en Inde, au Japon, au Népal, en Chine, où il découvrira la description minutieuse des traités de préfabrication de la Chine ancienne (XII^e siècle). Non fondés sur des dimensions précises, ils prévoyaient toutes sortes de combinaisons possibles. De là lui viendra certainement le projet d'un système très ouvert de préfabrication moderne qu'il commencera à développer dans le milieu des années 1960 à son retour de Sydney, quand des frictions croissantes avec le gouvernement de Galles du Sud le pousseront à démissionner du chantier du grand opéra remporté en 1955.

Avant de parvenir au Système *Espansiva*, Utzon se pose d'abord la question de l'économie du bâtiment et de la répétition d'un module unitaire. Inspiré par l'architecture asiatique et arabe, il crée un imaginaire du *patio* en articulant autour d'une cours l'espace de vie nécessaire à l'épanouissement et aux besoins d'une famille qui grandit dans le temps. En outre, si les 63 logements du projet d'Helsingør sont très semblables entre eux, ils diffèrent par leur manière de s'intégrer dans la topographie du site, créant ainsi par le jeu d'assemblage des modules des espaces contenus par leur répétition. De grands jardins sont alors aménagés entre les blocs d'habitations, transférant le procédé du *patio* à l'échelle du quartier.

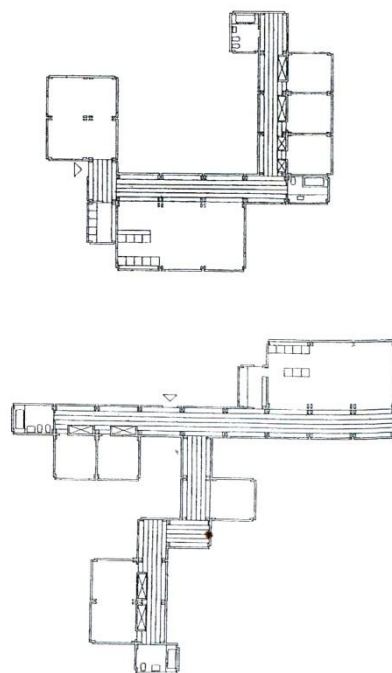
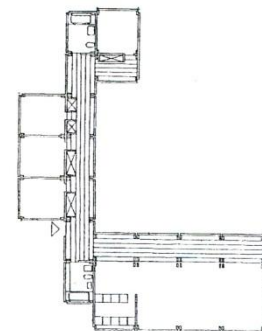
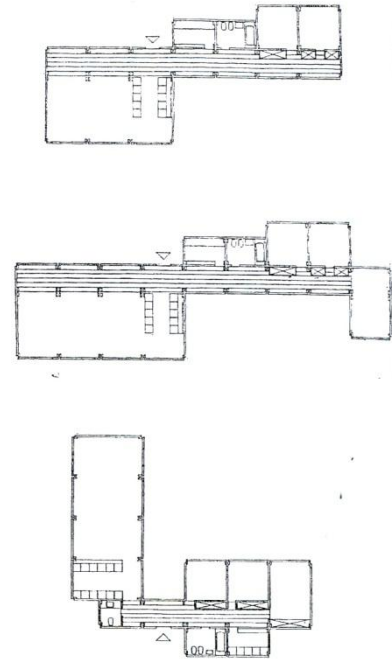
C'est en 1969, lorsqu'un groupe de marchands de bois danois lui demande de dessiner un système constructif à l'échelle d'une maison familiale, mais qui pourrait aussi servir à de plus grandes ou plus petites échelles, qu'apparaît le système *Espansiva*. Pour Utzon, la solution naturelle pour répondre à ce cahier des charges réside dans le principe de l'« *additive architecture* ». Deux conditions étaient imposées : la compatibilité avec une production en série, et l'utilisation du bois comme matériau structurel de base. Les composants seraient faciles à manier et à monter, et capables d'être produits à des prix compétitifs. Pour la firme, Utzon développe un module de pavillon qu'il décline en trois dimensions différentes : 4x3m, 3x2.4m et 2.4x1.8m. Chaque module est composé de quatre cornières laminées, un plancher de béton léger, un toit en pente isolé et une enveloppe. Les poteaux sont reliés par des poutres en lamellé collé, le tout boulonné pour créer un cadre solide. Pour les murs comme pour le toit, le choix des matériaux est laissé au client : le premier peut être recouvert par des tuiles, du carton bitumé, du ciment fibré, de la tôle métal, et les murs montés en brique, ciment fibré, bois, verre, ou laisser placer à différents types de fenêtres et de portes selon les besoins. Tous ces éléments ont pour but d'être accessibles financièrement, faciles à transporter et à assembler, et ne nécessitent pas beaucoup de main d'œuvre ni un savoir artisanal très poussé.



Vues éclatées du module de base du système *Espansiva* : structure et enveloppe.



Variations sur la composition du toit et des ouvertures (maquettes de Jorn Utzon).



Vues du prototype construit à Hellebaek, et diverses propositions de plans pour des maisons individuelles.

Porté par ses précédentes opérations de logements communautaires, Utzon imaginera en outre son système comme la base d'une propagation à une échelle plus grande, passant de la maison familiale au quartier, puis à la ville entière. On pourra rapprocher ce principe agrégatif aux maisons à charpente de bois des pionniers américains, dont le plan s'étendait selon l'exigence sociale ou économique. Les extensions s'ajoutaient progressivement sous formes d'ailes et de pavillons successifs, jusqu'à ce qu'un jour la maison devenu trop grande soit scindée en deux pour être alors occupée par deux différentes familles. Utzon se plaisait de même à imaginer son système comme un composé organique qui ne serait pas sans rappeler le processus de multiplication et de division cellulaire. Malheureusement, le système *Espansiva* devait lui aussi rester à l'état de prototype : un seul modèle, comprenant une douzaine de modules, fut construit par l'architecte lui-même, dans les jardins de sa propriété à Hellebæk.

On peut observer que malgré un intérêt commun pour la préfabrication, les démarches de Wachsmann et d'Utzon diffèrent radicalement : l'un prône l'ouverture d'un système qui s'exprime à l'échelle de l'habitat et utilise des assemblages en bois, l'autre une solution fermée, mais expansive à l'échelle d'un village, et dont les différents éléments sont articulés grâce à des fixations métalliques. Cette question particulière posée par les articulations et les combinatoires qu'elles permettent constitue la dernière partie de notre réflexion.

III. Combinatoires : les clés de la liberté ?

« La mission originelle de la technique est de donner à l'homme la liberté d'être lui-même ».

Ortega y Gasset, *Meditación de la técnica*, 1939

« L'habitat humain est une question qui se réfère à une demande massive. Tout comme 90% de la population n'ont plus de chaussures faites sur mesure mais utilisent des produits standardisés qui conviennent à leurs demandes individuelles grâce aux nouvelles méthodes de manufacture, dans un avenir proche l'individu sera capable de commander à une usine la maison qui lui convient. Il est possible que la technologie d'aujourd'hui rende cela déjà possible, mais l'industrie de la construction (actuelle) reste presque totalement dépendante des méthodes de construction traditionnelles et artisanales ».

Walter Gropius, *Wohnhaus-Industrie*, 1923

« Une diversité authentique et sans monotonie aurait pu être atteinte si nous avions manifesté plus d'intérêt et d'influence dans le développement et le design d'une production de plus en plus large de parties de maisons standardisées pouvant être assemblées en grande variété de types ».

Walter Gropius, *Apollo in der Demokratie*, 1967

L'architecture préfabriquée est soumise à un paradoxe : elle doit satisfaire les conditions de production industrielle afin d'assurer une certaine rentabilité – ce qui impose une standardisation très forte, donc une liberté de composition d'autant plus faible ; mais doit pouvoir varier suffisamment pour pouvoir être identifiée et adaptée aux différents besoins des habitants.

De ce point de vue, il est intéressant d'observer le positionnement de Gropius dès 1909, dans sa tentative de préservation du statut d'architecte-artiste (statut qui fut un des principaux débats du Werkbund) alors même qu'il prend conscience que l'architecte ne pourra désormais plus répondre à un client unique dans le cadre de l'industrialisation du bâtiment²³. Il développe à cette époque une pensée à laquelle il confèrera par la suite une moindre importance – ce qu'il regrettera au final – : la diversification de l'architecture par la production industrielle. Giedion rapporte²⁴ les propos suivants de Gropius, s'exprimant sur les ouvertures artistiques et de personnalisation²⁵ offertes par le logement préfabriqué : « *La possibilité d'assemblage de ces éléments interchangeables satisfait le désir du public d'une maison dotée d'une apparence individuelle* ». Barry Bergdoll conclut dans le catalogue de l'exposition *Home Delivery* au MOMA (2008) : « *l'espoir d'une personnalisation, ne serait-ce que limitée, à partir d'un ensemble de types d'éléments établis accompagna le rêve (ndlr : l'idéologie) de la préfabrication depuis son commencement* ». Les recherches de Gropius jusqu'au Bauhaus seront toujours animés de cette volonté (Reihenwohnhaus Typ.4 et le Baukasten System 1922 -1923 en collaboration avec Adolf Meyer). Sa collaboration avec l'architecte hongrois Fred Forbat en 1924 affermit encore sa position : « *D'un point de vue artistique aussi, les nouvelles procédures de construction doivent être affirmées. L'hypothèse selon laquelle l'industrialisation des maisons déboucherait sur un enlaidissement de ses formes est totalement erronée. Au contraire, l'unification des éléments de construction favoriserait la conséquence saine d'une unité de caractère des maisons et quartiers d'une ville. La monotonie, comme dans les quartiers de banlieue anglais, n'est pas à craindre, pourvu que les conditions de base soient respectées de standardiser uniquement les composants des bâtiments tout en gardant les volumes généraux du bâti sujets à variation* »²⁶. Malheureusement, Gropius abandonnera progressivement cet entrain pour la variation, remplacé par une pensée de plus en plus élaborée de l'architecture adaptée uniquement aux méthodes de production en s'inspirant de l'industrie aéronautique (Junkers) voisine des nouveaux locaux du Bauhaus à Dessau. Ainsi sa première expérimentation à grande échelle de logement préfabriquée, la fameuse Toerten Siedlung de Dessau (1926-1927) fut essentiellement déterminée par les rails des machines de transport desservant le chantier en panneaux fabriqués sur site et par le rayon d'action des machines de levage²⁷. Cette position rappelle notamment Hannes Meyer, un de ses

²³ Il prend très tôt conscience que l'architecte devra s'adresser dès lors à un groupe de consommateurs.

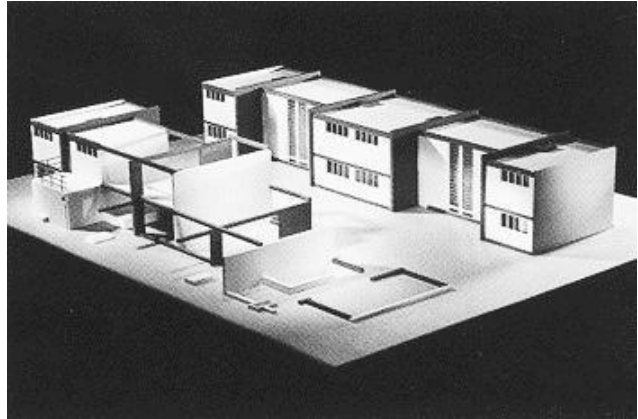
²⁴ Siegfried Giedion, *Walter Gropius, Work and Teamwork* (1954)

²⁵ Principe théorisé très tardivement sous le concept de mass-customization par Stan Davis dans *Future Perfect* (1987)

²⁶ Siegfried Giedion, *Ibid.*

²⁷ L'influence grandissante des machines sur les processus de conception va orienter certains architectes et ingénieurs à créer des usines-architecture, on citera l'emblématique « Building Machine » de Neufert en 1943.

confrères du Bauhaus, qui formule cette orientation de façon radicale la même année : « Construire est un processus technique, pas un processus esthétique... La construction pure est la marque du nouveau monde des formes »²⁸. Gropius reprendra ensuite par intermittence l'hypothèse de systèmes constructifs ouverts manipulables par les clients (système de construction sèche basé sur des panneaux métalliques exposé en 1927 à la Stuttgarts Weissenhof, les *Copper Houses* pour Messingwerke AG en 1931, le *General Panel System* en 1942).



Bauhaus, Törten Siedlung in Dessau, 1926-1928 (maquette)
Photo : www.ifa.de, Neues Bauen International 1927|2002

Pour prolonger le propos de Bergdoll, on peut observer que malgré la prise de conscience par les architectes de la problématique de la diversité d'une production architecturale industrialisée dès ses prémices, elle ne fut pas traitée de façon aussi radicale et affirmée que les techniques de construction et de fabrication – qui, c'est vrai, étaient poussées par l'industrie et les gouvernements et donc favorisées. Il faut attendre la fin des années 1950 pour constater le détachement progressif des architectes de l'idéal moderne puriste exprimé par Pol Abraham, Meyer ou Le Corbusier, et qui insistait sur l'homogénéité nécessaire à l'architecture, une architecture de la « dignité », de la répétition, générique pour des hommes génériques²⁹. La rigueur issue du processus d'industrialisation du bâtiment va faire redécouvrir aux architectes la question de la diversité architecturale, non plus comme des styles - comme ont pu le faire les courants régionalistes ou du revival quelques décennies auparavant, mais comme une nécessité de variation, de différenciation pour assurer le bien-être des habitants, dont le statut d'homme générique évolue grâce aux connexions multiples que la sociologie commence à tisser avec l'architecture.

Nous consacrerons cette partie aux systèmes et à la diversité qu'ils sont potentiellement capables de générer. Nous examinerons tout d'abord les relations qui lient flexibilité et articulations, puis nous nous intéresserons de plus près à l'architecture de composants et des combinatoires, avant de conclure sur le phénomène de distanciation entre programme et architecture introduite par les systèmes constructifs modulaires.

²⁸ Hannes Meyer, « Die neue Welt », *Das Werk* 13, no.7 (1926) p205-24. Par la suite, Meyer partit avec Ernst May en URSS, où les études d'usines de fabrication de bâtiment étaient déjà assez avancées, tandis que Gropius et Breuer partirent aux USA via l'Angleterre.

²⁹ « Etudier la maison pour homme courant, « tout venant », c'est retrouver les bases humaines, l'échelle humaine, le besoin-type, la fonction-type ; l'*émotion-type*. Et voilà ! C'est capital, c'est tout. Digne période qui s'annonce, où l'homme a quitté la pompe ! » Le Corbusier, *Vers une architecture*, 1923, p XXII.

a. Articulations et extensibilité

La flexibilité d'un système constructif est définie par les possibilités de connexion énoncées par ses assemblages. Ces systèmes sont souvent répartis en deux catégories selon ce critère: les systèmes sont dits ouverts, ou fermés.

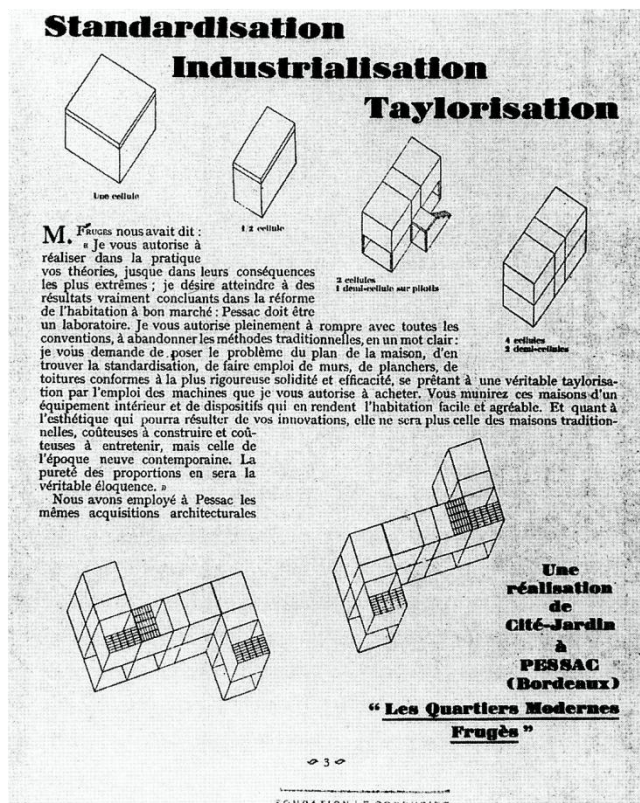
Les systèmes fermés proviennent principalement de l'industrie du bâtiment : les éléments qui le composent (raccords/isolation/éléments constructifs) sont tous créés par la même entreprise pour n'être compatibles qu'entre eux et selon un certain ordre de montage³⁰. Ces systèmes, autarciques, n'offrant que très peu de souplesse, verront leur module métrique de base s'agrandir de plus en plus, poussé par la recherche de l'économie et du rendement. Les composants de ces systèmes fermés évoluèrent ainsi progressivement jusqu'à phagocyter l'objet architecturé dès le milieu des années 50 : les logements-modules, les maisons-modules sont désormais intégrés dans des superstructures à l'échelle urbaine³¹.

En parallèle à la généralisation de ces systèmes fermés, les architectes envisageront, très tôt, des systèmes mixtes exploitant des composants de plusieurs entreprises, ouvrant les possibilités d'agencement et d'appropriations de la construction industrialisée tout en favorisant la concurrence, et donc la baisse des prix des éléments en question. On les appelle les systèmes ouverts. La maison Dom-ino de Le Corbusier est une des premières manifestations d'un système mixte³²: imaginée en 1914 pour la reconstruction des Flandres, son principe est simple : produire en série une base structurelle industrialisée minimaliste, qui sera complétée localement par les matériaux disponibles (briques, pierres, panneaux de bois). S'il ne conduira pas de travaux sur les systèmes ouverts à proprement parler, Le Corbusier ira beaucoup plus loin dans la recherche de personnalisation du bâti industrialisé sur mesure (Cité Frugès à Pessac, 1924). L'exploration des systèmes ouverts va, au contraire des systèmes fermés, tendre à faire diminuer le module métrique de base, en faisant augmenter proportionnellement les possibilités de combinaison.

³⁰ Cette famille de système est comparable à ce que Richard Stallman généralisera en 1986 en informatique sous l'appellation « format propriétaire », relatif à l'ouverture de l'informatique et des logiciels. Ce concept, valant également pour les composants électroniques et notamment les connectiques, rapproche énormément les politiques de compatibilité et de concurrence du bâtiment et des technologies de l'information.

³¹ Cf. système Camus & Balancy en France caractéristique des grands ensembles ; système CLASP en Angleterre ; système Larsson & Nielsen au Danemark ; projet SCSD en Californie. Ces utilisations de la préfabrication lourde furent défendues et utilisées notamment par Le Corbusier (l'unité d'habitation), et constitue la naissance des immeubles « casiers à bouteille ».

³² Le Corbusier s'orientera pourtant au final vers des modèles fermés, à l'instar de Jean Prouvé ou des premiers travaux de Buckminster Fuller (Dimaxion House, 1927 ; Wichita House, 1946)



Standardisation, Industrialisation, Taylorisation – Les Quartiers Modernes Frugès. Le Corbusier, Publication dans Le bulletin du redressement Français, 1^{er} mai 1928.

Comme évoqué précédemment, la condition préalable à l'ouverture d'un système est l'élaboration d'une compatibilité des raccordements / articulations entre les éléments afin que des composants de provenance différentes puissent être assemblés ou substitués. Si le problème de compatibilité des assemblages est déjà présent dans la tradition du travail du bois depuis plusieurs siècles, particulièrement au Japon et en Chine³³, l'innovation de l'après-guerre tient de la recherche de l'ordre dimensionnel universel, l'ordonnancement par un repère mathématique absolu qui régira tous les systèmes préfabriqués industriels : le module. Les normes et les standards, autres principes majeurs liés à l'industrie, sont les directives générales qui ont mené à l'adoption du module, tandis que le module est une valeur précise qui établit à la fois les dimensions des éléments et leur position dans le système. La recherche d'ouverture menée par les architectes se trouve alors liée directement avec la recherche d'une échelle de production compatible à la fois avec les usages, les réglementations urbaines, les manipulations sur chantier, le stockage et le transport, mais avant tout avec les outils de production³⁴.

Il existe depuis l'antiquité des modules traditionnels basés sur le corps humain³⁵. Cependant ces échelles de mesure ne sont pas assez simplifiées pour l'industrie et donc inadaptées aux besoins de la production. L'économie du bâtiment, dès 1940, n'est plus envisageable sans un système décimal, et les nécessités de la reconstruction renforceront cette affirmation en faisant ressortir la nécessité de disposer de systèmes de mesure

³³ Cf II, a.

³⁴ L'ouverture et la fermeture des systèmes sont l'expression d'un conflit entre deux entités mécaniques de production qui marquera définitivement l'architecture de la reconstruction: la grue contre l'outil d'usinage (qui aujourd'hui tend à être remplacée par les robots et autres machines à commande numérique).

³⁵ Pied, pouce, coudée, etc. Le Corbusier réinterprètera ces modules pour créer le Modulor en 1943.

identiques pour tous les Etats afin de favoriser les échanges (importations/exportations d'éléments) et le réapprovisionnement des marchés de la CECA. De la fin de la guerre à la moitié des années 1950 s'établit une recherche intensive de mesures modulaires optima. Le Comité du Logement de la Commission Economique Européenne décide finalement en 1959 de définir le module de base $1M=10cm$ ³⁶. Ce choix permet la correspondance avec les valeurs impériales ($4''=10cm$, $1'=30cm$) et s'harmonise avec le module soviétique (identique) adopté depuis 1954 par l'URSS. Le module soviétique, sous l'impulsion des industriels et ingénieurs favorisant les systèmes fermés passera très rapidement à 3M, puis 6M en 1957 et 9M au début des années 60. Seuls l'Angleterre et les Etats-Unis ne disposent pas de module précis avant le début des années 70, malgré plusieurs tentatives (dont le General Panel System et le projet SCSD³⁷).

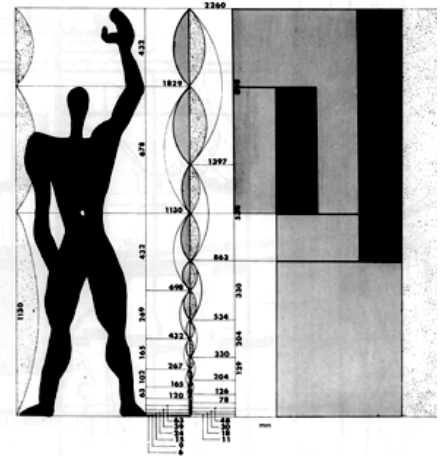
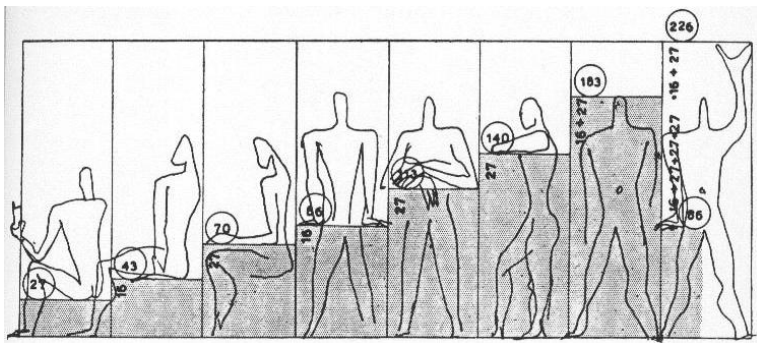
L'utilisation du module se manifeste concrètement en architecture comme définition de la valeur du côté d'une cellule d'une trame bidimensionnelle ou tridimensionnelle qui sera la matrice du projet architectural. Si l'architecte suit cette trame, les réponses restent de l'ordre de la répétitivité même si la variété formelle est possible en élaborant différentes méthodes d'agrégation et de propagation des éléments³⁸. Le module, plus petite subdivision du projet, régit à la fois le plan masse du bâtiment mais aussi l'usinage et la découpe industrielle pour sa fabrication. L'utilisation de trames par les architectes étant déjà intégrée³⁹, il n'en résultera pas de modification radicale des méthodes de projection, bien que l'utilisation d'une trame ne signifiait pas jusque-là l'utilisation d'éléments préfabriqués correspondants. Ce sont ces éléments que les architectes vont tenter de s'approprier en premier: plusieurs d'entre eux proposèrent donc leurs propres modules. On citera notamment Breuer (Yankee Portables, 1942), Le Corbusier (le Modulor, 1943), Wachsmann & Gropius (General Panel, 1942-43), Rudolf Schindler (Schindler frame, 1945), Kurokawa (Agricultural City, 1960), Gullichsen & Pallasmaa (Moduli 225, 1969) et Utzon (Espansiva, 1969).

³⁶ 1M correspond à la valeur du module de base. Les systèmes modulaires utilisent dès lors des valeurs se référant à M : 6M, 12M, 30M, etc.

³⁷ *School Construction System Development Project*, US Ministry of Public Building and Works, Research and Development, Directorate of Development, 1965.

³⁸ Cf III,b.

³⁹ La trame étant un constituant traditionnel de l'architecture classique, le caractère rigide propre à son statut d'abstraction géométrique étaient déjà maîtrisé par les architectes (Cf. Palladio, Ledoux).



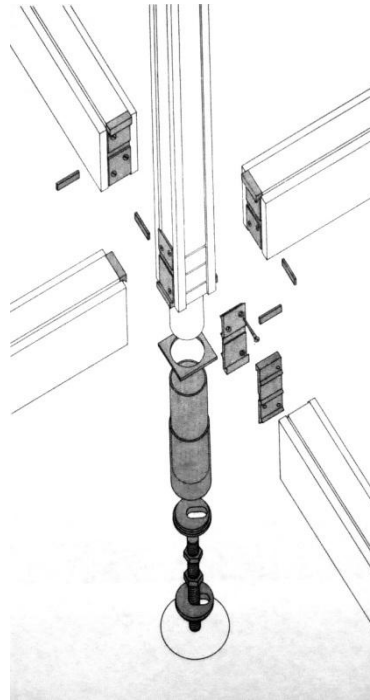
Le Modulor de Le Corbusier, 1943, document FLC.

En parallèle de ce questionnement sur le dimensionnement métrique se développe celui de la variation et de l'esthétique de la multiplication. Avant de parler de diversité, les architectes et sociétés de construction ont en vue la question de l'extensibilité des systèmes. L'extensibilité, qui est souvent intégrée maladroitement dans le terme « flexibilité », est le domaine connectique théorique d'un système. Ce domaine connectique est obligatoirement orienté. On distingue les articulations favorisant une extensibilité à 1, 2, 3, n dimensions. Les architectes sont donc dépendants des différentes directions de connexion énoncées par la géométrie (angles internes/externes, plans et logique d'instanciation) et la métrique (discrétisation de l'espace par l'unité modulaire). La conclusion généralement observée lors des multiples recherches sur la multi-directivité des systèmes constructifs est que la rentabilité du système décroît de façon proportionnelle à son ouverture, ce qui implique que le nombre de pièces nécessaires au système est majoré. Cet argument a pesé énormément dans le sens des systèmes fermés et explique en partie l'accumulation systématique selon une ou deux dimensions des logements de la reconstruction. Pourtant, des architectes-ingénieurs comme Buckminster Fuller et Frei Otto ont réfuté depuis longtemps cette position par leurs nombreux travaux d'analyse sur les systèmes d'auto-organisation géométriques, la tessellation (pavages) tridimensionnelle et la subdivision des surfaces selon leurs génératrices en vue de l'optimisation de la production industrielle, sans oublier leurs recherches sur la cinématique des surfaces⁴⁰. Car, dans une logique de flexibilité, les modèles polyédriques sont optimaux : ils proposent autant de possibilités connectiques qu'ils ont de faces, ce qui dans l'absolu d'une architecture à connectivité maximale se formaliserait par un réseau formé d'intersections de sphères⁴¹. On comprend donc l'intérêt qu'ont les architectes à se concentrer sur cette question de l'assemblage :

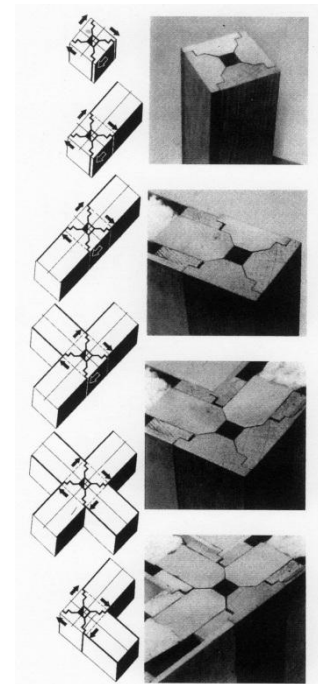
⁴⁰ Notamment des polyèdres, cf. la série des Jitterbug de Fuller, dont la mécanique de transformation fut par la suite théorisée par Gerald de Jong.

⁴¹ Les polyèdres étant des systèmes de pavage de sphères. Cette réflexion mènera d'ailleurs à l'adoption progressive de modèles topologiques particuliers (trames hexagonales ou octogonales, réinterprétation des travaux de Voronoi sur la subdivision de l'espace) par les architectes dès la fin des années 60.

Pièce maîtresse permettant l'orientation spatiale du système constructif (définissant par là son extensibilité), c'est la plus forte contrainte du projet architectural. Wachsmann travaillera dès 1930 sur ce problème⁴², et étudiera les assemblages bois du General Panel System pendant 3 ans. Il se consacrera par la suite au développement de nœuds tridimensionnels métalliques. Wright et Schindler furent notamment influencés par ces travaux.



Moduli 225, Kistian Gullichsen & Juhani Pallasmaa, Detail d'assemblage, Finlande, 1960-67



Traitement des angles du *General Panel System*, Konrad Wachsmann & Walter Gropius, 1941.

Le développement qui suit traite de la troisième préoccupation des architectes concernant la préfabrication, après la trame d'instanciation modulaire et les articulations : les composants et leur organisation, autrement dit l'utilisation de combinaisons d'éléments qui vont permettre de formuler le projet architectural.

b. La discrétisation de l'architecture

Comme évoqué dans la 2^e partie de ce mémoire, le bois est un exemple de matériau synthétisé universellement sous forme de composants par les méthodes de construction traditionnelles. Depuis les débuts de la révolution industrielle, l'emploi des machines a multiplié les processus possibles de transformation et de conditionnement de ces éléments, dont les diverses exploitations vont fournir des millions de composants préfabriqués au marché de la construction. Les architectes ayant désormais à disposition ces populations d'éléments catalogués, l'emploi d'un système ouvert va leur permettre de les combiner à volonté selon les demandes et les budgets. Avant de comprendre les modalités d'engendrement de ces projets, il semble nécessaire d'analyser les différentes typologies de composants mis en forme dans ces processus.

Les éléments d'un système de construction préfabriqué sont discernables selon leur degré d'élaboration et selon leurs rôles structurels (porteurs ou non porteurs). Par degré d'élaboration, on définit l'état de transformation subie par le matériau brut, et les différentes fonctions qui lui sont assignés par ces transformations ou par adjonctions

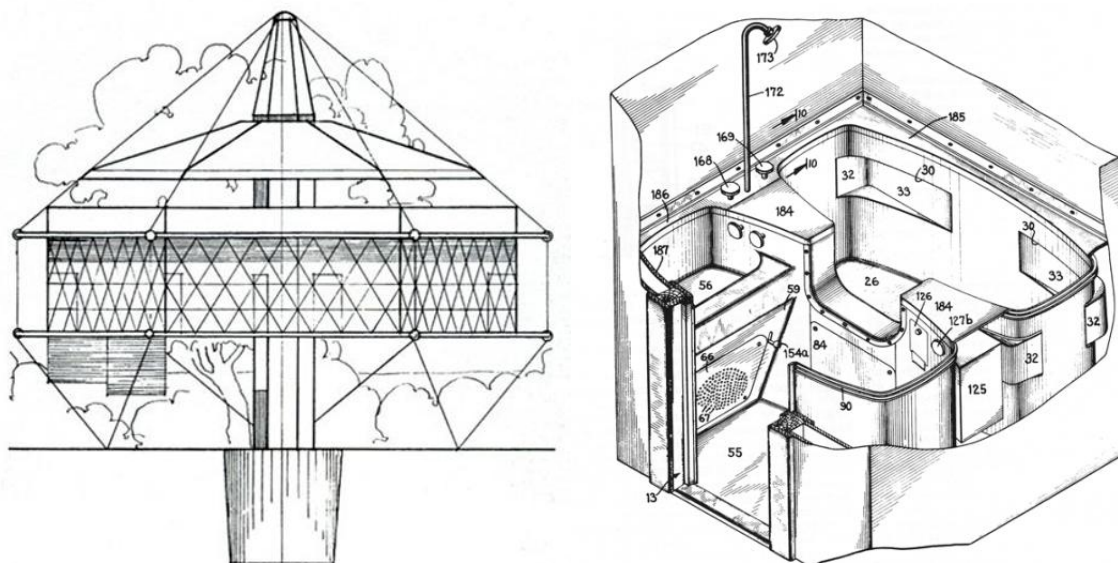
⁴² *Panel Method*, 1930

d'autres matériaux. Ainsi un panneau de bois massif ou un panneau sandwich comportant structure contreventée, isolation et finition, voire des éléments de réseau sont clairement différenciables. Ce degré d'élaboration est plus précisément divisé selon que le composant se présente :

- sous forme d'un matériau brut (bois, métaux sous forme de plaques)
- sous forme de produit semi-fini (profilés : tôles, plaques ondulées, tuyaux, etc.)
- sous forme d'élément simple (poutres, solives, composants de détails, etc.)
- sous forme d'élément assemblé (panneaux sandwichs, portes, fenêtres, etc.)

Le degré d'élaboration des composants n'est pas forcément représentatif du degré d'élaboration du système constructif d'un point de vue architectural, la préfabrication lourde ayant tendance à associer haut degré d'élaboration des composants à une fermeture maximale du système et de son extensibilité.

Il arrive que les composants deviennent ou soient assemblés comme sous-systèmes. Ceux-ci ont pour vocation d'adapter un élément non-modulaire ou un modulaire non-compatible à un autre système global, afin d'augmenter l'offre substantielle d'éléments. Les sous-systèmes sont souvent associés aux équipements spécialisés de la construction : sanitaires et éléments de plomberie, modules de circulation (escaliers, ascenseurs, etc.), éléments liés au programme (modules acoustiques, de stockage), et autres systèmes électriques. Ces sous-systèmes sont généralement produits par l'entreprise qui commercialise les éléments particuliers sous forme d'ensemble prêt à assembler sur une base modulaire plus commune (3, 6, 9M). Ainsi ce qui pourrait se révéler comme des cas particuliers ou des singularités (facteurs de diversité ?) sont phagocytés par l'ensemble du système modulaire. En mêlant architecture et design, certains architectes et ingénieurs ont cherché à créer des séries de sous-systèmes : Buckminster Fuller a par exemple inventé, après sa construction, un sous-système de salle de bain compatible avec la Dymaxion House (1927)⁴³.



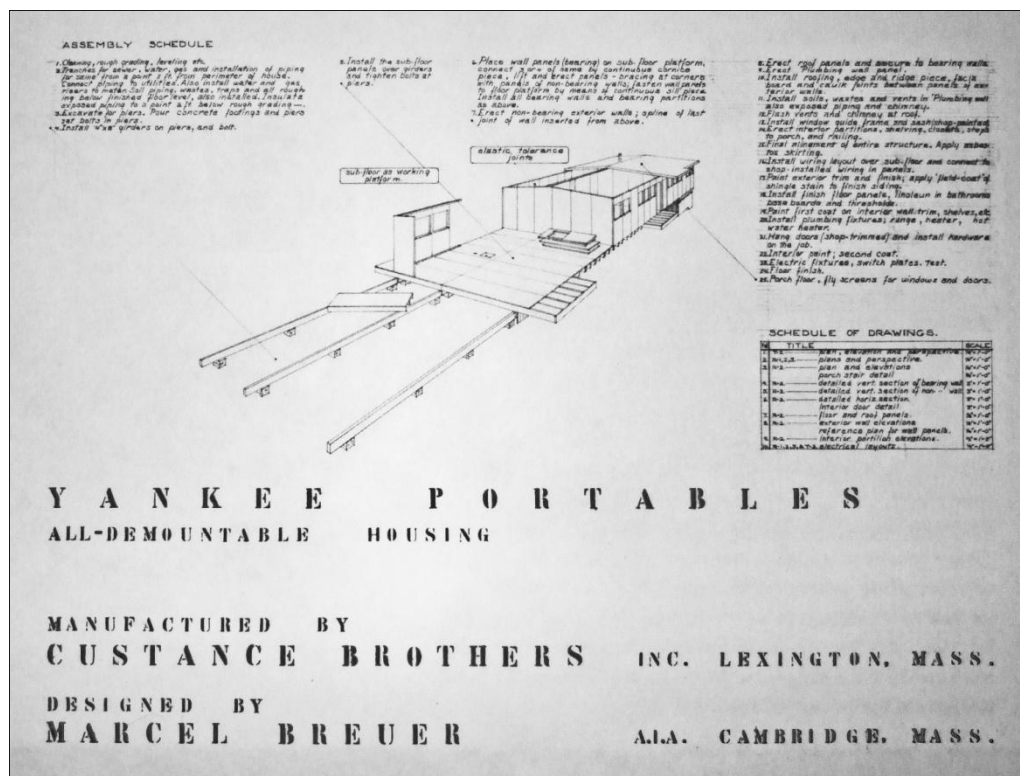
Buckminster Fuller, La Dymaxion House de 1927 et la Dymaxion Bathroom proposée en 1940.

⁴³ La Dymaxion Bathroom, 1936.

Concernant le rôle structurel des composants, on distingue les systèmes de panneaux (panneaux intégrant structure et parois), les systèmes d'ossature (où sont différenciés structure et parois) et enfin les systèmes alvéolaires (dont le module de base est constitué d'une cellule programmatique, qui peut elle-même dépendre d'un autre type de système structurel).

Les systèmes de panneaux lourds proviennent de l'industrie du béton : le premier système de ce type fut le *Concrete Panel System* de Grovesnor Atterbury (1908) qui fut employé pour la construction de 170 maisons préfabriquées dans le Queens de New York jusqu'en 1918. Ce système extrêmement rentable (il permet en outre de réduire remarquablement les temps de construction) servit ensuite d'exemple à de nombreux systèmes ultérieurs⁴⁴ notamment en URSS et en Europe et qui sont toujours d'actualité.

Les exemples de systèmes d'ossature sont beaucoup plus nombreux car ils permettent plus de liberté et sont de ce fait très répandus chez les architectes. La *Keck Crystal House* (1933) par Georges Fred Keck, le *General Panel System* de Gropius et Wachsmann, les *Yankee Portables* (1942) et la *Plas-2-point House* (1943) de Breuer en sont des exemples représentatifs mais les sommets de l'expérimentation sur ces systèmes furent atteints par la *Wichita House* de Fuller (1946), la *Case Study House no.8* de Charles et Ray Eames (1945) et les maisons de Jean Prouvé (*La Maison Tropicale* (1949) et les *Maisons de Meudon* (1950-52)).



Yankee Portables - Assembly schedule ,Marcel Breuer, 1942.

⁴⁴ Parmi les admirateurs de ce système : Ernst May, Le Corbusier et Wright. L'American System-Built House de Wright en est d'ailleurs directement inspiré, tout comme la cité-jardin de Pessac de Le Corbusier et le Baukasten de Gropius et Mayer. Breuer le copiera également dans sa série des *Bamboo Houses* (1927-28).

L'observation de ces deux stratégies de construction mène directement à un des problématiques majeures de la préfabrication: celle de la discrétisation de l'architecture. La discrétisation de l'architecture est le processus intellectuel par lequel le concepteur fractionne son projet de façon à :

- Hiérarchiser les différentes entités programmatiques⁴⁵
- Repartir les contraintes statiques
- Permettre l'éventuel prolongement ou refonte du bâtiment

Cette démarche est plus importante que jamais dans le cadre de la préfabrication, étant donné que la stratégie de conception architecturale et géométrique qui en découle régit l'intégralité du projet, contrairement à des méthodes de construction plus traditionnelles où les changements d'orientation et les erreurs de chantier sont assez fréquents et restent possibles. C'est le positionnement théorique et politique de l'architecte qui est véritablement mis à nu dans cette démarche, car comment comprendre sinon le choix de l'une des alternatives qu'offrent la discrétisation par module : utiliser un dimensionnement anthropomorphique ou relatif à la machine, construire un bâtiment en éléments de 12 tonnes ou en composants de quelques kilogrammes, pencher pour le purisme platonicien ou la complexité d'une composition ? Les interprétations relatives à l'emploi de chaque système ne peuvent être généralisées et il n'est pas question dans cette réflexion d'établir de caricatures, cependant il est clair qu'au-delà du nombre de réalisations concrétisées, ou d'une éventuelle renommée de son concepteur, la valeur architecturale et théorique d'un système est définitivement relative à cette orientation intellectuelle et à son affirmation.

Le troisième type de système, dit « alvéolaire », forme en réalité un cas particulier et orienté d'utilisation de la préfabrication : la discrétisation par cellule programmatique induit une échelle de conception forcément plus grande que celle définie par ses composants constitutifs et impose souvent une volumétrie uniforme à tous les éléments du projet.

C'est justement les réponses à ce problème d'uniformisation de l'architecture préfabriquée (évoqué précédemment⁴⁶), qui nous intéressera dans la dernière partie de cette réflexion.

c. Combinatoires : diversités génériques

Les expérimentations évoquées précédemment ont permis de mettre en exergue les blocages opérés par l'industrie de la préfabrication naissante sur l'architecture : limitations établies par l'adoption de règles dimensionnelles (le module) et d'assemblage (définissant le domaine d'existence de l'architecture). Ce domaine d'existence a en l'occurrence été l'objet d'étude des architectes considérant la diversité comme un critère de qualité⁴⁷. Ce qui nous

⁴⁵ Cf. III.c.

⁴⁶ Cf. III.

⁴⁷ Cf. I.b,c ; III. La création d'une diversité contrôlée permettant d'esquisser une réponse à la demande de bâtiments personnalisés. C'est également la posture adoptée par Venturi qui défend l'idée que la variété

intéresse ici sont les méthodes⁴⁸ d'évaluation et de génération de cette diversité qu'ils ont élaboré.

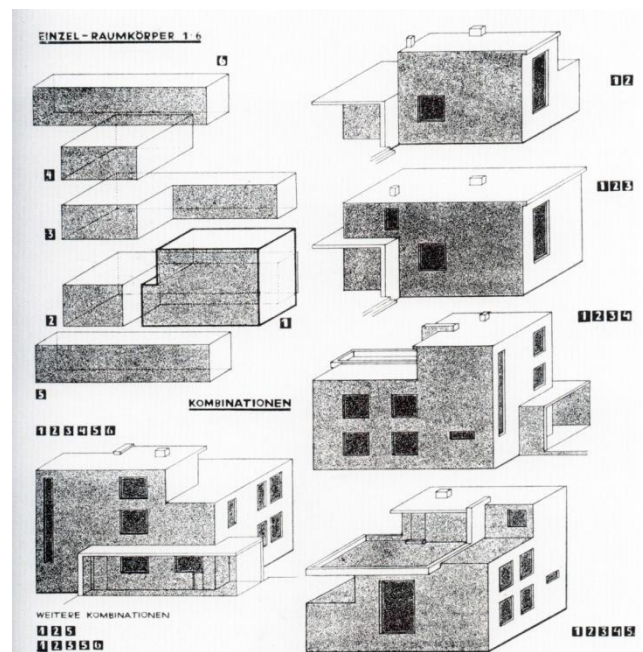
La première logique de variation envisagée dans le cadre de la préfabrication est la combinatoire par substitution. La combinatoire par substitution s'établit par rapport à un standard culturel ou autre modèle de référence. C'est le cas par exemple des typologies de modénatures interchangeables disponibles dans le catalogue Sears⁴⁹ de 1910, qui propose déjà, seulement 2 ans après le lancement de leur production de maisons préfabriquées, des listes de composants de remplacement pour chaque modèle de maison. Cet exemple est une parfaite illustration des variantes proposées par les systèmes fermés, et notamment ceux développés par Prouvé.



Copper Houses, page du Catalogue de 1931 (choix des couleurs et motifs de revêtement mural), Walter Gropius, 1931-1942

La liberté reste cependant très mince : elle permet au mieux de changer les matériaux en fonction du climat ou de faire varier l'esthétique des composants selon les goûts du client, mais l'identité produite reste extrêmement fragile vu que la différence est identique pour tous les modèles selon un référentiel typologique.

Baukasten System - Axonométries de combinaisons,
Walter Gropius & Adolf Meyer, 1922-1923.



d'une architecture est une qualité essentielle, en opposition avec les doctrines de l'architecture moderne orthodoxe

⁴⁸ Comprendre ici méthode comme processus d'engendrement construit, non comme « recette ».

⁴⁹ Cf I.b

L'idée de combinatoire est reprise dès 1911 par Frank Lloyd Wright qui développa durant 6 ans une série impressionnante de plus de 900 maisons préfabriquées. La combinatoire n'est plus comprise comme un système de substitution mais comme logique élémentaire de composition. L'*American Ready-Cut System* reste un des projets de systèmes modulaires les plus ambitieux du XXe siècle : son approche pose les jalons de l'architecture préfabriquée contemporaine, en formalisant l'idée que la quête d'une production architecturale préfabriquée ne peut se traduire que dans l'infinité de solutions qu'elle permet, en opposition à un simple éventail de modèles préétablis. Cette infinité de solution provient de l'appropriation des procédés de fabrication mécanisés par l'architecte : tous les éléments sont fabriqués selon le même procédé de découpe, même s'ils sont tous différents⁵⁰, respectant ainsi les contraintes de rentabilité ET la diversité de la production. Cependant la technologie ne permettait pas encore à l'époque de concrétiser cette approche et le projet restera sur papier. L'autre projet majeur instaurant la composition par combinatoire est le système *Baukasten* développé par Gropius et Meyer de 1922 à 1923. Conscients des limitations technologiques de l'industrie, ils envisagent de créer un système de modules préfabriqués fermé mais composé d'un grand nombre d'éléments, et dont l'arrangement, effectué par l'architecte à la demande du client, s'inscrit dans un domaine de possibles quasi-infini. Ce projet ne fut jamais concrétisé non plus, l'investissement financier qu'il requerrait étant colossal. La composition par combinatoire fût largement reprise par une seconde génération d'architectes modernes (notamment Candilis).

La propagation (ou multiplication) est la logique la plus élémentaire d'instanciation d'éléments, et est caractéristique des systèmes alvéolaires. Suivant dans un premier temps les tracés régulateurs et autres chemins de grue, ce n'est que tardivement – au début des années 60, que la duplication des cellules programmatiques vont progressivement se complexifier. Les travaux de Moshe Safdie (*Habitat '67*), Kisho Kurokawa (*Agricultural city* en 1960, puis *Floating City* en 1961 et la *Linear City* « *Metamorphosis* » en 1965), Utzon (*Kingo Houses* – 1956 puis *Espansiva* – 1959) et plus tard Zvi Hecker sont emblématiques de ces manipulations. Comme l'évoque l'appellation *Espansiva* donnée par Utzon à son système, ces projets sont tous imaginés dans une logique d'expansion infinie, s'inspirant de l'esthétique des pavages ou de la théorie des automates cellulaires de Lindenmayer. Ces emprunts aux mathématiques et à la biologie étaient une manière d'orienter l'architecture préfabriquée vers une diversité forcée en utilisant l'aléatoire ou des modèles de croissance algorithmiques comme logique de composition⁵¹. La variation est limitée dans ce cas à un nombre limité de données (qui sera peu à peu aboli par l'évolution des outils de Conception Assistée par Ordinateur) et le mécanisme de propagation est appliqué de façon uniforme et souvent visible, générant une diversité totalement linéaire.

⁵⁰ Ce qui est de nos jours bien plus aisé de réalisé avec les machines à commande numérique : tous les éléments du système restent semblables mais ne sont jamais identiques,

⁵¹ Le mimétisme et l'emprunt souvent maladroit aux sciences se généraliseront massivement avec la démocratisation progressive des outils informatiques.



Les Appartements d'Habitat '67 construit par Moshe Safdie à l'occasion de l'exposition de Montréal de 1967.

Photo : Dwell, février 2009

Le problème de l'identité de l'architecture préfabriquée revient donc en définitive à créer une diversité intégrée et non pas une diversité rajoutée et superficielle. Si les pistes qui permettent de résoudre ce problème sont pour la plupart déjà dictées à la sortie de la seconde guerre mondiale, les technologies de fabrication et de conception de l'architecture sont encore un frein à son exécution jusqu'à la fin du XXe siècle. L'aléatoire n'est finalement qu'un cas particulier de diversité artificielle, et tous ces projets d'expérimentation de systèmes combinatoires se recoupent sur un point : bien plus élaborée que les logiques linéaires de transformation géométrique, la pratique architecturale de la diversité trouve sa solution dans la recherche d'une problématisation des règles du changement des règles de composition⁵².

De fait, on ne peut plus voir les démarches de ces architectes comme une réponse sur mesure à un programme précis. La politique des systèmes détache (on le voit bien clairement dans le cadre des systèmes alvéolaires) de façon radicale la question du programme (de la fonction ?) autrefois essentielle au projet moderne, en imposant un nouveau critère qualitatif majeur : la flexibilité. La recherche - centrale - d'une logique abstraite de combinaison, même si elle trouve plus facilement dans un premier temps son application dans le logement, permet d'engager une réflexion sur le changement d'état de

⁵² Cette situation se retrouve d'ailleurs en biologie jusqu'à ce que les travaux de de Reffye, à fin des années 60, marquent la fin de l'ère des modèles de croissance pour instaurer un nouveau paradigme scientifique dépendant de la simulation, suivant ainsi l'exemple de la physique nucléaire. Cf. Franck Varenne, *du modèle à la simulation*, 2007.

l'architecture à la fin des années 60 : l'architecture devient système générique, où programme et implantation ne sont que des variables d'application du système. La préfabrication apporte donc la possibilité pour les architectes de travailler d'une nouvelle manière : la « touche » de l'artiste, la signature, ne provient plus d'une modénature ou d'un autre symbole architecturé (un additif), elle est engagée par l'emploi et le développement d'un système personnalisé ou réinterprété dont les modalités d'engendrement deviennent projet.

Conclusion

Cette mise en perspective historique, culturelle, économique, politique et géométrique de la préfabrication permet de mieux comprendre les motivations entourant les travaux d'architectes comme Wachsmann, Gropius ou Utzon. Nous pouvons les résumer ainsi :

- La nécessité pour ces architectes de répondre à un contexte économique régit par les marchés industriels, en imaginant une portabilité des techniques de fabrication mécanisée à l'architecture ainsi que l'intégration de produits standardisés dans sa construction.
- Créer l'environnement théorique et idéologique d'une architecture de grande consommation qui – parce qu'elle n'est plus intégrée dans le circuit de la construction traditionnelle - perd sa justification romantique de bâti ancestral, provoquant un paradoxe entre la demande du consommateur et la production industrielle rationalisée.
- Créer un espace de discussion, ou éventuellement un moyen de contrôle du projet architectural par le client pour limiter ce paradoxe, ce qui impose de laisser au projet un certain degré de variabilité: l'architecture devient un système semi-déterminé, dans une optique de personnalisation massive.

Nous constatons d'ailleurs qu'en fonction des relations qu'elle établit avec l'industrie, l'architecture est une discipline qui peut tendre vers une pratique spécialisée d'adaptation de consommables, ce qui de nos jours est aisément observable : l'immense majorité des architectures construites récemment comporte désormais des éléments préfabriqués, issus d'un déluge de produits industriels éclusés grâce à une normalisation toujours plus restrictive et pointue de la construction, dont la presse professionnelle ne manque jamais de faire la publicité. La construction d'un projet est donc clairement déterminée par les catalogues d'éléments à disposition, ce qui ne constitue pas pour autant un écueil : l'expérimentation est toujours possible d'une part grâce à la combinaison de ces éléments, d'autre part en travaillant l'architecture avec l'appui direct de machines de fabrication ouvrant la possibilité de produire ses propres composants. Cette dernière approche est le prolongement direct des travaux effectués par Gropius ou Breuer : elle suppose une maîtrise des technologies de production, un possible partenariat avec les fournisseurs de ces technologies, et une gestion de l'information assez robuste pour permettre les échanges entre le produit à construire et les clients, l'environnement, les moyens de transport à disposition ou n'importe quelle autre donnée intervenant dans la gestation de l'architecture. L'ouverture des systèmes de construction préfabriqués a également mis au premier plan trois questions majeures: la flexibilité, la diversité, et la réévaluation de la notion de programme comme racine du processus projectuel.

Dans ce contexte, ce processus doit-il encore être compris comme un évènement linéaire et centralisé en une équipe de concepteurs ?

Bibliographie

Le Corbusier, *Vers une architecture*, 1923

Pol Abraham, *Architecture préfabriquée*, Ed. Duneod, 1946

Siegfried Giedion, *Walter Gropius, work and Teamwork*, Architectural Press, Londres, 1954

School Construction System Development Project, US Ministry of Public Building and Works, Research and Development, Directorate of Development, 1965

Architectural Design, juin 1968

Bernard Hamburger, Jean-Louis Venard , préf. de Michel Conan, *Série industrielle et diversité architecturale*, Documentation française, Paris , 1977

Architecture et industrie : passé et avenir d'un mariage de raison, CCI, Paris, 1983

Gilbert Herbert, *The dream of the factory-made house / Walter Gropius and Konrad Wachsmann*, The MIT Press , Cambridge, 1984

Olivier Roland, Marc Colombard-Prout , avec la participation de Virginie Lefebvre , *Vers l'industrialisation flexible: l'innovation technologique et organisationnelle dans le secteur de la maison individuelle*, Plan Construction, Paris , 1987

Konrad Wachsmann, *Building the wooden house, technique and design*, Basel: Birkhäuser , 1995, première édition 1930.

Richard Weston , *Utzon, Inspiration, Vision, Architecture* Hellerup, Blondal, 2001

C.C.A.M. Van den Thillart, *Customised industrialisation in the residential sector : mass customisation modelling as a tool for benchmarking, variation and selection*, Sun, Amsterdam, 2004

Michael Asgaard Andersen, *Utzon's own houses* , Danish Architectural Press, Copenhagen, 2004

Siegfried Giedion, *Espace, Temps, Architecture*, Ed. Denoël, 2004

John Pardey Hellerup , *Jorn Utzon logbook, vol. III, Two houses on Majorca*, Edition Blondal, 2004

Beatriz Colomina , *Domesticity at war*, ACTAR, Barcelone, 2006

Ferrer Forges , *Jørn Utzon, Works and projects*, Gustavo Gili, Barcelona, 2006

Franck Varenne, *du modèle à la simulation*, 2007

Barry Bergdoll and Peter Christensen, *Home delivery : fabricating the modern dwelling*, Basel, Birkhäuser , 2008

The Prefab Decade, Karrie Jacobs, in *Dwell, The Prefab Issue, Real Homes for Real People*, February 2009, Dwell Media LLC.