

Informations sur les Systèmes de Construction: « Un Survol sur les Systèmes de Construction Industrialisés ».

Résumé d'une Conférence préparé par les Éditeurs de IF.

Cet article présente les communications et les discussions qui ont eu lieu au cours d'une conférence sur les systèmes de construction industrialisés à l'Université de Montréal en 1977, sous les auspices de l'Ordre des Architectes du Québec, de l'Association des Ciments Portland et de l'Université de Montréal.

L'industrialisation est un processus qui mène à une production en grande série; elle est évolutive et implique une nouvelle répartition des rôles des participants. Les systèmes de construction sont classés selon la répartition des travaux en usine et sur chantier, la géométrie de la structure ou le matériau prédominant. L'approche plus flexible dite « ouverte » est un concept important qui permettra de réconcilier les objectifs techniques et les exigences des usagers. Les systèmes sont illustrés en les replaçant dans leur contexte (en l'occurrence l'Amérique du Nord, l'Europe occidentale, l'URSS et l'Europe de l'Est). Six exemples sont décrits et illustrés.

Systèmes et Industrialisation.

Qu'est-ce que l'Industrialisation ?

Face à la multitude des méthodes, des procédés et des objets que l'on regroupe généralement sous le terme de « systèmes de construction industrialisés », il est nécessaire, en premier lieu, de définir ce qu'on entend par *industrialisation*.

Selon les participants — théoriciens et praticiens — l'industrialisation est avant tout un problème d'organisation du processus de production.

Ce problème soulève deux questions:

- Quelle est la nature et quels sont les objectifs d'une telle organisation ?
- Dans le contexte traditionnel, comment parvenir à cette organisation ?

Nature et Objectifs.

D'une façon générale, on peut dire que la construction industrialisée est « une approche systématique

contrôlant la gestion de toutes les ressources disponibles (main-d'œuvre, savoir-faire, matériaux, terrain, énergie, financement, etc.) pour satisfaire les exigences des usagers grâce à une utilisation optimale des connaissances disponibles, aussi bien sur le plan de la gestion que de la technologie » [Winter].

On peut définir l'industrialisation elle-même comme « une méthode productive, fondée sur des processus organisés et/ou mécanisés d'un caractère répétitif » [Davidson]. L'industrialisation est donc une méthode et non un produit; elle repose sur des processus mécanisés, organisés (les deux vont généralement de pair), et répétitifs (ce qui permet d'obtenir la continuité nécessaire).

« L'industrialisation est évolutive » [Davidson], en ce sens qu'on ne se trouve jamais dans une situation d'industrialisation *totale* ou *nulle*, mais dans une situation qui vise à une plus grande industrialisation (le terme 'industrialisation' indiquant non seulement « l'état de ce qui est industrialisé... », mais aussi « le fait d'industrialiser »).

« Actuellement, lorsqu'on parle de logement industrialisé, nous voulons dire qu'au moins 30 à

Les conférenciers étaient:

Egon Ali-Oglu, Président de Componoform International Ltd., Lincoln, Mass.

Gérard Blachère, Conseiller Scientifique du C.S.T.B. et Professeur au C.N.A.M., Paris.

Colin H. Davidson, Doyen de la Faculté de l'Aménagement, Université de Montréal, Montréal.

William F. Dawson, Président de Descon International Ltd. Montréal.

Dr. Eric Dluhosch, Chercheur, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass.

Katlf Gazzé, Directeur de l'Équipement, C.E.C.M., Montréal.

Eugène J. Matyas, Vice-président, F. D. Rich Co., Stamford, Connecticut.

Roger B. Richard, Architecte et Professeur à l'Université de Montréal, Montréal.

Jan Van Seventer, Président, Outinord S.G.B. Company, New York.

John Willingham, Président, Wham Inc. and WIDGI, Memphis, Tennessee.

Steven Winter, Directeur de S. W. Associates et Professeur à la Columbia University et au Pratt Institute.

40% des unités d'habitation sont préfabriquées à l'aide de composants de construction finis qui ne nécessitent sur chantier aucun autre processus que leur assemblage» [Winter].

L'industrialisation, c'est aussi la recherche d'un «procédé axé essentiellement sur la minimisation des efforts de reproduction» [Richard].

L'industrie produit des objets, *en quantité*. Ces objets sont organisés, en fonction des opérations qu'ils auront à subir après leur fabrication, et en fonction de l'environnement dans lequel ils s'inséreront.

«Un système est un ensemble d'objets qui sont marqués non seulement par les relations qui existent entre eux, mais aussi par celles qui existent entre leurs attributs. Tout système existe dans un environnement (celui-ci étant défini par le regroupement de tous les objets en dehors du système de telle sorte que a) un changement de ces objets affecte tout le système et b) un changement dans le système affecte tous les objets). Un système ouvert permet un échange d'objets (ou d'informations) avec son environnement, tandis qu'un système fermé, par définition, ne permet pas de telles manipulations. La construction par systèmes place la responsabilité — y compris la responsabilité pour les relations qui donnent à la méthode de construction son caractère systématique — et par conséquent son efficacité — dans les mains de l'initiateur du système, qui peut être soit un organisme public, soit une firme privée» [Davidson].

Un mode de production industrialisé ne se justifie pas en lui-même; il faut aussi «qu'il offre, dans les limites de temps prévues, une certaine qualité à un prix inférieur ou égal à toute autre méthode» [Van Severter].

Réorganisation du Processus de Production.

Chaque système de construction, chaque intervention gouvernementale concernant l'industrialisation de la construction... apporte une réponse explicite ou implicite à ce problème.

Deux aspects du problème méritent d'être plus approfondis; ce sont: (a) l'évaluation quantitative de l'industrialisation, et (b) la répartition des rôles des participants dans la production.

II. Évaluation Quantitative de l'Industrialisation. Il est bon de pouvoir mesurer un concept qualitatif que l'industrialisation. Posons par exemple:

$$T = L + C + O + M + P$$

T = le prix total,

L = le coût de la main-d'œuvre,

C = les frais dus à l'investissement du capital,

O = les frais généraux (y compris les coûts indirects de la main-d'œuvre),

M = le coût des matériaux,

P = le profit.

On en conclut que (T-M) est la plus-value du processus à l'étude, c'est-à-dire la différence entre le des matériaux nécessaires pour la réalisation

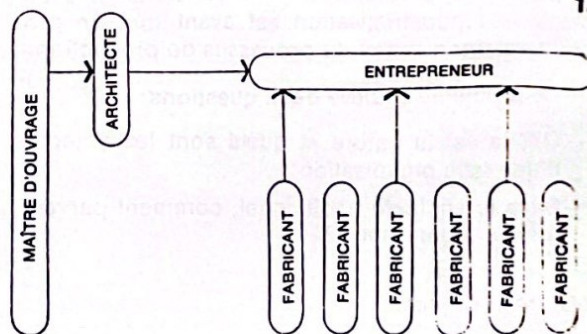
du processus et le prix total du produit sur le marché à la fin du processus. L/(T-M) représente donc l'incidence des coûts de la main-d'œuvre sur la plus-value. Pour un marché donné (dans lequel T est généralement fixé par la concurrence ou le contrôle des prix), L peut — et doit — baisser si C (frais dus à l'investissement du capital = mécanisation) et O (frais généraux = organisation) augmentent. Autrement dit, L/(T-M) donne (presque directement, même si cela n'apparaît pas explicitement) une indication de l'incidence de la mécanisation et de l'organisation — c'est-à-dire du degré d'industrialisation — sur la plus-value.

Par conséquent,

$$I \text{ (index d'industrialisation)} = 1 - \frac{L}{(T-M)}$$

I tend vers 1 si L/(T-M) est faible, c'est-à-dire si les coûts de la main-d'œuvre sont relativement bas, et il tend vers 0 si L est relativement élevé. Il reflète donc le degré d'industrialisation du processus à l'étude [Davidson, se référant à une étude faite par J. Movshin, Washington University¹].

B. Distribution des Rôles. En ce qui concerne les relations entre les participants dans le processus de production, une série d'organigrammes (figs. 1-5) montre différents ensembles de relations que l'on peut observer dans des cas d'innovation technique. Ils sont différents entre eux, et différents de l'ensemble des relations traditionnelles. Ils permettent une réduction de la variété éparsée et désorganisée qui caractérise la construction traditionnelle, de sorte que le degré d'industrialisation soit amélioré et que la dépendance vis-à-vis des opérations manuelles soit réduite.

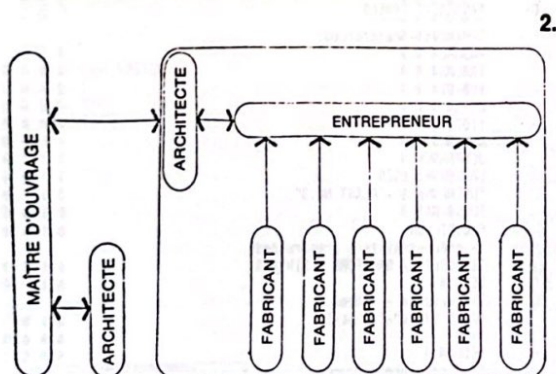


«La Figure 1 présente un organigramme qui montre les principaux participants d'un projet de construction traditionnelle typique. Les flèches indiquent la nature — et la direction — des liens de communication. Lorsque les flèches manquent, il n'existe aucun lien formel. Le maître d'ouvrage — c'est-à-dire le client — passe un contrat avec un architecte, après avoir défini l'objectif de son projet. À la suite d'un certain nombre de «rituels» propres au design, l'architecte fait savoir à l'entrepreneur — par l'intermédiaire des documents d'appels d'offres — ce qu'il désire construire. À cette phase, les fournisseurs indiquent les prix et les informations techniques à l'entrepreneur. Cet arrangement subsiste pendant toute la durée du contrat. À la fin de la

période de construction — lorsque toutes les questions litigieuses sont résolues — les liens — quels qu'ils soient — sont rompus et les participants se retrouveront peut-être pour gérer un autre projet de construction, s'ils en ont la chance.

« Si l'on visualise l'industrie de la construction sous cet angle, il est clair que tous les projets de construction et tous les participants (car on ne peut pas parler dans ce cas d'équipe de construction) présentent une extrême variété. (Nous n'avons qu'à regarder autour de nous pour faire cette constatation!). Le professionnel et l'ouvrier qualifié — grâce à leurs qualifications — peuvent apporter une contribution efficace — malgré cette variété. Par contre le fabricant traditionnel ne possède pas cette flexibilité. Il investit dans un équipement de production et par conséquent il dépend de la répétition pour faire fructifier son investissement. Face à la variété qui l'entoure, il n'a qu'un seul choix: investir et fabriquer en grande série des produits qui sont si simples ou si petits qu'il sera possible de les utiliser pour n'importe quel projet. Il est évident qu'en soi n'importe quel des bâtiments auxquels nous pouvons penser, avec ses briques, son ciment, son placo-plâtre, ses vitres, etc., n'est pas nécessairement mauvais; par contre, ce qui est regrettable et même mauvais, c'est la quantité de travail manuel nécessaire pour convertir tous ces produits fabriqués en grande série pour en faire des murs, des plafonds, des façades, etc.

« Il existe un certain degré d'industrialisation dans la construction traditionnelle caractérisée par une très grande variété, mais celui-ci est « éclipsé » — c'est-à-dire gaspillé — par les opérations manuelles fastidieuses réalisées sur chantier.

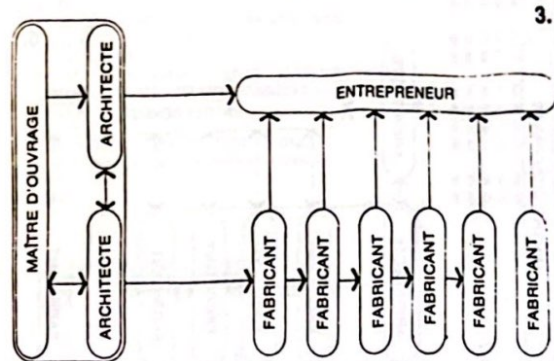


« La Figure 2 présente un organigramme qui montre l'organisation typique d'un système de pré-fabrication sous la responsabilité d'un entrepreneur. Cette méthode de construction est apparue en France juste après la seconde guerre mondiale à une époque où, pour faire face à la crise du logement, le gouvernement avait décidé de planifier la demande.

« Chaque grand entrepreneur s'organisait pour former un groupe qui avait la responsabilité de prévoir le design, la fabrication et le montage du logement produit par une nouvelle technologie qui en l'occurrence était très commode pour lui puisqu'il s'agissait de grands panneaux en béton. Dans cette situation, l'entrepreneur qui a un très grand

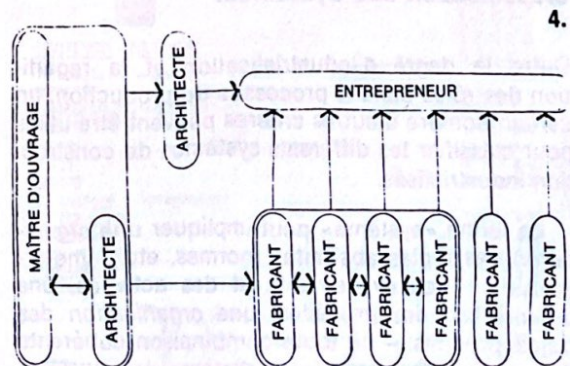
contrôle sur le design et la fabrication des composants, propose ses produits à son client — qui est en général le gouvernement ou un organisme d'HLM. Celui-ci, après avoir pris conseil sur la qualité de la solution proposée, négocie directement avec l'entrepreneur; on peut alors parler d'un nouveau type d'organisation.

« Dans ce cas, de plus, une grande partie de la variété est éliminée (d'une façon un peu exagérée pour certains) et il est possible d'industrialiser la production et le montage.



« La Figure 3 présente un organigramme qui montre un système de construction anglais pour des bâtiments scolaires. Dans ce cas, le client tire profit de la planification à long terme que lui offre le plan quinquennal du Ministère de l'Éducation et des Sciences. Il s'organise lui-même, commissionne des architectes/designers industriels qui peuvent faire une analyse de ses besoins, prévoir les composants qui seront nécessaires et négocier avec différentes firmes pour la fabrication des composants; enfin il choisit les architectes du projet, qui, en collaboration avec leurs collègues, produiront un design qui satisfera ses exigences spécifiques en utilisant uniquement des composants prêts à l'emploi.

« Là encore, on élimine toute variété aléatoire pour exploiter une gamme d'options riches et bien organisées, rationaliser le design et industrialiser la production.



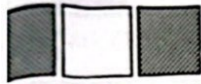
« La Figure 4 présente un organigramme qui montre le processus de construction scolaire aux E-U, mis au point à partir de l'utilisation des spécifications de performance. Dans ce cas, plusieurs

6.



PRODUCTION	0 0 0 0
SECTION	0 0 0 0
plan articulé - articulated planes:	0 0 0 0
SECTION / ELLE	0 0 0 0
B. "H"	0 0 0 0
SHULER & WITTE	0 0 0 0

VOLUME USINE FACTORY MADE MODULE



FILE SECTIONNEL SECTIONAL MODULE

par addition - by addition:

R.M.	0 0 0 0
AGIN	0 0 0 0
MENT	0 0 0 0
OKARI	0 0 0 0
LE-6-COQUES	0 0 0 0
BINER & HUSTER	0 0 0 0
BOGAKA	0 0 0 0

en damier - checker board:

I.M.I.	0 0 0 0
MVLIT	0 0 0 0
ILLEY	0 0 0 0

par compaction - fold/slide out:

ARLOTTESVILLE	0 0 0 0
STRZEBSKI	0 0 0 0
PRODON	0 0 0 0



ITE BOX

coque monolithique - monolithic shell:

38 X	0 0 0 0
B / F.D.RICH	0 0 0 0
CHRY	0 0 0 0
RSS - "USSR"	0 0 0 0
ELCO	0 0 0 0

assemblage de panneaux - panelized:

RCULES	0 0 0 0
VITT	0 0 0 0
MTOM	0 0 0 0
ISE CASCADE	0 0 0 0
TIONAL MODULAR SYSTEM	0 0 0 0
PUBLIC STEEL	0 0 0 0
NERAL ELECTRIC	0 0 0 0
ANU & BILEK	0 0 0 0
ODOFFELLOW	0 0 0 0
DSLOV	0 0 0 0
GMA	0 0 0 0
RIEL	0 0 0 0
BERSHELL	0 0 0 0

'HYBRIDE YBRID



OYAU PORTEUR LOAD BEARING SERVICE CORE

- linéaire - linear:

INCS	0 0 0 0
RCOBEC	0 0 0 0
UPERBOITE - SUPERBOX	0 0 0 0
CHO	0 0 0 0

- ponctuel - point to point:

LCOA	0 0 0 0
SEVERINO	0 0 0 0
FROHNWIESER	0 0 0 0

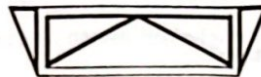


MEGASTRUCTURE

1- à un étage - one storey:

"SCHULTZ"	0 0 0 0
-----------	---------

2- à deux étages - two stories:	0 0 0 0
ROW-2	0 0 0 0
3- à trois étages - three stories:	0 0 0 0
HABITAT 67	0 0 0 0
TOWNLAND	0 0 0 0
"SHIBUYA"	0 0 0 0
4- à quatre étages - four stories:	0 0 0 0
NATIONAL HOMES	0 0 0 0
KATA-TOWER	0 0 0 0



I- MECANISATION MECHANIZATION

1- usine mobile - mobile factory:

WHAM T

2- usine à pied d'oeuvre - on site factory:

"TILT UP"

"SPRAYED HOUSE"

3- coffrage mécanisé - industrialized formwork:

"COFFRAGE VOLANT" - "FLYING FORMWORK"

OUTINORD

SECTRA

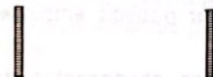
"COFFRAGE GLISSANT" - "SLIDING FORMWORK"

4- coffrage perdu - permanent formwork:

"HERCULES"

"DANO"

iv- LE SOUS-SYSTEME OUVERT OPEN SUB-SYSTEM



J- ENVELOPPE ENVELOPE

1- mur rideau en bois - wood curtain wall:

VELFAC

2- mur rideau en métal - metal curtain wall:

"JEAN PROUVE"

3- mur rideau en béton - concrete curtain wall:

"A.U.A."

"STERLING"

4- mur rideau en plastique - plastic curtain wall:

"RUNCORN"



K- CLOISONNEMENT PARTITION

1- fixe - fixed:

"CONVENTIONNEL" - "CONVENTIONAL"

2- démontable - demountable:

KAISER

"ISOTERNIT"

ULTRAWALL

3- amovible - movable:

HAUSERMAN

4- mobile:

ROTON

L- EQUIPEMENT EQUIPMENT

1- modulaire - modular:

MODULINE

"DEPLOYABLE" - "FOLD OUT"

"FULLER"

BARTOLI

I.C.S.

UNETTE

2- intégré - integrated:

IL CUBOLIBRE

WESTINGHOUSE

ARCHIMEUBLE

"COLOMBO"

M- SERVICES

1- puit prefabricé - prefabricated service core:

AMERICAN STANDARD

SANBLOC

2- puit "imprimé" - "printed" service core:

"HEINZ WAGER"

proposer une classification reposant sur «le partage du travail entre l'usine et le chantier, la géométrie de la charpente et le matériau prédominant» [Richard]. La Figure 6 ci-contre montre une telle classification en indiquant les noms d'un certain nombre de systèmes entrant dans chaque catégorie.

«L'Ouverture des Systèmes».

La plupart des participants ont insisté sur la nécessité «d'ouvrir les systèmes de construction», autrement dit de les rendre plus flexibles, envisageant:

- la flexibilité du système pour obtenir une certaine variété dans les solutions architecturales,
- la flexibilité/interchangeabilité des composants et des assemblages pour combiner les systèmes entre eux,
- la flexibilité des procédés de production et de montage pour avoir recours aux ressources industrielles locales,
- la simplification des manipulations de production et/ou de montage pour pouvoir employer des ouvriers peu qualifiés,
- la réceptivité aux demandes changeantes du marché et aux exigences des usagers.

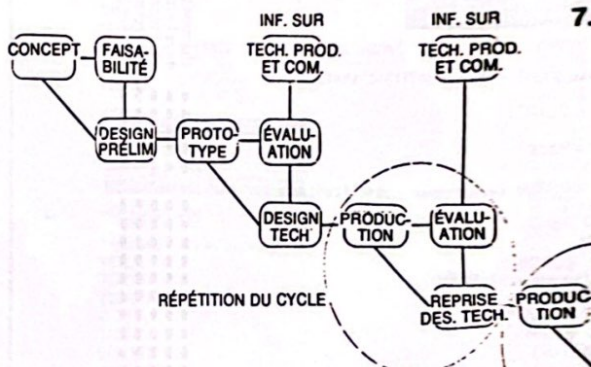
«En 1976, 25 000 habitations sont sorties des 33 usines des trois grands de l'industrie des maisons mobiles aux États-Unis. Tous les travaux de conception, de production et de documentation sont centralisés dans les bureaux du siège social de la compagnie et réalisés par trois personnes qui n'ont pas une expérience ou une formation architecturale. La conception de ces unités d'habitation n'est donc pas un processus rationnel, mais un processus évolutif puisque ce sont les informations de rétroaction qui dictent la révision d'un modèle. Ces informations sont fournies par les représentants qui transmettent le point de vue du consommateur, les idées empruntées aux concurrents, les suggestions des fournisseurs de produits entrant dans la fabrication des habitations mobiles et les idées de génie du président de la compagnie ou des membres de sa famille.» [Winter]. Dans ce cas, «l'ouverture du système» vers l'utilisateur est réalisée au prix «d'une fermeture» du système par rapport aux autres systèmes.

Pour réconcilier ces deux tendances (de flexibilité à l'égard des exigences des usagers et à l'égard des objets), les systèmes doivent être organisés d'une façon cohérente mais modifiable. La personne (ou l'organisation) qui propose une innovation, doit également prendre des initiatives en ce qui concerne sa propre gestion. «Il est évident qu'elle ne peut atteindre ce but qu'en résolvant ses propres problèmes en premier lieu, laissant — si la situation le permet — des avantages secondaires aux autres participants du processus. Les exemples mentionnés ci-dessus confirment ce phénomène. Les entrepreneurs français avaient tendance à mettre l'accent sur le montage et à négliger les exigences des usagers; les Commissions Scolaires anglaises soulignaient la rationalisation de la con-

ception et de la fabrication de leur système mais ne se préoccupaient guère du montage, et ainsi de suite... Il est donc évident que la personne qui prend les risques veut aussi se saisir des avantages auxquels elle attache le plus d'importance.

«Par conséquent, si nous voulons un plus grand degré d'industrialisation et si nous souhaitons que l'utilisateur — c'est-à-dire celui qui utilise le bâtiment — bénéficie réellement des avantages de la technologie, il est indispensable a) d'étudier le contexte et d'arriver à une organisation appropriée du design dans laquelle b) les principales initiatives seront prises par les usagers ou par leurs représentants.

«Actuellement, l'industrialisation a atteint un plateau, du fait que ces deux aspects n'ont pas encore reçu suffisamment de considérations. La prochaine percée dans ce domaine dépendra de l'importance qu'on attachera à un nouveau mode d'organisation, conçu en faveur de l'utilisateur dans un contexte technologique donné. Pour réaliser cet objectif, il n'est plus possible que les projets soient commissionnés de la façon dont ils ont été commissionnés dans le passé; il serait probablement plus valable d'adopter une approche plus systématique afin que les projets de construction passent de la phase de tests et de pré-production à la phase de



Source: Bishop, D., conférence à BRS en sept. 1964.

production d'une façon graduelle et itérative (Figure 7): processus dont chaque phase serait marquée par le perfectionnement des solutions techniques et administratives antérieures. Cette approche aurait des répercussions immédiates sur les professionnels de l'industrie de la construction — aussi bien dans la pratique que dans l'enseignement de l'architecture» [Davidson].

Contexte et Politique.

Le contexte économique, politique et social dans lequel apparaît un système de construction est un facteur déterminant pour sa survie et son évolution.

Dans les pays dits développés, il est clair que la situation diffère radicalement dans chacune des trois grandes zones industrialisées (Amérique du Nord, Europe Occidentale, URSS et Europe de l'Est). Dans chacune de ces régions, une histoire sociale spécifique, et des choix politiques et économiques particuliers ont conduit à des expériences différentes en matière d'industrialisation.

Le Contexte de l'Amérique du Nord [Winter].

« Aux États-Unis, le logement industrialisé est essentiellement constitué par des habitations unifamiliales. Quoi qu'en disent les partisans des immeubles en hauteur, les habitations unifamiliales peuvent être toutes identiques, c'est-à-dire industrialisées tandis que les habitations multi-familiales ne peuvent pas l'être réellement.

« Dans un bâtiment de trois étages, par exemple, chaque niveau est différent; le rez-de-chaussée comprend les fondations, le troisième étage le toit et celui du centre est relié aux niveaux adjacents. Par contre les unités unifamiliales peuvent être absolument identiques et par conséquent produites en grande série. Certes, même lorsqu'il s'agit des unités multi-familiales, les différences sont relativement minimes, mais la nature du processus industrialisé est tel que le moindre changement entraîne des modifications de la documentation, des stocks, de la production et de l'assemblage, provoquant à chaque phase des frais et une perte de temps.

« Un autre facteur, plus important encore, rend le processus industrialisé plus approprié aux logements unifamiliaux. En effet, un projet de construction multi-familial, de grande envergure, comprend un grand nombre d'unités d'habitation qui sont plus difficiles à réaliser que des maisons unifamiliales. Bien souvent, ces projets qui doivent être différents de projets similaires (par leur forme, leur implantation, leurs services, leurs finis, etc.) ne réussissent jamais à se matérialiser.

« Il en résulte qu'un fabricant de composants destinés à la construction d'unités multi-familiales qui a souvent besoin d'un laps de temps assez long pour orienter son programme, rencontre des difficultés à la fin du premier cycle de production. Il doit alors réviser ses plans et passer de nouveau par une phase d'apprentissage. Cette incertitude et cette instabilité sont les principales causes des échecs des projets de construction multi-familiale.

« L'industrialisation du logement n'est pas nouvelle aux États-Unis. Cette industrie n'a cessé de se développer régulièrement au cours des 30 dernières années à tel point qu'on estimait en 1976 qu'environ 60 à 75% du logement américain était produit industriellement (ces chiffres étant rattachés à une définition assez floue de ce qu'on entend par 'logement industrialisé'). Ce logement industrialisé, qui comprend des maisons mobiles, des maisons modulaires, des maisons faites à l'aide de panneaux et diverses autres techniques, est produit par quelque 3 000 firmes réparties dans tout le pays; chacune de celles-ci fabrique en moyenne 250 unités d'habitation par an.

« Le vrai constructeur de logement industrialisé opère dans une petite ville obscure. Ses habitations ont une apparence similaire; elles sont construites selon les mêmes techniques. Elles sont généralement tout à fait banales, mais de bonne qualité, répondant aux exigences des usagers et d'un coût très modéré. Ce type de constructeur ne recherche pas la publicité; son nom n'apparaît jamais dans les

revues de luxe; il ne fréquente pas les architectes. Il est inconnu de Wall Street, des grandes villes ou des écoles d'architecture, et cependant il produit les trois quarts du logement américain »².

L'URSS et les Pays de l'Europe de l'Est [Dluhosch].

« Le Contexte Historique.

« Après la révolution d'octobre 1917, le gouvernement soviétique s'est saisi du contrôle de la terre (loi du 13 janvier 1918). Cette disposition législative correspondait à une expropriation virtuelle de toutes les propriétés privées, sans aucune indemnité.

« Il confia aux autorités municipales des pouvoirs illimités en ce qui concerne la législation et la réglementation des usages de la terre, de l'urbanisation et des priorités de la construction définies par le plan quinquennal (initiative prise par Staline en 1929) qui détermine les principes de la politique économique nationale, y compris celle de la construction. Un système similaire de planification est appliqué dans les pays de l'Europe de l'Est depuis 1945.

« Au cours des trois décades qui suivirent la révolution, le gouvernement soviétique chercha des solutions pour résoudre le problème agricole, l'électrification du pays et le développement de l'industrie lourde, aux dépens des autres secteurs de l'économie et en particulier du logement.

« Après la seconde guerre mondiale, les plans de reconstruction durent non seulement reconstruire les industries décimées par la guerre mais aussi répondre à la crise du logement due à la négligence d'avant-guerre et à la destruction massive par les armées allemandes au cours de leur retraite. Cette situation et le désir de rationaliser la construction du logement, aussi bien du point de vue de la technique que de la gestion, mena à l'adoption de la préfabrication afin de pouvoir fournir des habitations aussi bien en URSS que dans les pays de l'Europe de l'Est.

« En résumé, on peut dire que les causes de l'industrialisation de la construction en URSS sont les suivantes:

- la crise du logement,
- la main mise de l'état sur la terre,
- la main mise de l'état sur tous les systèmes de production,
- la centralisation de la planification,
- l'idée de faire du logement un service social financé par l'état,
- la nécessité de produire de bâtiments pendant les mois d'hiver,
- le manque d'ouvriers qualifiés, et enfin
- l'idée que les sciences et la technologie étaient les seuls moyens d'accélérer l'édification de l'état socialiste.

«Les Objectifs et les Caractéristiques de l'Industrialisation de la Construction dans les Pays de l'Europe de l'Est. Quelques Remarques Générales.

«Le développement de l'industrialisation dans les pays de l'Europe de l'Est repose sur des principes théoriques qui avaient été énoncés par les écoles avant-garde aussi bien de l'est que de l'ouest, au cours des années qui précédèrent la seconde guerre mondiale. Cependant, alors qu'en occident le modernisme a dû se développer en fonction des contraintes du système capitaliste existant, dans les pays de l'est le programme socio-technique de l'avant-garde russe se transforma après la révolution en un programme socio-politique qui devint par la suite — au nom du réalisme socialiste — un programme scientifique et technique qui visait à rationaliser complètement tous les aspects de l'industrie de la construction à l'aide de l'industrialisation et de la préfabrication.

«Il en résulte que les méthodes de préfabrication permettent actuellement de produire 60 à 85% du logement et environ 15 à 30% des autres types de construction tels que les institutions, les bâtiments civiques, les installations industrielles et commerciales, etc.

«La rationalisation du secteur de la construction a pu être accomplie en agissant dans trois principaux domaines :

- 1) en améliorant progressivement les techniques de construction traditionnelles et la planification des méthodes de gestion,
- 2) en mécanisant au maximum la construction en usine et sur chantier, et
- 3) en envisageant une industrialisation de grande envergure pour les produits et les processus de construction.

«La réalisation de ces objectifs donna naissance diverses autres mesures ; entre autres :

la mécanisation des transports et l'emploi d'un équipement plus mécanisé pour la construction traditionnelle ;

les recherches à long terme dans tous les domaines des sciences de la construction, y compris la création de normes et de règlements nationaux et l'établissement des principes de coordination modulaire ;

développement de systèmes de préfabrication «mécaniques» (panneaux, unités tri-dimensionnelles-structures),

passage des systèmes fermés aux systèmes ouverts, dans le but d'industrialiser totalement le processus de construction,

rationalisation de tous les types de construction — compris l'étude de la vie utile des bâtiments — l'emploi des matériaux, leur recyclage, les aspects à long terme et les répercussions de la construction sur l'environnement).

«L'objectif ultime est d'améliorer la productivité de l'industrie de la construction, puisqu'une expansion annuelle de 4 à 6% est une condition nécessaire pour compenser les coûts d'investissements de capital. Seule une plus grande productivité peut justifier l'industrialisation.

«L'utilisation fonctionnelle des bâtiments et l'ouverture des systèmes de construction ont mené à une nouvelle politique de planification et à une évolution de la technologie, quoique ces tendances n'aient pas été perçues par l'Occident. Il ne faudrait pas juger les réalisations de l'Europe de l'Est en faisant une évaluation superficielle qui ne tiendrait pas compte du contexte historique et social. Les spécialistes sont bien conscients des problèmes qui préoccupent également leurs collègues occidentaux, mais, du fait des lourds investissements engagés dans la construction par grands panneaux (qui a d'ailleurs atteint un très haut niveau de maturité), il est inévitable que l'évolution vers une industrialisation plus ouverte ne sera que très progressive.

«Conclusions.

«Au Canada et aux États-Unis, nous avons eu la chance d'éviter la phase d'industrialisation lourde à l'aide des systèmes fermés. C'est pourquoi, il ne faudrait pas rejeter l'expérience passée et condamner toute industrialisation (comme on a coutume de le faire actuellement dans la plupart des écoles américaines), car ce rejet empêcherait l'intégration de l'expérience et des connaissances acquises au cours de plusieurs décades dans les nouveaux concepts d'industrialisation.

«La mise au point d'une nouvelle technologie se mesure en décades plutôt qu'en années et il serait sans doute utile de tirer profit des méthodes adoptées par les Européens de l'Est. La crise de l'énergie nous a appris qu'il est difficile d'abandonner rapidement des techniques connues et qu'il faut entreprendre de longues recherches avant d'enregistrer de nets progrès. L'adoption d'une technologie unique (même si celle-ci présente des avantages à court terme) risque d'entraîner des inconvénients à long terme qu'on n'aurait peut-être pas pu prévoir à l'origine. Telle est la leçon que l'on peut tirer des systèmes de construction par grands panneaux mis au point en Europe de l'Est»³.

Le Contexte Ouest-Européen — L'Expérience Française [Blachère].

«La situation ouest-européenne est très intéressante parce qu'elle est mixte, à mi-chemin entre la libre entreprise nord-américaine et la planification presque intégrale des pays de l'Est.

«En France, l'industrie de la construction la plus importante — celle du béton — est née à cause de la pénurie de la main-d'œuvre qualifiée après 1945.

«Après d'éphémères tentatives de systèmes de blocs ou de plaques, dont deux seulement ont survécu, sont apparus les panneaux en béton de la hauteur d'un étage et d'une largeur allant de 0,50 à 1,20 m. Ces panneaux, d'un poids modéré, sont toujours utilisés pour des maisons individuelles. Pour les immeubles collectifs, ils ont été rapidement remplacés par des panneaux de la dimension d'une pièce, qui permettent de faire des joints extérieurs devant les murs de refend.

«Quatre familles de systèmes de grands panneaux ont été développées:

- les sandwichs nervurés,
- les panneaux en béton et les blocs creux en terre cuite,
- les panneaux coques avec un contre-mur isolant,
- les panneaux homogènes en béton fait d'aggrégats légers.

«Tous ces systèmes permettaient d'atteindre sans difficulté les coefficients d'isolation requis — jusqu'au développement du chauffage électrique et l'apparition de la crise de l'énergie.

«La nécessité de fournir de meilleurs coefficients d'isolation a entraîné des changements importants dans le classement des divers procédés, le plus adapté aux grandes isolations étant le *panneau sandwich* à voile extérieure rapidement dilatable.

«Les grands panneaux sont généralement produits selon la demande par les entrepreneurs qui les utilisent. Leur manutention est très mécanisée; les moules sont simples et flexibles.

«Les grands panneaux sont également produits sur commande par des industriels du béton manufacturé. Il faut noter que ces industriels offrent maintenant 'des jeux de construction' dont on choisit les éléments dans un catalogue, montrant un certain intérêt pour les systèmes ouverts.

«Les grands panneaux ont été principalement utilisés dans les bâtiments d'habitat collectif, et, plus récemment, dans les maisons individuelles.

«Outre les grands panneaux, on a vu se développer, au début des années 70, des modules de grande dimension en béton mais leur développement a été freiné par la crise économique.

«Enfin du fait de la diminution de la grandeur des opérations de construction et de la complication des formes extérieures des bâtiments, on a vu également apparaître des systèmes d'ossatures préfabriquées, dont certaines étaient tri-dimensionnelles (tabourets).

«Parallèlement aux grands panneaux, s'est développé le système de coulage de béton in-situ, dit béton banché, qu'il faut considérer comme un système industrialisé. Dans ce cas, les coffrages les plus simples, faciles à manipuler se sont avérés les plus avantageux. De nos jours, l'approche la plus

économique consiste à utiliser une ossature en panneaux banchés et une façade en panneaux préfabriqués en béton. Dans les deux cas, les équipements peuvent être incorporés aux éléments de gros-œuvre ou préfabriqués pour former des blocs techniques ou des gaines.

«L'industrie du béton manufacturé produit aussi des poutrelles de plancher de grande portée ou des dalles qui, associées à des façades ou à des murs de refend porteurs, permettent de réaliser des locaux scolaires ou des immeubles à bureaux.

«Alors que les limites entre les systèmes étaient assez nettes jusqu'à la fin des années 60, il y a aujourd'hui une interpénétration de tous les procédés; une entreprise n'est plus spécialisée dans un système; elle peut utiliser un procédé ou un autre suivant les nécessités du chantier.»

1. Movshin, Joseph, «Industrialisation de l'Industrie de la Construction: Cours donné à Washington University (St. Louis)», dans «Divulgateur de l'Industrialisation: Deux Conférences et Un Symposium», Industrialisation Forum, Vol. 1, No. 2, (janvier 1970), pp. 44-45, (IF No. d'enregistrement 2035).
2. D'après un article de Steven Winter intitulé «Industrial Evolution», publié dans *Progressive Architecture*, juillet 1977, (extrait tiré avec l'autorisation de l'auteur).
3. Voir également: IF, Vol. 7, (1976), No. 4 qui avait pour thème: Les Innovations en URSS — Objectifs et Techniques, et IF, Vol. 7, (1976), No. 5 qui avait pour thème: Les Initiatives de l'Europe de l'Est.

Six Exemples de Systèmes.

Six types de systèmes de construction industrialisés ont été choisis pour illustrer les points mentionnés ci-dessus. Ce sont:

- le système R.A.S. qui est un cas intéressant de système développé en réponse à la demande et sous le contrôle d'un organisme public;
- trois systèmes caractérisés par l'emploi de pièces fabriquées en usine et assemblées sur chantier. Le système Descon repose essentiellement sur l'organisation des objectifs et des activités, le système Componoform sur celle des objets. Le système HAB produit des logements entiers en usine;
- enfin les systèmes Outinord et Wham T qui sont des méthodes de production/assemblage sur le site; la première est fondée sur un procédé de coffrages mobiles et la seconde sur le concept «d'usine mobile».

organisation. Il s'agit d'un système de construction par composants commissionné par un organisme public — la Commission des Écoles Catholiques de Montréal (CECM).

Le processus de développement de ce système comportait les étapes suivantes:

La planification du développement de l'équipement scolaire proposé par le Ministère de l'Éducation du Québec en 1964.

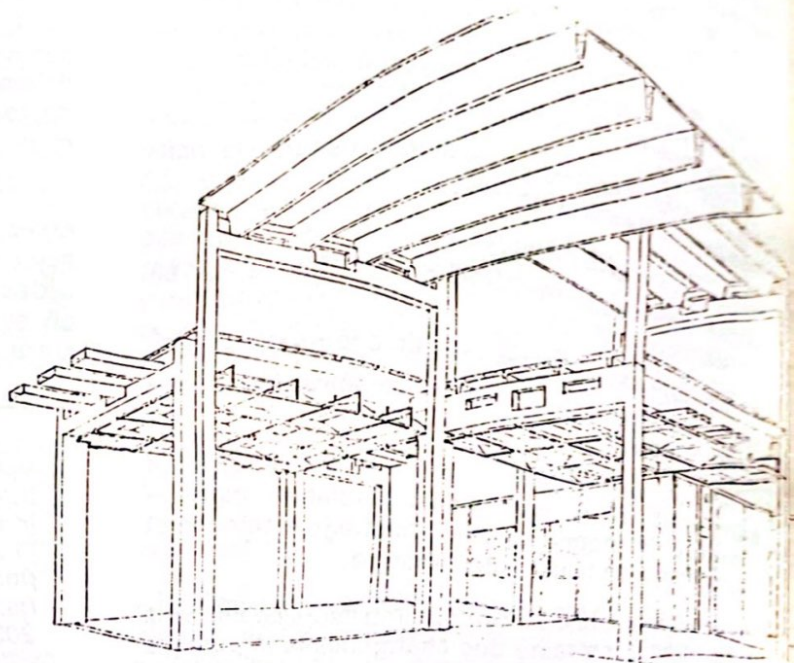
L'établissement — par la CECM — d'un programme de recherches sur la construction scolaire (1967), afin de définir:

- les objectifs pédagogiques, techniques et économiques;
- l'organisation du programme lui-même, faisant appel à des entreprises privées;
- l'élaboration de l'étude en 5 étapes: informations, recherche, normalisation, réalisation d'une école pilote et révision.

L'appel d'offres par la CECM. Puis six mois plus tard: adjudication et choix d'un système intégré, constitué de cinq sous-systèmes (1968).

Description. Le système comprend 5 sous-systèmes:

- structure,
- système de CVCA (chauffage, ventilation, climatisation),
- système de plafond/éclairage,
- services électriques et électroniques,
- système des cloisons.



Perspective générale du système.

Système Componoform [Ali-Oglu] 1966.

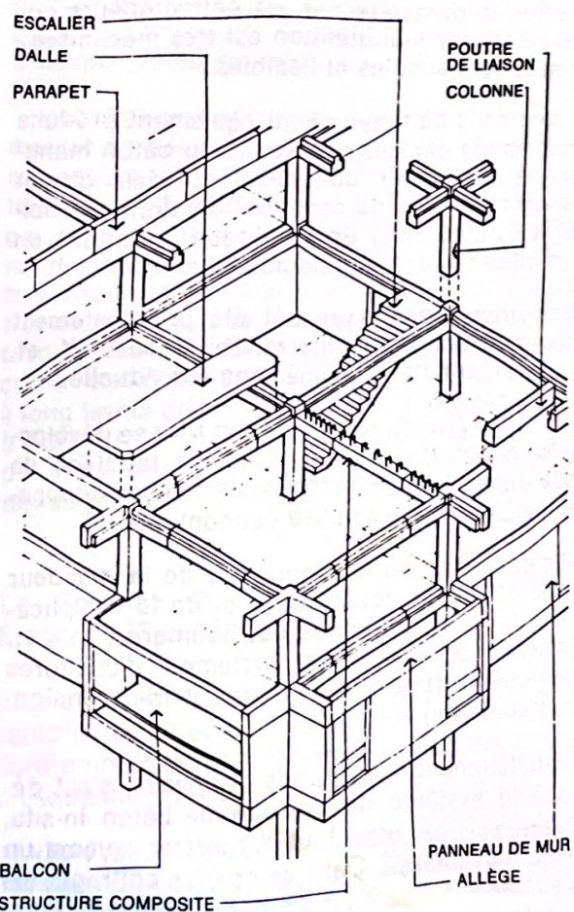
Origine. Système Componoform, Componoform Inc., Lincoln, Mass. États-Unis.

7. Matériau prédominant: le béton.

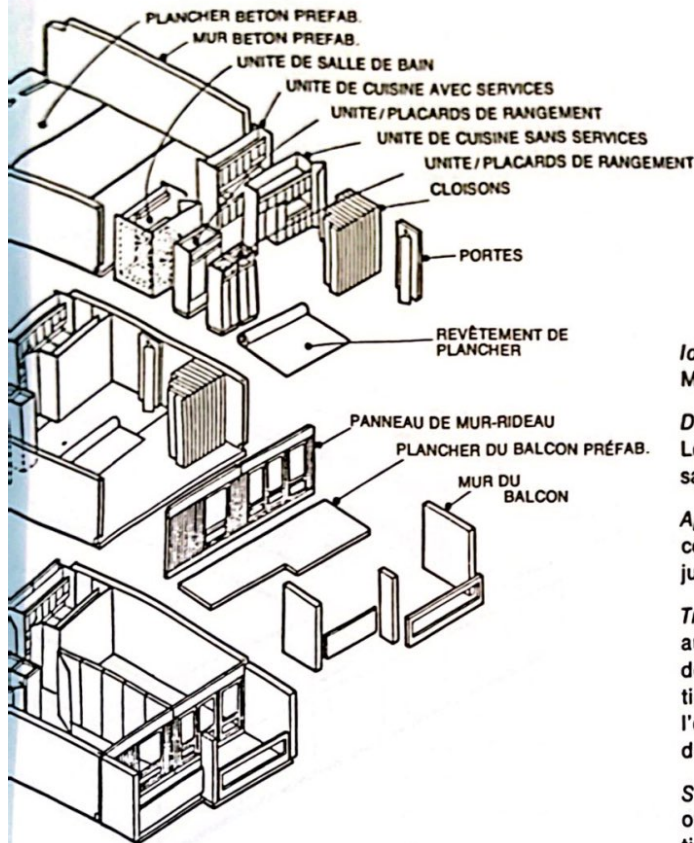
Le système vise à offrir le maximum de liberté au concepteur du bâtiment grâce à un grand nombre de possibilités d'assemblage, à la flexibilité interne et à la possibilité d'ériger des bâtiments bas ou en hauteur.

Le montage (sur chantier et en usine). La fabrication des composants est réalisée en usine et le montage sur chantier est tel que le bâtiment couvre presque la totalité de la superficie.

Caractéristiques. À chaque phase du projet, l'application du système Componoform est de rendre systématique tout ce qui ne dépend pas de la créativité de l'homme. Le système automatisé pour les travaux de planification des coûts et la programmation — dans la fabrication et du montage). Un programme informatique permet d'accroître continuellement les composants et d'adapter le système à la conception architecturale.



Vue isométrique du système.



tion des sous-assemblages (perspective).

Descon [Dawson] 1969.

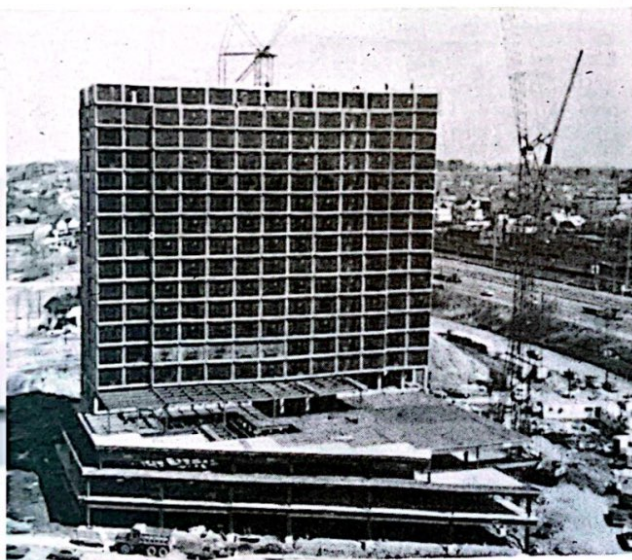
Identification. Système Descon, Descon International Ltd., Montréal, Canada.

Description. Les composants de base sont des panneaux. Le système repose sur l'assemblage rationnel de composants fabriqués selon des procédés courants.

Applications. Les sous-assemblages sont prévus à l'avance. Les bâtiments sont bas ou élevés, pouvant atteindre jusqu'à 20 étages.

Travaux (sur chantier et en usine). Le système a recours aux procédés de fabrication existants et ne nécessite ni de grands investissements, ni des techniques de fabrication très complexes. Les composants sont standards; l'emploi de matériaux humides est limitée (pour la partie de la construction propre au système).

Services Techniques. Les techniques de gestion Descon ont été développées dans le but d'optimiser la planification et le contrôle des projets de construction et finalement le contrôle de la qualité.



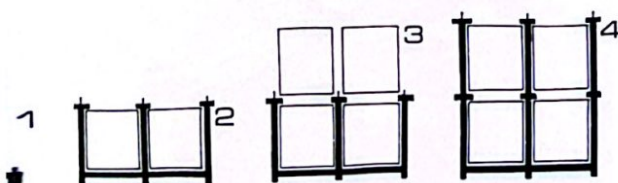
Le Système HAB [Matyas] 1965.

Identification. HAB System, F. D. Rich Housing Corp., Stamford, Connecticut.

Description. Les composants sont des unités tri-dimensionnelles en béton produites en grande série, mais pratiquement finies en usine; livrées sur le site, elles sont assemblées en structures multi-familiales.

Applications. Le Système HAB utilise des modules individuels comme «poutres» pour couvrir la largeur du bâtiment; ceux-ci sont supportés par des colonnes placées en rangées à l'avant et à l'arrière. Tous les modules sont identiques; chacun ne supporte que son propre poids. Longueur et largeur varient. Les bâtiments sont bas ou en hauteur.

Travaux (sur chantier et en usine). Les colonnes et les poutres transversales sont préparées (coulées, nivelées, etc.) avant l'arrivée des unités tri-dimensionnelles. Une fois qu'elles sont en position, les coffrages des colonnes sont formés par les angles des modules et les nervures.



travaux de gros-œuvre.

Le Système Outnord [Van Severer] 1955.

Identification. Coffrages Tunnels Outnord. Outnord S.G.B. Company, New York (et Outnord France).

Description. Il s'agit d'un procédé de coulage in-situ à l'aide de coffrages métalliques mobiles permettant d'obtenir un béton banché (murs et dalles forment une structure monolithique).

Applications. Les bâtiments, uni ou multi-familiaux sont bas ou en hauteur. Les ouvertures sont réalisées en bloquant une partie des coffrages.

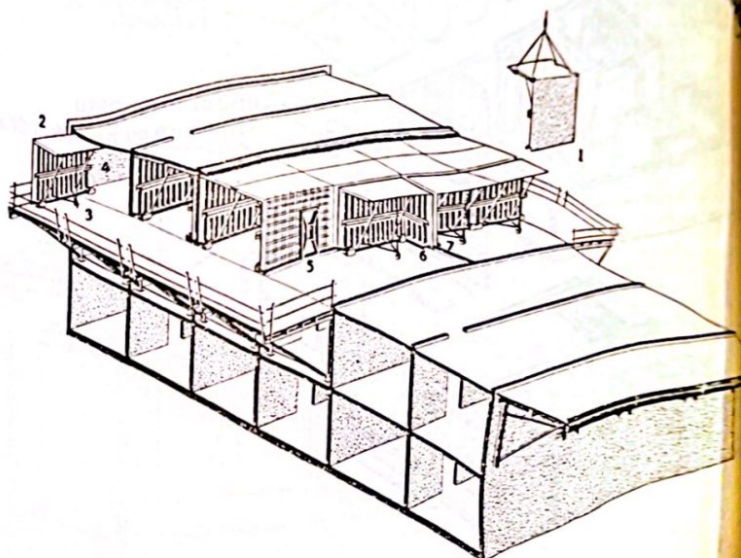
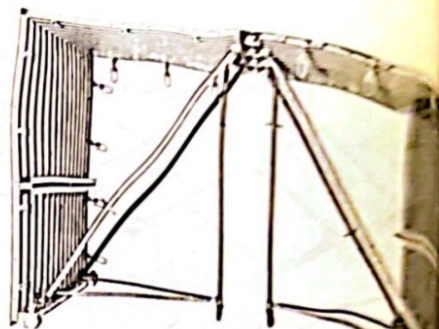
Travaux (sur chantier et en usine). L'organisation du chantier est très rationnelle; elle est centrée sur l'utilisation optimale des coffrages tunnels qui permet de regrouper un très grand nombre d'opérations. La solidité et la précision du gros œuvre permet une simplification (et par conséquent une industrialisation) du second œuvre.

Services Techniques. Au début des travaux, un spécialiste d'Outnord apporte son aide en formant le personnel et en fournissant des informations pratiques.

Coffrage tunnel. ➤

1. Mise en place du coffrage
2. Retrait du coffrage
3. Passerelle d'accès
4. Béton banché
5. Espace pour une ouverture
6. Mur de cisaillement
7. Rebord

▼



Wham T [Willingham] 1968.

Identification. Wham T. Method, Wham Inc., Memphis, Tennessee.

Description. La méthode Wham T est une technique de construction mobile qui utilise des composants en béton précontraint fabriqués sur chantier (mais non pas in-situ). L'assemblage des composants (qui sont essentiellement des membres en T et des modules de plomberie) forme des unités habitables flexibles, des corridors, des tours d'ascenseurs et des cages d'escaliers.

Applications. La grandeur des moules et des composants peut varier dans chacune des trois dimensions. La conception structurale est ouverte ou cellulaire; les bâtiments sont bas ou en hauteur.

Travaux (sur chantier et en usine). Une unité typique comprend: 4 membres en T et 2 modules de plomberie. Le temps de montage: 2 jours; fermeture de l'unité en un jour.
La production des composants va de pair avec le montage.

Services Techniques. L'objectif est de permettre aux entrepreneurs d'utiliser le système sous licence en leur permettant de louer les moules des composants Wham T. En plus des agréments passés, les détenteurs du système offrent une aide technique et commerciale (publicité, services de marketing, contrôle de la qualité, formation du personnel, services d'informatique pour les estimations, comptabilité générale, études de recherche et développement, transfert des informations de rétroaction aux entrepreneurs utilisant le système sous licence).



Usine mobile.



Opérations de montage.