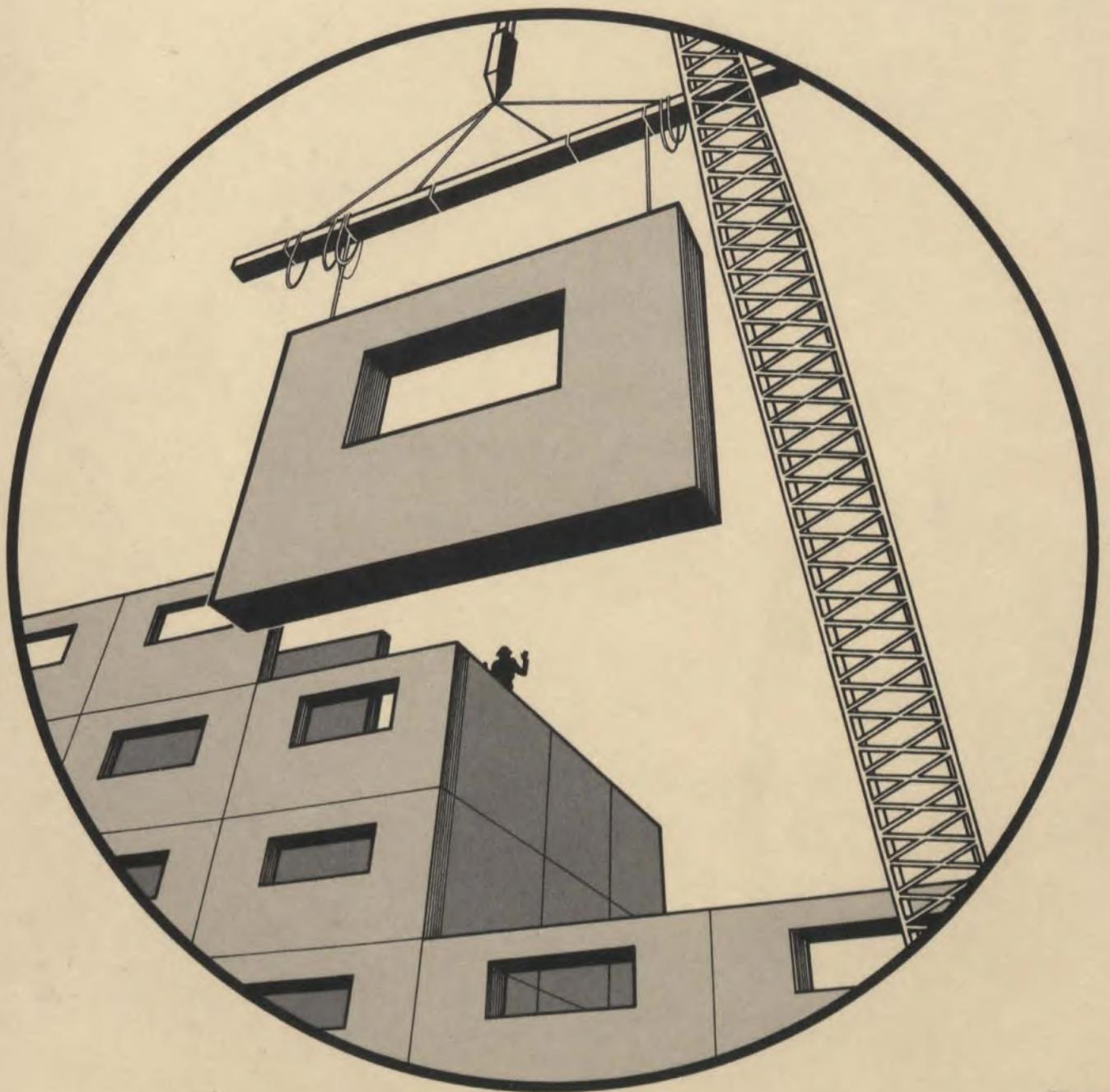


**RAPPORT DE LA  
MISSION TECHNIQUE CANADIENNE  
SUR LA CONSTRUCTION INDUSTRIALISÉE  
EN BÉTON PRÉFABRIQUÉ  
EN EUROPE**

**2 - 24 Septembre 1966**



Direction des matériaux, ministère de l'Industrie, Ottawa, Canada



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE  
OTTAWA

---



RAPPORT

de la Mission technique canadienne sur la  
construction industrialisée  
en béton préfabriqué

dans les pays suivants:

Suède, Danemark, France, Italie et Grande-Bretagne  
que la Mission a visités  
du 2 au 24 septembre 1966

par

P.-Eugène Marchand

Direction des matériaux



ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.  
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE  
OTTAWA, 1968

N° de cat.: Id33-667F

## A V A N T - P R O P O S

L'introduction des procédés et techniques de construction industrialisée est à l'origine de nouvelles conditions de travail et de nouveaux rapports entre clients, architectes, fabricants et constructeurs. Elle a aussi donné une importance nouvelle à l'organisation rationnelle du travail sur les chantiers de construction.

En Europe, la construction industrialisée a permis d'atteindre une plus grande productivité, du point de vue de la valeur des constructions établie en heures-homme, et une plus grande vitesse d'érection que les méthodes traditionnelles. Si, pour certains procédés, la production accélérée entraîne des coûts plus élevés que les méthodes traditionnelles, beaucoup de clients estiment y trouver leur profit. Dans d'autres procédés industrialisés, les coûts soutiennent facilement la concurrence. Alliés à une direction efficace de l'entreprise et à de bons rapports avec la clientèle, ces procédés peuvent, en longue période, apporter la stabilisation des prix de revient.

Nous espérons que les procédés et les techniques examinés dans ce rapport seront utiles au lecteur et lui donneront une idée des tendances qui peuvent influencer l'évolution de la construction industrialisée au Canada.



Directeur,  
Direction des matériaux

Une maison doit pouvoir se prêter à toutes les modifications avant qu'on en découvre l'ordre; ce sera possible quand on morcellera la structure en éléments distinctifs qui seront fabriqués individuellement au sol et regroupés par la suite pour former la charpente définitive.

Léonard de Vinci, 1515.

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
DÉFINITIONS . . . . .	7
PRÉFACE . . . . .	11
INTRODUCTION . . . . .	13
OBSERVATIONS SUR LA CONSTRUCTION INDUSTRIALISÉE . . . . .	19
CONCLUSIONS . . . . .	32
BYGGNADSFIRMAN OHLSSON ET SKARNE A.B. . . . .	40
LARSEN & NIELSEN CONSTRUCTOR A/S . . . . .	57
LE SYSTÈME JESPERSEN . . . . .	69
A.B. SKANSKA CEMENTGJUTERIET . . . . .	107
LA SOCIÉTÉ TRACOBA . . . . .	129
CONSTRUCTION EDMOND COIGNET . . . . .	141
LA SOCIÉTÉ RAYMOND CAMUS & CIE . . . . .	161
LES ENTREPRISES BALENCY ET SCHUHL . . . . .	181
IMPRESA GENERALE COSTRUZIONE MBM s.p.a. . . . .	203
SICOP - COIGNET s.p.a. . . . .	255
FINTECH ITALCAMUS s.p.a. . . . .	261
JOHN LAING CONSTRUCTION LIMITED . . . . .	265
TABLES DE CONVERSION . . . . .	286
LISTE DES MEMBRES . . . . .	287
ITINÉRAIRE . . . . .	288



## DÉFINITIONS

### Construction traditionnelle

Par "construction traditionnelle", on entend un mode de conception, d'organisation et de réalisation des constructions qui s'est imposé avec le temps dans un pays ou une région. Ce qui la caractérise d'habitude, c'est que toutes les opérations suivent un modèle connu de tous ceux qui y prennent part et qu'elle s'appuie sur une main-d'oeuvre spécialisée pour l'interprétation des instructions et l'exécution du travail.

### Construction préfabriquée

On entend par "construction préfabriquée" le fait de transférer, à divers degrés, les opérations de fabrication et d'assemblage d'éléments de construction du chantier à des usines ou ateliers qui peuvent être indépendants du chantier ou y être reliés. On parle aussi, dans le même sens, de "préfabrication partielle" et de construction "semi-traditionnelle". De la préfabrication, on dit aussi parfois qu'elle est "non traditionnelle" ou "néotraditionnelle".

### Industrialisation de la construction

Le concept de l'industrialisation a été décrit de façon globale mais précise comme étant tout à la fois:

- (1) la continuité de la production impliquant constance de la demande;

- (2) la normalisation des produits;
- (3) l'intégration des différentes étapes du processus de production;
- (4) l'organisation poussée du travail;
- (5) la substitution de la mécanisation à la main-d'oeuvre partout où c'est possible;
- (6) la recherche et l'expérimentation organisées, intégrées à la production.

L'industrialisation comprend aussi l'emploi de nouvelles techniques et de nouveaux matériaux, et une utilisation nouvelle de matériaux traditionnels. Elle comporte l'exploitation la plus poussée des nouvelles méthodes de coordination des exigences des clients et des nouvelles conditions de travail et de rapports entre clients, architectes, ingénieurs, constructeurs et fabricants.

#### Élément

L'élément désigne une partie préassemblée constituée d'un matériau ou d'un assemblage de divers matériaux pouvant servir à plusieurs fins dans la construction.

#### Système

On appelle système ou procédé de construction industrialisée un ensemble coordonné d'éléments conçus pour répondre à des besoins particuliers. Entendu au sens générique, le système peut être de deux catégories.

- (a) "Système fermé", celui où les éléments sont pour la plupart réalisés, et le plus souvent par un seul fabricant, à des dimensions et avec des caractéristiques qui les destinent à former un tout, et qui sont assemblés avec une stricte uniformité à l'intérieur d'un système donné.
- (b) "Système ouvert", celui où les éléments provenant de divers fabricants peuvent être adaptés ou intégrés les uns aux autres pour constituer un ou plusieurs types courants de construction. Ce système exige la coordination dimensionnelle et une liaison étroite entre les divers fabricants pour arrêter les tolérances, les détails d'ajustage et les prescriptions d'assemblage.



PRÉFACE

L'auteur du présent rapport a effectué une tournée en Europe pour étudier la possibilité d'appliquer au Canada les techniques et les procédés européens de construction industrialisée, comme moyen d'accroître le rendement et la productivité de l'industrie canadienne de la construction. Ses constatations ayant été analysées, le ministère de l'Industrie a décidé d'envoyer en Europe une mission technique afin de faire un examen plus poussé des principaux systèmes qui utilisent des éléments de mur et de plancher en béton précoulé.

D'accord avec l'Institut canadien du béton précontraint, l'Association des fabricants de ciment portland et l'Association nationale des producteurs de béton, le ministère a choisi à cette fin les six représentants des cadres supérieurs de la construction en béton dont les noms figurent à l'Appendice 3.

En trois semaines, la Mission a visité 13 usines et 24 chantiers, étudié sept systèmes éprouvés de construction systématisée dans cinq pays d'Europe.

Si le temps qu'elle pouvait consacrer à chaque système était limité, elle a trouvé, entre les divers procédés, assez de ressemblances fondamentales pour en comprendre la plupart des caractéristiques.

Convaincus d'avoir établi en Europe d'excellentes relations, les membres de la Mission remercient sincèrement les porte-parole des entreprises qu'ils ont visitées de l'accueil et de la collaboration empressée que tous leur ont accordés.

## INTRODUCTION

La dévastation qui régnait en Europe après la deuxième guerre mondiale imposait de reconstruire de toute urgence. Même les pays qui n'avaient pas trop souffert de la guerre faisaient face à une crise du logement. La pénurie s'accompagnait du reste de difficultés financières et économiques qui obligèrent les pays d'Europe à adopter des méthodes de construction rapides, rationnelles et moins coûteuses. Ils ont alors estimé que la solution du problème résidait dans de nouveaux procédés industrialisés, notamment la préfabrication. Au début, ils ont eu recours à un grand nombre de procédés de préfabrication surtout à base de bois ou de bois allié au plâtre ou au béton léger et à l'acier. Mais la préfabrication massive de ces types de structures n'a remporté qu'un succès limité, et, en général, les maisons ainsi construites ne répondaient pas aux exigences de la clientèle.

Le niveau de vie monte en flèche au cours de l'après-guerre. Avec l'apparition de nouvelles industries, il se produit une migration et une augmentation sensible de la population. Le peu d'espace disponible et la hausse des prix des terrains anéantissent tout espoir de résoudre le problème du logement en construisant des habitations unifamiliales.

La science et l'industrie ne s'intéressent que relativement tard à la construction de logements, mais toutes deux tendent systématiquement à remplacer les méthodes artisanales traditionnelles par de nouveaux procédés. Leurs travaux de recherche et de perfectionnement apportent de nouvelles applications de matériaux comme l'acier, le verre, l'aluminium, le béton et les plastiques, tandis que la recherche qui se poursuit modifie les méthodes de construction en introduisant des techniques nouvelles sur les chantiers, aussi bien pour les charpentes et la construction que la finition des intérieurs. La mécanisation et l'industrialisation dont la fabrication des matériaux de construction fait l'objet jouent sous ce rapport un rôle décisif.

Avant 1939, le béton précontraint n'était utilisé que pour la préfabrication des planchers, des blocs de cheminée et des escaliers. Son emploi s'étend aujourd'hui aussi bien aux linteaux de fenêtre qu'aux panneaux architecturaux. On a de plus en plus tendance à fabriquer des éléments de grande taille; les chercheurs tâchent surtout d'en réduire le poids au pied carré pour faciliter le transport de parties telles que des murs d'un étage entièrement préfabriqués, tout équipés et finis de surface. Ce type d'élément simplifie la construction de collectifs de plusieurs étages.

A l'heure actuelle, il n'est pas un pays d'Europe qui n'ait un pressant besoin de maisons unifamiliales, d'appartements, d'hôpitaux, d'écoles, etc..

Nombre de grands entrepreneurs européens obtiennent d'excellents résultats par l'utilisation d'éléments de construction en béton, préfabriqués en usine. Les opérations de pré-coulage comprennent l'intégration des fenêtres, des planchers, de la plomberie et autres services. On note une tendance évidente à réduire les travaux de chantier pour les transférer à l'usine ou dans des ateliers couverts montés à pied d'oeuvre. Avec de telles méthodes, la construction au chantier se limite au montage d'éléments fabriqués à l'usine.

Il y a dix ans, la construction d'un immeuble à plusieurs étages, en Europe, comprenant coulage de la charpente en béton et remplissage de briques sur le chantier prenait de dix-huit mois à deux ans. Aujourd'hui, avec les nouvelles techniques de construction en usine, le même type de bâtiment peut être achevé en six mois.

L'Europe a un problème de main-d'oeuvre. Elle n'a pour ainsi dire pas de chômage et la plupart des pays ont beaucoup plus d'emplois vacants que d'hommes pour les occuper. L'industrie de la construction, où les conditions de travail sont moins favorables qu'en usine, a grand mal à recruter et à attirer des hommes. Face à cette pénurie de main-d'oeuvre, on a essayé de diminuer le nombre d'ouvriers sur les chantiers et, dans la mesure du possible, de transporter les opérations dans les usines, de recourir de plus en plus aux nouveaux matériaux et d'abaisser les coûts de production.

Le manque de débouchés stables et le caractère saisonnier de l'industrie de la construction sont en partie responsables de l'importance des capitaux qu'exige la construction d'habitations et d'autres bâtiments. Si le coût des logements est relativement élevé, c'est surtout parce que les diverses étapes de la construction ne sont pas intégrées et que les progrès et innovations technologiques en usine et au chantier sont appliqués de façon inégale. Ainsi, la plupart des perfectionnements remarquables mais isolés, survenus dans l'industrie de la construction depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, n'ont pas valu au consommateur moyen une réduction du loyer ou du versement mensuel à payer pour sa maison et les services connexes. Les industries de la construction et des matériaux de construction sont constamment assujéties à des pressions de réorganisation. Dans quelques pays, elles reçoivent l'aide de l'Etat, et essayent de construire plus et mieux à plus bas prix. La première étape de ce processus consiste d'habitude en l'assemblage ou la préfabrication de charpentes en usine. Cependant, le coût du transport des matériaux à l'usine puis des éléments préfabriqués au chantier est plus élevé quand on utilise cette méthode de construction. La réduction du poids et de l'encombrement devient donc une condition préalable de la fabrication en usine, qui suppose aussi une normalisation poussée des matériaux, des

accessoires et des éléments de charpente, de même que la coordination dimensionnelle des produits et des dessins. Plus les éléments sont interchangeables et plus leurs dimensions sont coordonnées, plus le montage est rentable et plus leur utilisation admet la souplesse.

L'industrialisation est en somme un processus d'évolution qui tend à remplacer l'homme par la machine tant au chantier qu'à l'usine. Elle comprend l'emploi de nouveaux matériaux et techniques et de nouvelles utilisations de matériaux traditionnels. Pour donner son rendement maximum, elle suppose aussi l'application de nouvelles méthodes de coordination des exigences des clients et de nouvelles conditions de travail et de rapports entre clients, architectes, ingénieurs, constructeurs et fabricants. L'apport le plus important à attendre de ces méthodes, c'est qu'elles permettent de construire beaucoup plus sans accroître sensiblement la main-d'oeuvre, c'est-à-dire d'obtenir une plus grande productivité.

Se conformant aux objectifs du ministère de l'Industrie, la Direction des matériaux a parrainé une mission technique en Europe pour étudier les procédés et techniques de la construction industrialisée utilisant les éléments préfabriqués de plancher et de mur, en béton précontraint, pour la construction de bâtiments de logement de faible et de grande

élévation, de bâtiments destinés à des institutions, etc..  
La Mission s'est rendue en Suède, au Danemark, en France, en  
Italie et en Angleterre.

OBSERVATIONS SUR LA CONSTRUCTION INDUSTRIALISÉE

En quoi et comment est-il possible de révolutionner les méthodes de construction afin de procurer des logements convenables à la masse? Ce problème a suscité beaucoup de réflexion. Il s'agit, évidemment, de trouver moyen d'appliquer, à la solution de ce problème, l'immense réservoir d'expérience que l'industrie a accumulée dans la mise au point de techniques de production en série qui nous ont si efficacement servis dans la fabrication d'autres objets nécessaires à la vie de tous les jours. Il se poursuit une étude très fouillée des derniers progrès réalisés dans ce domaine. La Mission que le ministère de l'Industrie a envoyée en Europe avait pour mandat d'étudier diverses techniques de construction industrialisée et de voir quelques-uns des résultats qu'elles ont permis d'atteindre. L'évaluation subséquente de toutes les données que nous avons recueillies au cours de nos visites aux bureaux d'étude, aux usines et aux chantiers et par nos discussions avec les intéressés nous ont amenés à reconnaître que les méthodes de construction industrialisée sont possibles, pratiques, économiquement rentables et permettraient d'ériger plus de bâtiments en moins de temps et en utilisant beaucoup moins de main-d'oeuvre spécialisée. On peut obtenir une présentation architecturale acceptable et fournir aux occupants des logements aussi bons

et souvent meilleurs que ceux qu'ils obtiennent par les méthodes traditionnelles. Pour les méthodes de construction industrialisée que nous avons observées en Europe, on utilisait la plupart du temps des éléments de charpente en béton précoulé, soit exclusivement soit avec des planchers coulés sur place. Il semble bien que le béton précoulé, du fait qu'il se laisse mouler de tant de façons différentes et se prête à une telle variété de traitements de surface, jouera un rôle très important dans le développement de la construction industrialisée. Apport plus significatif encore, il peut être utilisé avec d'autres matériaux, soit pour les charpentes soit à des fins d'architecture, tout en permettant l'intégration dans la masse de presque tous les services nécessaires. Lorsqu'on l'emploie comme élément de charpente, on peut en fait y adapter de façon satisfaisante presque tous les autres matériaux de construction, d'où sa grande souplesse d'expression architecturale.

Il ne fait pas le moindre doute que les Européens ont consacré beaucoup de temps à l'étude et à la mise au point des divers procédés que nous avons observés en Europe. Comme il fallait s'y attendre, il en est sorti des méthodes fort évoluées d'adaptation des divers éléments les uns aux autres, en même temps qu'une grande stabilité des structures et une grande imperméabilité aux intempéries. Les méthodes

qui s'emploient dans les usines ont aussi fait l'objet de beaucoup d'attention; la production est aujourd'hui en grande partie mécanisée.

L'équipement de production des unités précoulées est bien étudié. Il est fort et fait pour durer des années. Il faudrait sans doute un volume de production garanti pour justifier des immobilisations comparables au Canada.

Les immobilisations et la planification qu'avaient nécessitées la plupart des réalisations visitées étaient très détaillées. Elles avaient exigé des mises de fonds considérables avant que puisse débiter la fabrication proprement dite. Une telle dépense de temps et d'efforts n'est possible que sur une base de négociation où la construction systématique est déjà acceptée comme solution nécessaire et qu'un marché a été conclu avec un entrepreneur à qui ont été confiées et l'organisation du travail et la fabrication des éléments précoulés pour un ouvrage bien précis.

Une faiblesse constante que nous avons été à même de constater réside dans le transport et la manutention du mélange de béton. Il y aurait là matière à amélioration. La manutention des unités de l'usine à l'aire de stockage et ensuite aux moyens de transport est excellente. Les usines visitées semblaient pour la plupart sacrifier la qualité à la production quantitative et dépensaient passablement de

temps à retoucher et à rapiécer les éléments avant de les expédier. Elles semblaient perdre là, tout au moins en partie, les économies réalisées grâce aux techniques de production en série. Il nous a également semblé qu'il faudrait plus de surveillance à pied d'oeuvre ou des équipes de montage mieux formées. C'était particulièrement le cas en France, où la qualité du bâtiment fini n'était pas aussi élevée que celle que nous avons trouvée en Scandinavie ou en Italie.

La différence qui a sans doute le plus frappé les membres de la Mission qui ont visité les chantiers de construction se servant d'éléments fabriqués en usine a été de voir aussi peu d'hommes sur les chantiers par rapport aux grandes équipes qu'il faut normalement pour les constructions de type traditionnel. Cette constatation a renforcé l'affirmation selon laquelle il est possible de réaliser plus de bâtiments avec moins d'hommes de métier. Il a été difficile de prouver, par des faits, que cela coûtait moins cher en comparaison des méthodes utilisées actuellement en Amérique du Nord, car nous n'avions pas de bonne base de comparaison. Il nous a cependant semblé qu'on réalisait des économies de 10 à 20 p. 100 en Europe par rapport à l'utilisation des méthodes traditionnelles.

En Europe, au-delà de 400 constructeurs sont engagés dans l'industrialisation, une quarantaine seulement effectuant

le gros du travail. Les dix systèmes que nous avons vus à l'oeuvre sont parmi les plus anciens, les mieux établis et les plus répandus.

Un des constructeurs a résumé ainsi le concept de la systématisation: "La construction industrialisée implique

- (1) La mécanisation poussée
- (2) Une réduction de la main-d'oeuvre au chantier
- (3) La standardisation des éléments et des produits
- (4) La coordination et le contrôle dimensionnels
- (5) L'intégration des équipes de construction: architecte, ingénieur, fabricant, entrepreneur, client
- (6) Un meilleur usage des techniques de gestion

"La rareté de la main-d'oeuvre, alliée à un pressant besoin de logements a provoqué l'avènement de la construction industrialisée. Ces méthodes épargnent entre le tiers et la moitié des heures-homme qu'il faut consacrer à la construction traditionnelle.

"La construction industrialisée est une forme de rationalisation de l'architecture qui comporte une philosophie de la planification et du dessin intégrés à la production et à la demande. Le rôle de l'architecte consiste avant tout à savoir tirer parti de l'espace et à équilibrer les exigences de la présentation et de l'érection. L'architecte qui utilise un système doit en épouser les disciplines. Il est membre de l'équipe de construction; il n'en est pas le dirigeant."

Dans la construction industrialisée, il est extrêmement important de pousser la planification jusque dans le moindre détail, du commencement à la fin. Il faut que cette planification englobe tous les matériaux et toutes les opérations, les modifications étant extrêmement coûteuses.

On tient compte des dates de parachèvement au moment de la passation du contrat. C'est le moment où on discute le plan des fondations, le nombre d'étages et les délais de montage par étage. Le temps requis pour chaque bâtiment est réparti entre les étages. Les programmes de précoulage sont fondés sur une utilisation continue des grues d'érection à tour qui sont l'âme de ce genre de construction. Tout le travail est organisé de façon à garder ces grues en fonctionnement constant. Le fabricant reçoit des programmes de précoulage. Les programmes de l'usine de fabrication et de tous les autres travaux de finition sont dressés une fois que les unités précoulées sont assemblées.

Les charges prévues sont sensiblement les mêmes que les nôtres. Un procédé a été conçu et éprouvé pour résister à des secousses sismiques de 9 dans l'échelle Richter. Certaines de ces constructions ont été les seules à résister à un récent tremblement de terre en Russie. Il n'existe dans la plupart des pays, aucun code de construction à respecter. On considère ces bâtiments comme étant sûrs en cas d'incendie.

Dans ceux qui dépassent 7 ou 9 étages, une sortie supplémentaire est exigée. Il s'est construit jusqu'à maintenant des édifices d'appartements allant jusqu'à 32 étages, mais la plupart ont de 8 à 15 étages.

Les procédés sont relativement souples même avec des unités standardisées. L'un d'entre eux, par exemple, comporte 30 types de panneaux-murs et 50 unités-plancher qui permettent une variété quasi illimitée. Un appartement ou plain-pied du type de 900 à 1,000 pieds carrés requiert 20 unités. La finition des murs extérieurs peut être très variée, depuis la finition ordinaire, jusqu'aux textures, aux frottis, aux surfaces peintes ou carrelées. Les intérieurs sont le plus souvent finis à la peinture ou au papier, mais ce ne sont pas là les seules possibilités. Ce qui différencie les divers procédés, c'est avant tout les méthodes de liaison et de construction, la qualité du travail, la dimension et la forme des éléments et les méthodes de coulage et de montage.

Sans compter le terrain, le coût moyen d'une usine de préfabrication, capable de produire de 2,000 à 2,500 appartements par année, va de 1 à 3 millions de dollars. Les salaires sont de \$2.50 à \$3.50 l'heure en usine et de \$4 l'heure sur les chantiers, en comptant toutes les charges sociales. L'équipe de montage type, au chantier, compte une dizaine de personnes.

La répartition approximative du prix de revient en usine est de 25 p. 100 pour la main-d'oeuvre, 20 p. 100 pour l'équipement, 40 p. 100 pour les matériaux et 10 p. 100 pour l'administration, y compris les profits. Le coût de la main-d'oeuvre pour l'ensemble de l'ouvrage représente environ 15 p. 100 du prix de vente du bâtiment. Ce coût est relativement indépendant des frais de main-d'oeuvre. La plupart des établissements estiment qu'ils doivent produire au moins 500 logements par année pour faire leurs frais. Beaucoup d'entre eux en produisent de 1,000 à 2,000.

Si la construction systématisée sert surtout à la construction de maisons d'appartements, son activité s'étend aussi aux maisons de rangée, aux habitations unifamiliales, aux bureaux, aux usines, aux écoles, aux foyers pour vieillards et aux dortoirs. Les maisons d'appartements ont accaparé jusqu'ici environ 75 p. 100 de son activité.

Les gouvernements locaux et les associations d'habitation quasi publique ont subventionné l'industrie pour faciliter la croissance et le développement de la construction industrialisée en Europe. Ils ont prêté de l'argent aux aménageurs-constructeurs pour leur permettre de construire des usines de fabrication. Les prêts se sont parfois élevés à 95 p. 100 du coût d'équipement et ont été consentis à des taux de beaucoup inférieurs au taux courant. Cette aide

se justifiait du fait que la construction industrialisée constituait une façon plus efficace de production d'habitations dans un marché dépourvu de main-d'oeuvre, où les besoins allaient en augmentant.

La situation du logement est si désespérée qu'en Suède, par exemple, des couples ont dû attendre jusqu'à dix ans avant d'obtenir un appartement. Grâce à la construction industrialisée, le délai d'attente a été réduit à 3 ou 5 ans. Dans d'autres pays, la période est plutôt de l'ordre de 1 à 2 ans. Le Danemark construit à l'heure actuelle 40,000 logements à prix modique par année et espère atteindre 75,000 unités par année d'ici à 1975. Dans l'agglomération de Paris, 15 ensembles de plus de 5,000 unités chacun étaient en construction en 1966.

Une autre mesure prise par les gouvernements ou les associations pour faciliter ou tout au moins encourager ce genre de construction a consisté à adjudger des contrats pour plusieurs milliers de logements à la fois. Un marché suffisant a pu être ainsi garanti pour encourager ceux qui s'intéressaient à la construction industrialisée à emprunter de l'argent pour l'investir dans des usines et du matériel en sachant qu'ils pourraient rentrer dans leurs fonds. Le coût d'une telle usine s'amortit d'habitude sur une période de 2 à 5 ans. La production subséquente rapporte beaucoup plus et rend le placement initial beaucoup plus attrayant.

Comme nous l'avons signalé plus haut, le premier avantage de la construction industrialisée sur les méthodes traditionnelles réside dans l'économie de main-d'oeuvre sur les chantiers, le relèvement de la qualité et l'augmentation de la production par heure-homme. Au lieu d'exiger une concentration de main-d'oeuvre, la construction industrialisée s'appuie sur une concentration de capitaux. De 65 à 75 p. 100 de tous les frais de charpente se concentrent dans l'usine. Au départ, du point de vue économique, la construction industrialisée est à peu près sur le même pied que la construction traditionnelle. Elle prend le pas sur elle lorsque le volume augmente. Le coût des matériaux, dans la construction industrialisée, se trouve réduit par la réduction du gaspillage. Une autre économie résulte de l'achat massif. Un autre avantage, enfin, provient du fait que le bâtiment peut être livré à plus bref délai.

Les groupes européens qui pratiquent la construction industrialisée depuis un certain nombre d'années en sont arrivés à pouvoir adapter leurs procédés à la concurrence. Ils peuvent ainsi prospecter les débouchés extérieurs où leur expérience et leurs connaissances trouvent à se faire valoir. L'Amérique du Nord étant le seul continent que la construction industrialisée n'a pas encore pénétré pour la peine, les divers constructeurs européens s'intéressent fort à notre marché.

Le coût d'une licence de l'un de ces groupes s'élève d'ordinaire à 2 ou 3 p. 100 du prix de vente d'un ouvrage, sans compter le terrain, mais il est fondé sur un minimum de 500 unités par année, ce qui revient à environ \$80,000 par année. L'obtention de services de consultation est le plus souvent négociable.

Le Canada est l'un des débouchés que le constructeur européen surveille de près. Même si la situation du logement n'est pas la même ici qu'en Europe ou ailleurs, elle offre quand même assez d'analogie pour retenir l'intérêt. Nous avons besoin, par année, d'environ 60,000 unités de logement à coût et à loyer modiques. Et d'après toutes les estimations, ce besoin ira en s'accroissant au cours des prochaines années.

Le Canada s'oriente de plus en plus vers la vie en appartement, ce qui constitue le grand débouché de la construction industrialisée. D'ailleurs, comme nous l'avons signalé, la construction industrialisée se prête aussi à l'érection de maisons pour étudiants, de motels, de foyers pour les vieillards; à la rénovation urbaine et à la grande entreprise d'aménagement.

Les membres de la Mission estiment que la construction industrialisée, en ce qui concerne le logement, devra se développer au Canada un peu dans le même sens qu'en Europe.

Il faudra qu'il se forme un groupe en mesure d'acquérir des terrains, d'en assurer le lotissement, de financer les installations de production, de se charger de la construction des bâtiments jusqu'à leur parachèvement, un peu comme le font à l'heure actuelle les constructeurs et les aménageurs qui se servent des méthodes traditionnelles. Le domaine semble donc dépasser le producteur de béton préfabriqué, qui ne saurait, avec les moyens qu'il possède, l'exploiter de façon efficace et rentable. Nous estimons que la construction industrialisée mettra bien du temps au Canada pour atteindre l'envergure qu'elle possède en Europe à l'heure actuelle, à moins que divers ordres de gouvernement n'y prennent part, tout au moins dans les débuts.

Il y aurait moyen d'accélérer tout le processus; ce serait peut-être la chose la plus souhaitable, en amenant les niveaux de gouvernement chargés de répondre aux besoins du logement au plan national à parrainer la formation d'un consortium, en passant une commande ferme d'un nombre suffisant d'unités de logements, à être érigées sur un ou plusieurs emplacements, pour justifier la mise en place et ensuite l'amortissement des usines et des installations nécessaires. L'assistance peut prendre la forme d'un gonflement des prix par unité aux premières étapes d'un tel projet. Il faudra aussi obtenir la collaboration des syndicats et l'acceptation

des syndicats et l'acceptation des nouvelles techniques par ceux qui sont chargés de faire respecter le code de la construction. Les membres de la Mission sont d'avis qu'une fois la construction systématisée instaurée avec succès, surveillée sans arrêt et constamment étudiée au stade de la construction, des bénéfices réels s'ensuivront et les avantages qu'on prête à la construction industrialisée se retrouveront chez nous.

## CONCLUSIONS

Il ne fait aucun doute que la construction systé-  
matisée ou l'industrialisation de la construction est une  
nécessité, particulièrement en ce qu'elle s'applique aux  
logements et plus particulièrement aux maisons d'appartements.

Notre visite en Europe nous a révélé que, dans le  
contexte européen, l'industrialisation permet d'économiser  
de l'argent et de la main-d'oeuvre et que la construction  
peut se réaliser beaucoup plus rapidement que par les métho-  
des traditionnelles. Or, il est difficile de comparer les  
conditions qui existent au Canada et en Europe à l'heure  
actuelle. Il faut par conséquent se tourner du côté des fac-  
teurs positifs du succès de la construction industrialisée  
en Europe.

- (1) Dans tous les pays visités, Suède, Danemark,  
Italie, France et Angleterre, il faut attendre de  
un à six ans pour obtenir un logement. Ces pays  
n'ont pas réussi à se maintenir à la hauteur des  
besoins croissants d'une population qui va en aug-  
mentant, de l'élimination des taudis et de la re-  
construction au lendemain de la deuxième guerre  
mondiale.
- (2) Les gouvernements de ces pays contribuent très  
activement à encourager la construction de grands

collectifs, par des subventions directes ou indirectes accordées soit aux constructeurs soit aux locataires, ou en fournissant des prêts à faible taux d'intérêt.

- (3) Les ouvriers spécialisés du domaine de la construction traditionnelle, c'est-à-dire maçons, charpentiers, plombiers, et autres sont rares.
- (4) Il était évident aussi que la construction traditionnelle en Europe retarde de beaucoup sur celle du Canada du point de vue de la technique, de la rapidité de la construction, etc.

Toutes ces conditions ont obligé les Européens à se tourner vers l'industrialisation. L'écart qui en résulte, entre la construction traditionnelle et la construction industrialisée, est actuellement d'environ 10 ou 25 p. 100 du point de vue des délais et des coûts.

Voyons quelles sont les conditions qui existent au Canada à l'heure actuelle. Il ne semble pas y avoir rareté de logements pour les familles ayant un revenu d'au moins \$6,000 par année. A Montréal, par exemple, on peut louer un appartement entre \$100 et \$125 par mois. Sur la base de 25 p. 100 du revenu consacré au logement, une famille qui dispose de \$6,000 par année peut trouver à se loger convenablement. Le marché du Canada semble donc celui du logement pour les familles qui gagnent moins de \$6,000 par année.

Les plus grands centres, tels Toronto et Montréal, sont sur le point de créer un débouché grâce à leur programme de rénovation urbaine. La plupart des appartements de la catégorie de \$80 à \$125 par mois sont construits au meilleur prix possible par des spéculateurs, et il est à peu près certain que, dans une vingtaine d'années, ces appartements seront dans un état lamentable, car les matériaux employés sont tout juste satisfaisants. La politique d'argent rare qui s'applique actuellement est venue, il va sans dire, ralentir ce genre de construction, de sorte qu'il se peut fort bien que, dans un an, les logements soient plus difficiles à trouver que maintenant.

Les bons ouvriers spécialisés se font de plus en plus rares au Canada, ce qui peut constituer l'un des grands problèmes auxquels la construction devra un jour faire face.

En ce moment, le gouvernement a divers programmes d'assistance à la recherche, mais rien de comparable à l'aide qu'on peut obtenir en Europe. Une comparaison des conditions canadiennes avec les conditions européennes fait ressortir les principales différences suivantes:

- (1) Le besoin immédiat de logements n'est pas critique au Canada, mais il le deviendra probablement.
- (2) La qualité et la disponibilité des travailleurs va en se détériorant, situation comparable à celle de l'Europe.

(3) Le gouvernement ne subventionne pas la construction de logements aussi largement qu'en Europe.

Il faut bien se rendre compte qu'une société ou un groupe de sociétés qui se lancent dans un programme de construction systématisée devront faire énormément de recherches avant de pouvoir mettre sur le marché un système pouvant procurer des logements à la population économiquement faible, et qu'il leur faudra faire face à des dépenses d'équipement considérables une fois la recherche terminée. Tous les gouvernements, de quelque ordre qu'ils soient, doivent s'engager à fond dans le financement du développement complet de la construction industrialisée au Canada s'ils veulent établir si la construction systématisée pourrait permettre d'offrir des logements sans aide extérieure. Si la construction doit être assistée, l'aide ne peut lui venir que de sources municipale, provinciale ou fédérale.

#### RECOMMANDATIONS

Les membres de la Mission sont d'avis qu'il faudrait étudier soigneusement la construction industrialisée pour voir si elle s'adapterait à nos besoins et produirait des logements acceptables à plus faible coût et à un taux plus élevé de productivité par heure-homme que les méthodes de construction actuellement en usage. A cette fin, les membres de la Mission font les recommandations suivantes:

Les gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux et les administrations locales du logement doivent s'intéresser suffisamment à l'étude pour fournir les encouragements et l'assistance financière qui amèneront des particuliers ou des organisations à entreprendre des travaux de recherche et de développement sur l'application de la construction industrialisée au Canada. Il peut en résulter l'adoption et l'utilisation de systèmes qui existent déjà en Europe, ou la mise au point de procédés totalement différents.

Comme premier pas dans l'étude de toute cette question, le gouvernement fédéral devrait, en collaboration avec l'industrie, organiser et parrainer une série de colloques sur la construction industrialisée partout au Canada, afin de renseigner les personnes intéressées sur les concepts et présenter les procédés et les techniques mis à contribution. Ces rencontres pourraient être suivies de conférences dans des régions qui ont manifesté un intérêt véritable, afin de discuter des besoins et de plans plus précis.

Les gouvernements devraient pleinement reconnaître la nécessité de recourir à la construction industrialisée. Ce besoin étant reconnu, ils devraient être disposés à s'engager à fond dans le développement de la construction industrialisée et à prolonger la recherche initiale en la faisant porter sur les genres de logements requis pour les groupes à faible, moyen et gros revenus.

Il est très évident en Europe que l'une des grandes causes de succès est le consortium ou la systématisation de la construction, c'est-à-dire collaboration, au sein d'une même équipe, des architectes, des ingénieurs, des fabricants, des prêteurs et des propriétaires. C'est là une importante condition de succès, qui transformera le rôle de l'architecte et de l'ingénieur dans l'industrie de la construction.

Il faut adopter, tout particulièrement en ce qui concerne la coordination dimensionnelle, des normes qui élimineront le gaspillage dans tous les secteurs de l'industrie. Il faudrait établir un module, l'annoncer et persuader l'industrie de l'adopter.

Nous avons remarqué, au cours de notre tournée en Europe, qu'un grand nombre des matériaux en usage seraient incompatibles avec les codes de construction tels que nous les connaissons au Canada, par exemple conduits en plastique pour la filerie électrique, armature minimale, s'il y en a, dans les structures porteuses, etc. Il faudrait faire un inventaire complet des méthodes traditionnelles et des matériaux utilisés au Canada; examiner chacun en détail et instaurer de nouvelles normes adaptées à la construction industrialisée.

Une fois un système canadien mis au point avec de bonnes chances de réussir économiquement, il serait souhaitable que des organismes publics parrainent de grandes

entreprises, peut-être de l'ordre de 5,000 appartements sur une période de cinq ans, qui permettraient d'essayer le système sous tous ses aspects, de le modifier et de le parfaire au cours de cette période.

L'assurance d'un tel appui encouragerait les sociétés à s'intéresser au programme de base requis, en sachant que les chances de succès sont raisonnablement bonnes. Il faut se rappeler que, étant donné les frais de premier établissement que suppose la construction systématisée, le coût de base du bâtiment doit être d'environ 4 ou 5 p. 100 au-dessous de celui de la construction traditionnelle qui a cours au Canada à l'heure actuelle, si la mise de fonds doit être amortie sur une période de cinq à sept ans.

L'acceptation de la systématisation au Canada exigerait passablement d'efforts du côté de la publicité. Nous recommandons donc que le ministère de l'Industrie parraine d'autres missions techniques en Europe pour les architectes, les ingénieurs, etc., afin de les familiariser avec les procédés et les techniques de base de la construction industrialisée. Il faudrait aussi organiser des colloques, des conférences et d'autres rencontres sur la construction industrialisée.

Il faudrait obtenir des syndicats en cause une décision spéciale ou mesure d'exception qui permettrait aux

travailleurs en usine et en chantier d'effectuer plus d'une catégorie de travail. C'est essentiel à l'efficacité et à l'exploitation économique de la construction industrialisée.

Il faudrait mettre sur pied un organisme, ou un régime indépendant, semblable à celui des "agréments" dirigé en France par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ou à l'Office d'agréments établi par le ministère des Bâtiments et des Travaux publics en Angleterre. L'objectif principal serait d'étudier les innovations de l'industrie de la construction en fonction des matériaux, des produits, des éléments et des procédés. Ce groupe offrirait, comme service, des évaluations à la suite d'études, d'essais et de divers travaux de recherche. Un produit qui subirait avec succès les épreuves techniques ferait l'objet d'un certificat d'approbation.

L'industrie de la construction ne devrait pas servir de levier à l'équilibre économique.

A tous ces égards, nous reconnaissons que la construction industrialisée telle qu'elle se pratique en Europe peut convenir ou ne pas convenir au Canada. Nous possédons peut-être déjà de meilleurs moyens que nous pourrions développer. L'objet premier de tout l'examen de ce mode de construction est de susciter plus d'intérêt et d'activité en vue de la mise au point de méthodes meilleures et plus économiques de production de logements en utilisant moins de main-d'oeuvre.

BYGGNADSFIRMAN OHLSSON & SKARNE AB  
LES PROCÉDÉS SKARNE

Byggnadsfirman Ohlsson & Skarne AB  
Sveavagen 153-155  
Stockholm 23  
Suède

La société Byggnadsfirman Ohlsson & Skarne AB, l'un des principaux entrepreneurs suédois, a mis au point deux procédés de construction: un procédé léger et un procédé lourd, Les deux font appel à des éléments de béton précoulé. Ce qui les distingue surtout, c'est la puissance de la grue nécessaire au montage.

Avec le procédé léger, on utilise des grues d'une puissance de 1.5 tonne (normalement, des grues à tour à montage central) pour monter les éléments-murs préfabriqués.

Avec le procédé lourd, on emploie des grues qui peuvent manoeuvrer des unités pesant jusqu'à 12 tonnes. Pour les bâtiments allant jusqu'à quatre ou cinq étages, les grues à portique sont suffisantes et pour les édifices plus élevés, on a recours à des grues à tour sur rails.

#### Le procédé de construction légère Skarne

Le procédé de construction légère peut servir à tous les genres de maison. Il a servi à la construction d'habitations, de maisons à terrasse, de collectifs de trois étages et plus. Nous décrivons ci-après l'application du procédé léger aux constructions à plusieurs étages.

Le sous-sol et la dalle de plancher au-dessus du sous-sol sont, en général, réalisés par les méthodes traditionnelles. Vient ensuite la mise en place du coffrage coulissant et de la grue à tour Linden qui y est fixée à demeure.

Le coffrage est utilisé pour couler la cage d'escalier et le bâti de la cage d'ascenseur au centre du bâtiment. La cage d'escalier, qu'on bétonne rapidement, devient l'élément statique le plus important de la construction aux étapes suivantes du montage et stabilise le bâtiment de façon très efficace.

Le coffrage coulissant est ensuite élevé à courts intervalles, soit au rythme d'environ 25 centimètres à l'heure. Quelques jours après que le bâti a atteint sa pleine hauteur, la grue Linden peut commencer à fonctionner. L'installation des coffrages pour les dalles de plancher s'effectue de façon ordinaire au moyen d'unités ordinaires en contreplaqué, munis de mortaises dans lesquelles la grue abaisse les éléments précoulés des murs intérieurs de l'étage du dessous.

Les éléments-murs en béton ont un étage de haut et de 10 à 14 cm d'épaisseur, sur un mètre de largeur. Ils excèdent d'environ 2 cm au-dessus du coffrage de la dalle de plancher. Elle est faite d'une assise de 17 cm d'épaisseur recouverte d'une couche de finition de 3 cm lissée à la truelle d'acier.

Toutes les canalisations électriques horizontales, de même que les conduits de chauffage et des services sanitaires, sont intégrés dans la dalle-plancher. Les conduits électriques verticaux sont encastrés dans les éléments-murs

précoulés. Les conduits pour le chauffage et les services sanitaires sont réalisés au moyen de blocs spéciaux. Dès que le béton est assez pris, le coffrage de la dalle est enlevé et déménagé à l'étage suivant où on répète le même procédé.

Tous les murs intérieurs sont porteurs. Un étrier de levage encastré, qui sert en même temps d'armature pour le transport, est ancré dans la face intérieure du panneau-mur. D'autre part, les panneaux-murs comportant des ouvertures pour les portes (ces panneaux ont deux mètres de largeur) et les blocs-conduits (de 30 cm d'épais) sont armés dans deux sens. Toutes ces unités sont ou bien précoulées dans une usine de chantier ou fabriquées dans une usine permanente. Après le montage, les joints entre les unités-murs sont calfeutrés. La finition du mur est d'une telle qualité qu'elle peut être immédiatement recouverte de papier. Les murs extérieurs peuvent être en panneaux sandwich de béton léger Siporex (7.5 cm de Siporex + 8.5 cm de polystyrène expansé + 7.5 cm de Siporex).

Ces murs peuvent être aussi des panneaux-murs-rideaux de la grandeur d'une pièce, sur colombage de bois ou éléments de béton isolés, à surface extérieure finie, d'un agrégat visible de marbre concassé, etc. Dans tous ces cas, le coefficient de transmission de la chaleur est extrêmement faible, soit de 0.25 à 0.3.

En plus de la grue Linden, qui n'a pas à être démenagée ou élevée en cours de construction, le matériel mécanique comprend un treuil et, sur les grands chantiers, une grue à tour sur rails. Quelques grues mobiles Bantam desservent tout le chantier. Les escaliers intérieurs sont montés dès que la cage d'escalier est terminée et servent durant toute la période de construction. Il s'agit évidemment d'escaliers précoulés.

#### Procédé de construction lourde Skarne

La société Ohlsson et Skarne utilise aussi un procédé de construction lourde, en béton précoulé, pour les collectifs de quatre étages et plus. Il offre un grand nombre d'avantages, tout particulièrement du point de vue de l'organisation de la production. La période de construction est plus courte et le travail de finition et d'installation des services se trouve grandement simplifié, grâce à une étude soignée qui va jusque dans les moindres détails, en vue de rendre le coût d'une maison plus accessible à ses futurs occupants.

Le procédé de construction lourde exige des machines de levage d'une puissance allant jusqu'à 12 tonnes. Pour les maisons d'appartements de quatre étages, on se sert généralement de grues à portique et pour les édifices de plus d'étages, de grues à tour montée sur rails.

Dans la construction lourde comme dans la construction légère, les murs intérieurs sont porteurs et les murs extérieurs, tout simplement isolants.

Un des avantages du procédé lourd réside dans l'élimination de joints. Le montage des grandes unités ne prend pas plus de temps. Ces grands éléments peuvent en outre se fabriquer aux mêmes tolérances que les petits, de sorte que les écarts par rapport aux dimensions prescrites sont minimes.

Le principe de la construction en précoulé s'applique aussi aux fondations. Ainsi, les bases simples, les poutres de fondation et les empattements en bandes sont précoulés et montés sur place.

Chacune des opérations fait l'objet d'une étude détaillée des temps. Le travail de construction est organisé de façon à perdre le moins de temps possible sur le chantier.

Les éléments porteurs de la charpente comprennent les unités-murs en béton, aux dimensions des pièces, montées sur le chantier, et les unités-murs intérieurs en béton léger qui servent à fermer les garde-robes et les chambres de bain. Les murs extérieurs sont en pans de bois montés après la mise en place de la dalle-plancher de l'étage supérieur.

Une grue d'une puissance de 10 tonnes métriques sert au montage sur le chantier. Les éléments de béton sont fabriqués à Handen, dans une usine d'une capacité d'environ

700 appartements par année, équipée d'une batterie de moules verticaux pour le coulage des panneaux-murs et des dalles-planchers. Les cages d'escalier se fabriquent également en usine. Les éléments les plus lourds sont les dalles planchers pesant jusqu'à 10.5 tonnes. Le durcissement prend de 12 à 18 heures en été et 24 heures en hiver. On obtient, après 12 heures, une résistance à la compression de 3,500 l. p.c. L'investissement global en terrain, usine et matériel est d'environ \$1,200,000 et l'amortissement s'étend sur une période de 5 à 7 ans.

Les unités-murs sont de dimensions telles que deux font toute la largeur du bâtiment, ce qui élimine un grand nombre de travaux de finition, par exemple, le jointoyage dans les pièces, et les joints des panneaux restent invisibles. L'équipe en usine comprend 30 hommes: 26 ouvriers, 4 surveillants. Les unités sont transportées de l'usine dans des cadres de support, sur des camions de 10 tonnes munis de plates-formes hydrauliques rotatives.

La charpente se monte étage par étage. On pose les murs porteurs intérieurs et les dalles-planchers en premier, afin de pouvoir mettre le toit en place le plus tôt possible. Dans un bâtiment de quatre étages, par exemple, le toit est posé après environ trois semaines. Entre-temps, des containers<sup>es</sup> ou palettes chargés de tous les matériaux et des fournitures

nécessaires pour les cuisines et les chambres de bain, de même que les portes, fenêtres, avances de fenêtres, garde-robes, radiateurs, etc., destinés à un appartement, sont montés sur chaque étage et déposés sur le plancher avant la mise en place de la dalle de l'étage supérieur.

Les colombages en bois du mur extérieur sont construits une fois la charpente terminée. Les fenêtres, vitrées et peintes, sont posées dans les colombages au même moment. L'extérieur des colombages est ensuite recouvert de panneaux durs soigneusement cloués et collés pour en assurer la parfaite étanchéité. Le travail de finition peut ensuite commencer et se poursuivre en même temps que la construction du mur-façade.

La filerie électrique peut être installée dès que la charpente est terminée. On peut donc brancher une ampoule électrique ordinaire pour éclairer chaque pièce au cours des travaux de finition.

Une fois le papier ou la peinture posés, les diverses appliques peuvent être fixées à demeure. Les cadres de porte et les portes sont installés après le papier. Les bases de lambris et les plinthes, déjà peintes, se posent en même temps que la menuiserie de cuisine. Les planches du plancher sont enduites d'un composé thermoplastique avant des portes. Les balustrades de balcon, en fer forgé galvanisé,

700 appartements par année, équipée d'une batterie de moules verticaux pour le coulage des panneaux-murs et des dalles-planchers. Les cages d'escalier se fabriquent également en usine. Les éléments les plus lourds sont les dalles planchers pesant jusqu'à 10.5 tonnes. Le durcissement prend de 12 à 18 heures en été et 24 heures en hiver. On obtient, après 12 heures, une résistance à la compression de 3,500 l. p.c. L'investissement global en terrain, usine et matériel est d'environ \$1,200,000 et l'amortissement s'étend sur une période de 5 à 7 ans.

Les unités-murs sont de dimensions telles que deux font toute la largeur du bâtiment, ce qui élimine un grand nombre de travaux de finition, par exemple, le jointoyage dans les pièces, et les joints des panneaux restent invisibles. L'équipe en usine comprend 30 hommes: 26 ouvriers, 4 surveillants. Les unités sont transportées de l'usine dans des cadres de support, sur des camions de 10 tonnes munis de plates-formes hydrauliques rotatives.

La charpente se monte étage par étage. On pose les murs porteurs intérieurs et les dalles-planchers en premier, afin de pouvoir mettre le toit en place le plus tôt possible. Dans un bâtiment de quatre étages, par exemple, le toit est posé après environ trois semaines. Entre-temps, des containers ou palettes chargés de tous les matériaux et des fournitures

nécessaires pour les cuisines et les chambres de bain, de même que les portes, fenêtres, avances de fenêtres, garde-robes, radiateurs, etc., destinés à un appartement, sont montés sur chaque étage et déposés sur le plancher avant la mise en place de la dalle de l'étage supérieur.

Les colombages en bois du mur extérieur sont construits une fois la charpente terminée. Les fenêtres, vitrées et peintes, sont posées dans les colombages au même moment. L'extérieur des colombages est ensuite recouvert de panneaux durs soigneusement cloués et collés pour en assurer la parfaite étanchéité. Le travail de finition peut ensuite commencer et se poursuivre en même temps que la construction du mur-façade.

La filerie électrique peut être installée dès que la charpente est terminée. On peut donc brancher une ampoule électrique ordinaire pour éclairer chaque pièce au cours des travaux de finition.

Une fois le papier ou la peinture posés, les diverses appliques peuvent être fixées à demeure. Les cadres de porte et les portes sont installés après le papier. Les bases de lambris et les plinthes, déjà peintes, se posent en même temps que la menuiserie de cuisine. Les planches du plancher sont enduites d'un composé thermoplastique avant des portes. Les balustrades de balcon, en fer forgé galvanisé,

les seuils extérieurs de fenêtres en aluminium et les autres appliques, qui exigent très peu d'entretien, réduisent aussi le travail à effectuer au chantier.

#### Observations générales

1. Les licences sont accordées pour des périodes de dix ans contre une redevance de 3 p. 100 du coût de production des éléments. Tous les brevets sont déposés.
2. Le service des plans de la maison Ohlsson & Skarne poursuit une étude continuelle des opérations pour tâcher de rendre les procédés de plus en plus efficaces.
3. Les temps de réalisation par rapport aux méthodes traditionnelles sont réduits de la moitié au tiers; on obtient une meilleure finition et un produit de meilleure qualité.
4. Si des systèmes de construction industrialisée sont adoptés au Canada, il faudra réviser les codes de construction en conséquence, pour permettre la production en série.

#### Renseignements généraux sur la Byggnadsfirman Ohlsson & Skarne AB, Stockholm, Suède.

Siège social: Sveavagen 153-155, Stockholm

Filiales à Uppsala et Vasteras

Nombre d'employés: 310

Nombre de travailleurs: 1,000

Filiales étrangères: Skarne System Bau GmbH,

Bietigheim, Allemagne de l'Ouest.

Copropriété de sociétés étrangères:

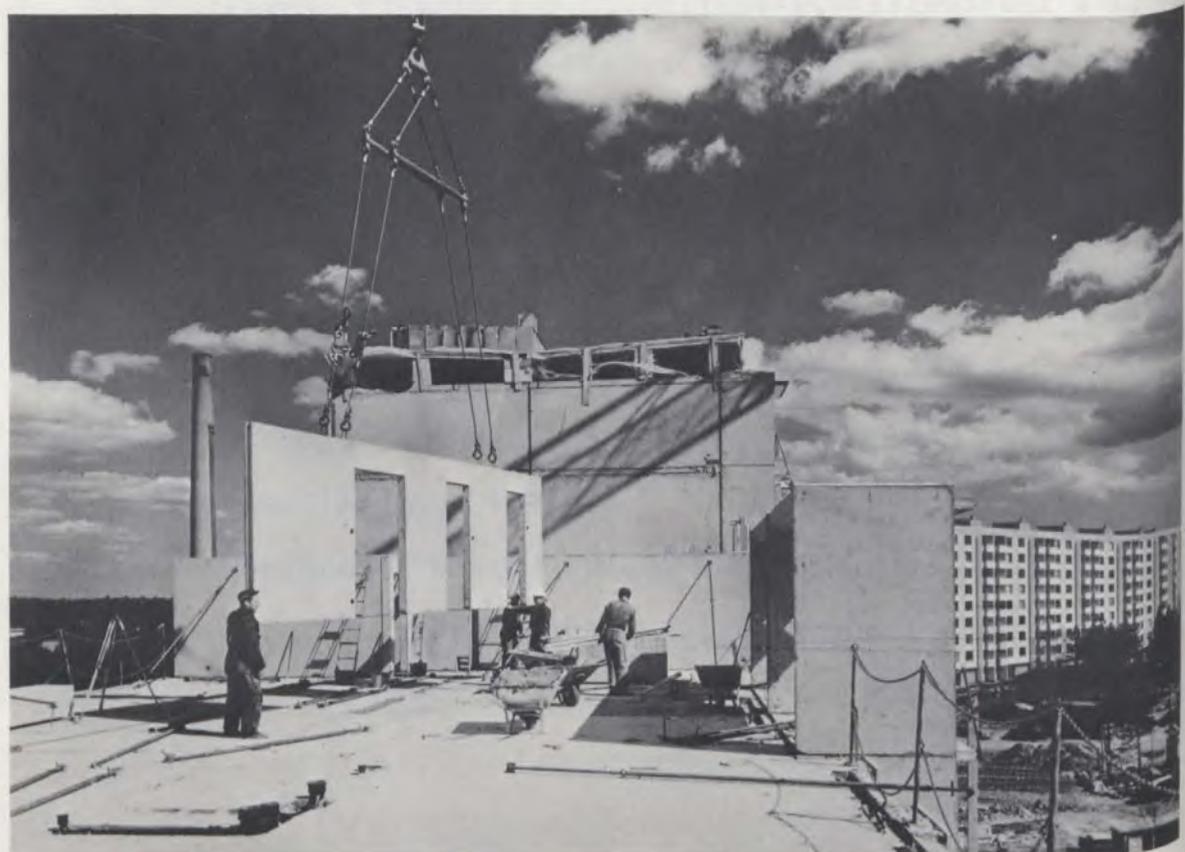
Hecht Skarne System Bau GmbH, Konstanz,  
Allemagne de l'Ouest  
Française de Construction Planifiée (FCP),  
Nimes, France  
Société libyenne Skarne de construction indus-  
trialisée (LSIBCO),  
Tripoli, Libye.

Détenteurs de licence étrangers:

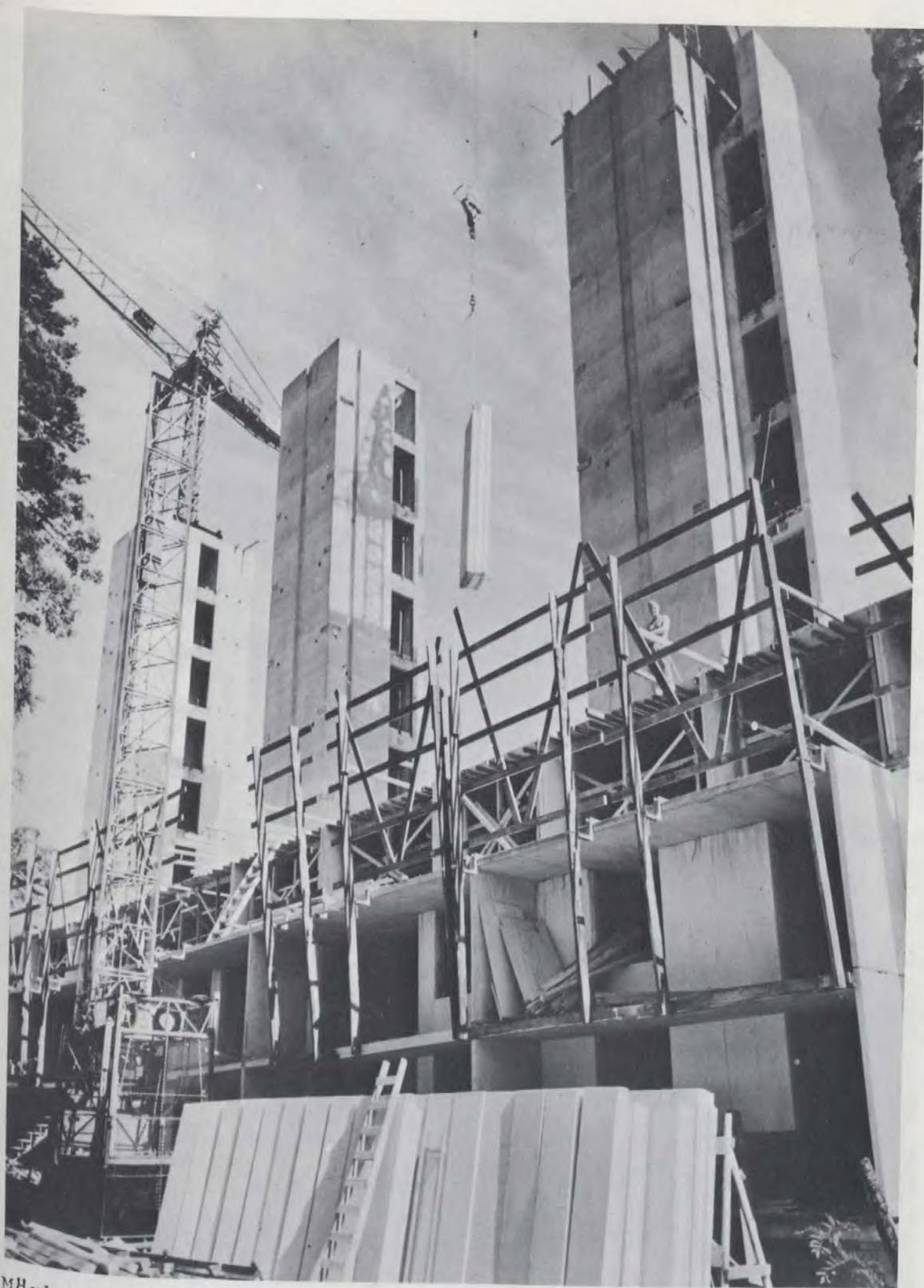
Phillip Holzmann Ag, Hanovre, Allemagne de l'Ouest  
Crudens Ltd, Musselburgh, Écosse  
Asuntoelementti OY, Helsinki, Finlande  
Coimpre, Turin, Italie  
Kuwait Pre-Fabricated Building Co, Koweït.



Usine du chantier de Bollmora, 1961-1963. 500 appartements.



Procédé Sharne lourd - panneaux-murs intérieurs de 6 tonnes



Mörbyskogen, 1962 - Procédé Sharne léger, cage d'escalier et d'ascenseur construite dans des coffrages coulissants



Nåsbydal, 1959 - Procédé Sharne léger: immeubles de 8 - 17 étages  
en construction



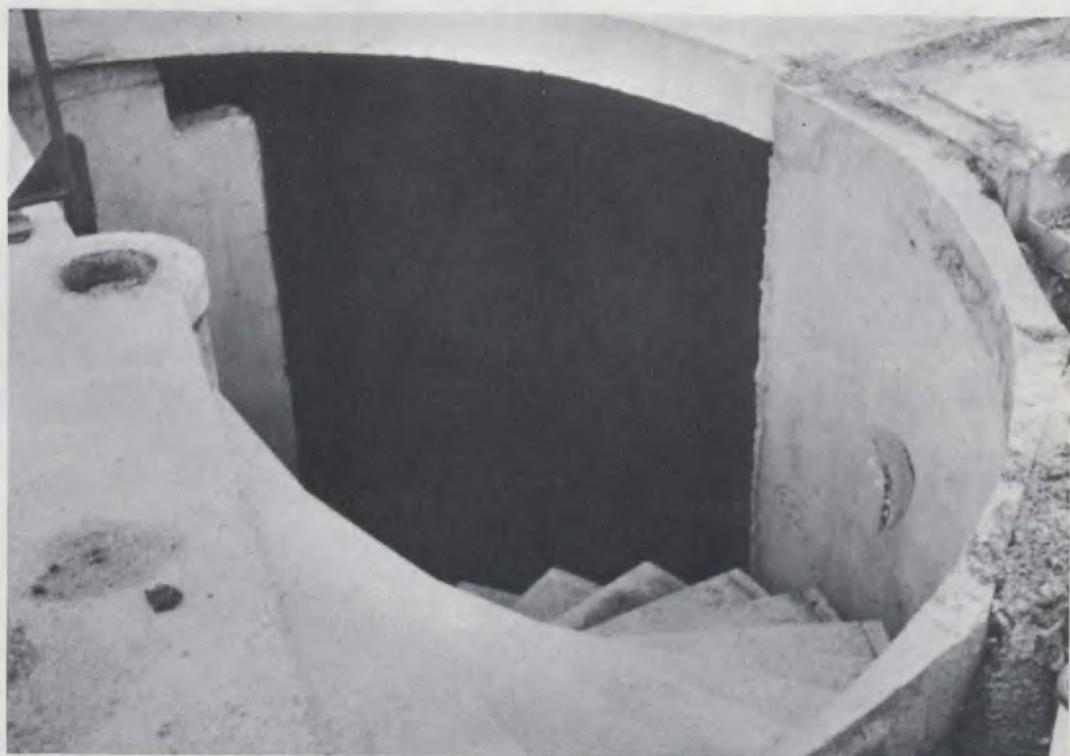
Fardier à plate-forme hydraulique basculante



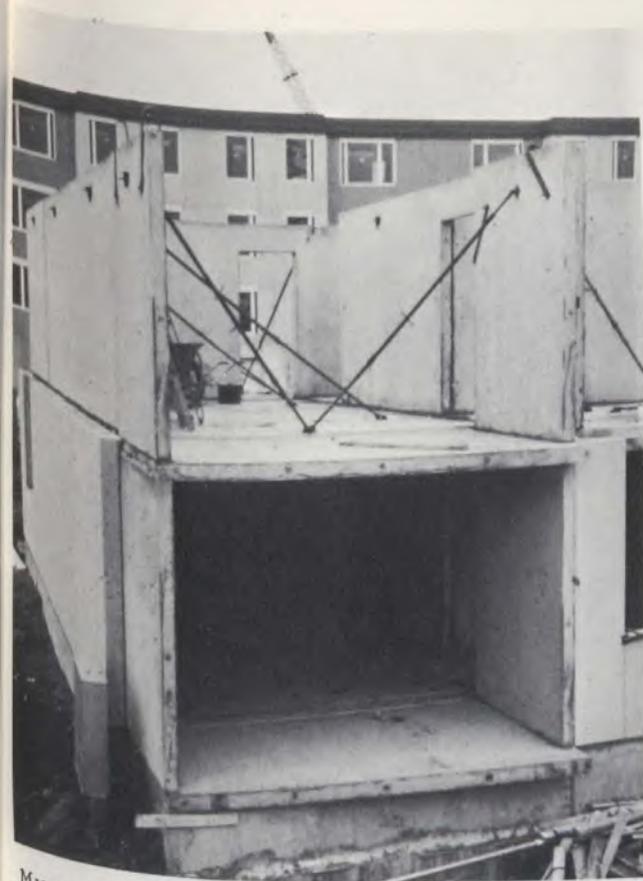
Fardier à plate-forme hydraulique basculante



Escalier circulaire préfabriqué



Escalier circulaire préfabriqué installé



Murs, planchers et panneaux-façade



Cuisine standard d'appartement à loyer modique



Appartements à loyer modique à Soderby



LARSEN & NIELSEN CONSTRUCTOR A/S  
LES PROCÉDÉS LARSEN & NIELSEN

Larsen & Nielsen Constructor A/S  
11, Frederiksberg Bredegade  
Copenhagen F  
Danemark

LARSEN & NIELSEN

La maison d'ingénieurs et d'entrepreneurs Larsen & Nielsen Consultor A/S, de Copenhague, est l'une des principales compagnies du Danemark pour le développement de la construction moderne fondée sur la préfabrication et l'utilisation des éléments en béton précoulé et précontraint.

Dans le système Larsen et Nielsen, les divers éléments de construction sont produits en usine et ensuite utilisés pour la construction de petites maisons, de maisons d'appartements et d'usines. Les panneaux-murs et les dalles-planchers sont coulés aux plus grandes dimensions possibles, souvent aux dimensions de toute une pièce. La pesanteur moyenne de ces éléments varie entre 3 tonnes et demie et 4 tonnes et demie.

La taille des éléments est limitée par la loi danoise, qui interdit le transport sur les routes publiques d'objets d'une largeur supérieure à 8 pieds et 2 pouces. Les éléments les plus larges réalisés par cette maison sont donc les blocs-salles de bain comprenant les quatre murs, la baignoire, la toilette, le lavabo, la tuyauterie, le plancher en terrazzo et les murs peints et carrelés. Ces blocs pèsent environ 8 tonnes.

### Détails des unités

a) Les dalles de plancher sont en béton armé de 6 pouces et de 8 pouces d'épaisseur. La travée maximum a 18 pieds sur une largeur maximale d'environ 8 pieds. Les dalles de 6 pouces ont des cellules cylindriques et parallèles à la travée, tandis que les dalles de 8 pouces ont des cellules ovales.

b) Les murs transversaux porteurs sont en béton, habituellement non armé sauf autour des ouvertures de porte. Ils ont six pouces d'épaisseur. Les cadres de porte en bois sont encastrés dans le béton en cours de fabrication et protégés par des boudins de plastique pendant le transport. Des tuyaux de plastique pour recevoir les fils électriques et les boîtes d'interrupteurs sont aussi intégrés dans le panneau en usine.

c) Cette société fabrique deux genres de cloisons non porteuses: des panneaux de 2½ pouces d'épaisseur incorporant des tuyaux pour la filerie, comme les panneaux porteurs; puis des cloisons légères en planche au plâtre réalisées sur place par un sous-traitant.

d) Les panneaux-façade sont des éléments sandwich composés d'un revêtement extérieur de béton incorporant la finition, une couche de polystyrène expansé comme isolant et une âme de béton. La couche extérieure et l'âme du panneau

sont reliées par des attaches murales en acier galvanisé ou en acier inoxydable. Les cadres de fenêtres en bois sont encastrés dans les unités-façade et vitrées en usine.

e) Les marches et les paliers d'escalier, en béton armé recouvert soit de terrazzo, soit de matériaux à parquets PVC, sont livrés de l'usine. Les paliers sont appuyés sur des consoles de béton reposant sur les murs non porteurs. Des plaques de néoprène sont insérées entre les paliers et les consoles. N'étant supportées que par les paliers, les marches offrent une isolation phonique extrêmement efficace contre le bruit des pas.

#### Production

Tous les panneaux et les dalles sont produits dans des moules horizontaux, à la cadence d'un par moule par 24 heures. L'usine ne fonctionne que le jour. La nuit on la chauffe afin d'assurer au béton une force suffisante pour qu'on puisse démouler les panneaux et les dalles. Diverses pièces de bois étant incorporées dans les moules, il paraît contre-indiqué d'utiliser le séchage à la vapeur. Après le démoulage, les éléments sont stockés en plein air durant au moins deux semaines. Les dalles sont transportées au chantier en position horizontale sur des remorques.

Les panneaux-façade et les panneaux-murs ne sont pas plâtrés, la surface du béton étant assez unie pour

recevoir directement la peinture ou le papier peint. Le matériel de cuisine et d'autres parties de mur sont constitués d'unités peintes d'avance et peuvent par conséquent être montées immédiatement. Les portes se fabriquent également en série, à des dimensions assez précises pour qu'on puisse les monter sans plus dans les cadres encastrés dans les panneaux-murs.

La méthode Larsen et Nielsen permet d'utiliser le toit à pignon, mais la maison recommande le toit plat en dalles-planchers ordinaires recouvertes de plaques de polystyrène expansé et de papier-feutre à toiture.

#### Caractéristiques générales

Les travées des dalles-planchers sont dans le sens de la longueur. La charge verticale est transmise aux fondations par les murs transversaux. Les panneaux-façade sont suspendus sur des consoles fixées au bout des murs transversaux et les joints de façade sont scellés d'une bande de néoprène au lieu d'être jointoyés au mortier clair. Il en résulte une grande souplesse de réaction au retrait et à l'expansion et à la contraction causées par la température. La stabilité contre les forces verticales (contreventement) est assurée par les murs transversaux et par les murs lourds du centre du bâtiment en direction longitudinale. Les fondations et les sous-sols sont coulés selon les méthodes traditionnelles.

Des grues mobiles servent à l'érection des collectifs. Elles permettent de monter deux ou trois appartements par journée de huit heures. On estime qu'il faut environ 400 dessins avant de pouvoir se lancer dans un programme de construction et que l'immobilisation initiale pour la construction d'une usine est de l'ordre d'un million de dollars. D'autre part, l'érection d'un bâtiment par les procédés Larsen et Nielsen n'exige que la moitié de l'équipe (en comptant la main-d'oeuvre spécialisée et non spécialisée) qu'exigeraient les méthodes traditionnelles. L'usine de Copenhague a une production d'environ 65,000 tonnes par année, ce qui correspond à environ 1,000 appartements, en plus des 35,000 tonnes d'éléments qu'elle fabrique chaque année pour des constructions industrielles.

#### Construction d'usines

Ces procédés sont aussi largement utilisés pour la construction d'usines et d'autres bâtiments industriels. On simplifie alors la construction en fabriquant les unités aux plus grandes dimensions possibles. Les panneaux-façade ont de 6 à 8 pieds de largeur et jusqu'à 30 pieds de hauteur. Ils peuvent être porteurs ou non porteurs. Les unités peuvent aussi comprendre l'isolation thermique ou ne pas être isolées. Les dalles de toiture ont aussi des largeurs de 6 à 8 pieds et des travées allant jusqu'à 56 pieds. La grandeur de ces dalles élimine les poutres secondaires et les

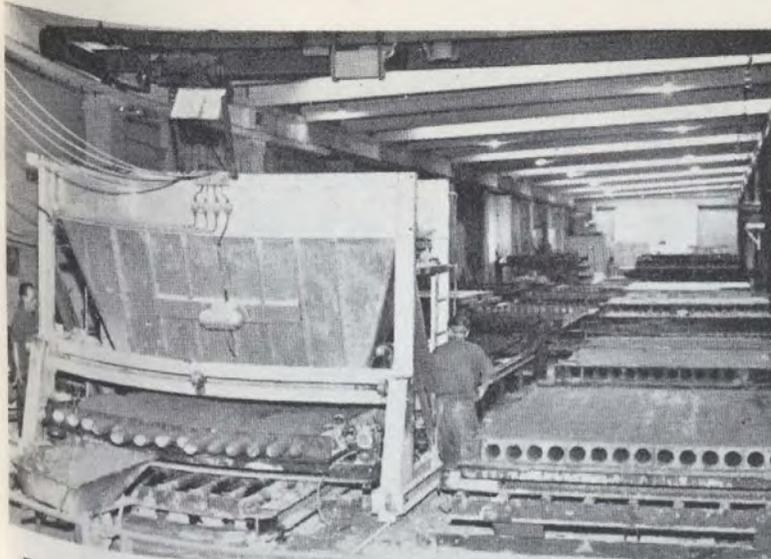
pannes. Notons comme réalisation type l'immense entrepôt de la brasserie danoise "Tuborg". Dans ce bâtiment haut de 105 pieds, on peut entreposer 2.4 millions de gallons. Grâce aux unités préfabriquées, il a pu être érigé en une seule année.

### Observations générales

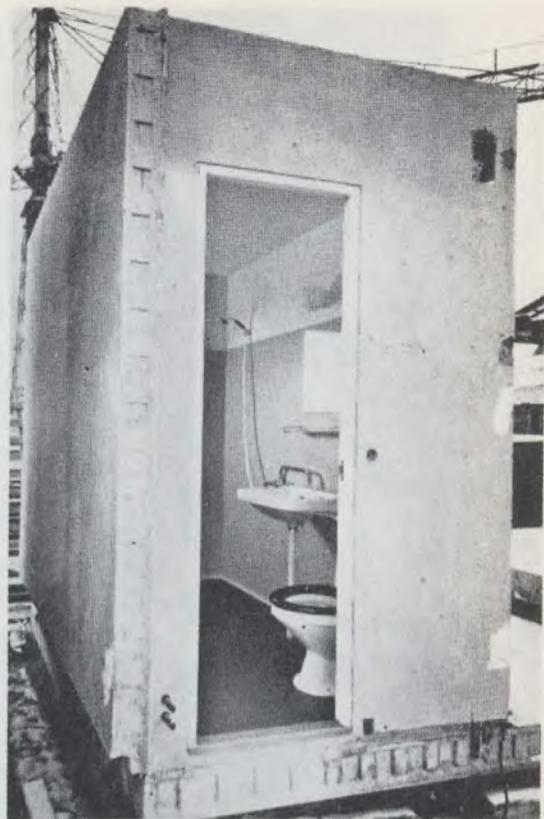
1. Les licences sont accordées pour dix ans moyennant un droit de 3 p. 100 sur le coût de production des éléments. Ces éléments représentent environ 30 p. 100 du coût d'un bâtiment. Par conséquent, le droit revient à environ 1 p. 100 de ce coût. Tous les brevets sont déposés.
2. La Larsen et Nielsen compte 15 fabricants sous licence dans le monde.
3. La Larsen et Nielsen utilise un module de 10 cm.
4. Production - méthode traditionnelle - 2 appartements par jour  
- méthode industrialisée - 8 appartements par jour.
5. Temps - méthode traditionnelle - 1200 heures-hommes par appartement  
- méthode industrialisée - 795 heures-homme par appartement
6. Equipe de construction - montage: 6 hommes  
- remplissage: 8 hommes  
- finition: 7 hommes
7. Productivité du chantier: On n'a aucune peine à suivre le programme à condition que les bons panneaux et les

autres éléments soient livrés à temps et qu'on utilise de bonnes grues à tour à plein rendement.

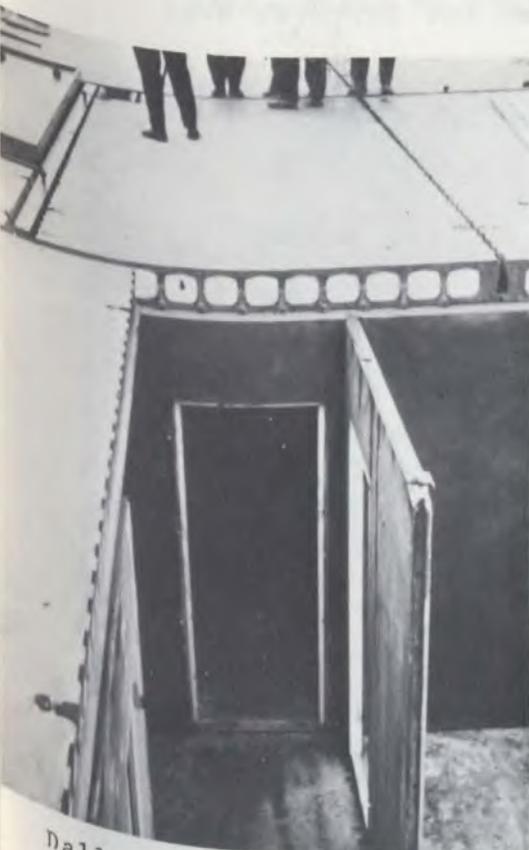
8. Productivité de l'usine - excellente et les panneaux sont coulés à des dimensions très précises. Conduits de ventilation, descentes à déchets, gaines, panneaux, appareillage mécanique et escaliers sont fabriqués à l'usine, de même que le plus possible du travail de finition.



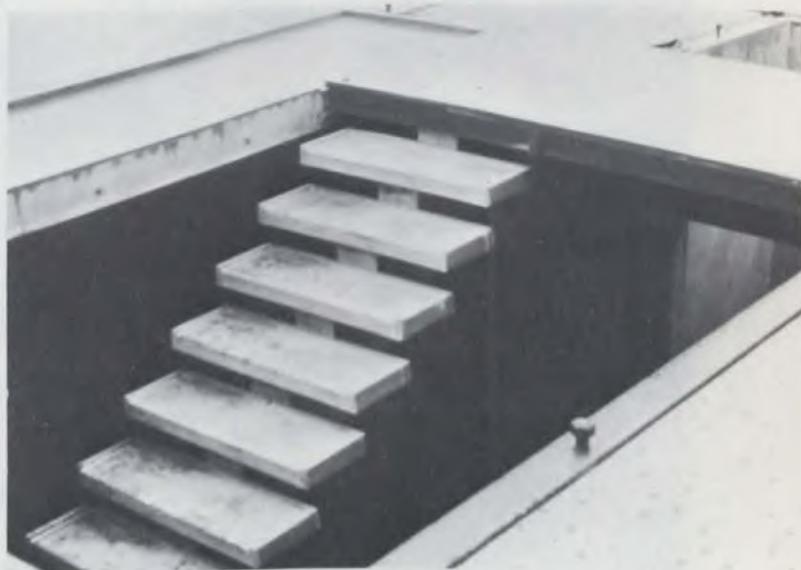
Production de dalles-plancher à cellules tubulaires. Cette installation produit, par jour, les éléments de 6 appartements. A gauche, appareil à retirer les tubes.



Bloc-bain complet entièrement réalisé en usine. La porte est posée et reste verrouillée pendant le transport et les travaux de construction au chantier.



Dalles et panneaux-murs



On installe au fur et à mesure les escaliers précoulés



Chantier près de Copenhague. Le plancher est prêt à recevoir les panneaux-murs. Tout le matériel et les ferrures sont rangés à des endroits prédéterminés.



Collectif à loyer modique près de Copenhague. Les panneaux-façade, de la grandeur d'une pièce, sont préfabriqués en bois, recouverts de fibro-ciment à l'extérieur et de plâtres au plâtre à l'intérieur.



Panneau-mur de cage d'escalier avec appuis de palier



Mise en place d'un panneau-façade



Fixation d'un panneau-façade



Collectif en construction à Copenhague

LE SYSTÈME JESPERSEN

Modulbeton Ltée  
a/s A. Jespersen & Fils Ltée  
18 Nyropsgade  
Copenhague 5, Danemark ou  
P.E. Malmstrom  
Ingénieurs-conseils  
Jagtvej 223  
Copenhague, Danemark

LE SYSTEME JESPERSEN

La société Modulbeton, avec deux usines d'éléments de béton à Islevadalsvej et à Olstykke, est une filiale de la société d'entrepreneurs A. Jespersen & Fils Ltée, de Copenhague.

La maison Jespersen est en affaires depuis au-delà de 60 ans et a réalisé à peu près tous les genres de bâtiments.

En 1956, elle a entrepris la fabrication d'éléments en béton précoulés à Islevadalsvej, où elle produit maintenant tous les genres d'éléments précoulés.

L'expérience qu'elle a acquise, surtout par la fabrication des éléments de 1600 appartements, livrés entre 1959 et 1962, l'a convaincue que la construction au moyen de ces éléments constitue un important progrès vers l'industrialisation de la construction domiciliaire, mais que les éléments de 5 tonnes étaient trop gros. Elle était appelée à produire un grand nombre d'éléments variés pour répondre aux multiples exigences du logement. Il lui fallait encore accomplir manuellement une bonne part des travaux, même réalisés en usine. Elle estimait qu'il y avait moyen de normaliser ces éléments afin que la mécanisation de la production soit économique sans restreindre excessivement la variété des plans. Pour toutes ces raisons, elle a adopté le système Jespersen et

s'est construit une nouvelle usine à Olstykke pour la production d'éléments normalisés.

Le système Jespersen a été mis au point au Danemark par l'ingénieur-conseil danois de réputation internationale, P.E. Malmstrom. Fort d'une longue expérience pratique de la construction industrialisée et pionnier dans ce domaine, il est aujourd'hui une autorité dans les procédés de construction en béton précoulé. Il fallait assurer la plus grande liberté possible dans la planification des appartements, réaliser le maximum d'économies et réduire au minimum les besoins de main-d'oeuvre au niveau de la production et du montage. Le système constitue un progrès considérable dans l'industrialisation de la construction domiciliaire.

Pour accroître la productivité des constructeurs, réduire les exigences en main-d'oeuvre, produire des appartements plus rapidement, le gouvernement danois a décidé d'appuyer financièrement certaines grandes entreprises domiciliaires qui ont recours le plus possible aux procédés de préfabrication d'éléments. Cet appui incite les fabricants d'éléments à se munir de moyens de production hautement mécanisés.

La maison Modulbeton A/S avait fourni les éléments à deux des réalisations que la Mission a visitées, les collectifs "Hedegaarden" et "Gladsaxe" qui comptent ensemble 3,500 appartements.

Les portes, cadres de porte, garde-robes, armoires de cuisine et éléments de façade pré-peints (y compris les fenêtres) sont livrés par d'autres usines hautement mécanisées du Danemark et de la Suède, sur des distances allant jusqu'à 800 kilomètres.

### L'usine d'éléments

L'usine comprend une centrale à béton, une fabrique d'éléments-planchers, une fabrique de panneaux-murs et un édifice de bureaux. La centrale à béton, avec ses silos à ciment et ses stocks d'agrégats, est au coeur du complexe.

#### Production de béton

La production et le transport du béton jusqu'aux silos, dans l'aire de coulage, sont semi-automatiques.

Le malaxage est contrôlé du poste de panneau-commande. Un seul homme commande tout le procédé. Les lampes du panneau indiquent la position du monte-agrégat, les quantités de ciment et d'eau et les diverses positions des chariots sur rails qui remplissent automatiquement les silos.

#### Fabrique de planchers

Les coffrages sont propulsés simultanément d'une position à la suivante. Se déplaçant sur des rouleaux, ils passent successivement par les diverses positions de la chaîne de production:

1. L'élément fini est décoffré et levé au moyen d'un joug à vide et placé sur un chariot. L'élément est alors inspecté et le numéro, la date et la marque de qualité y sont étampés.
2. Nettoyage du coffrage.
3. Huilage du coffrage, pose du treillis d'armature et réglage du coffrage. L'armature est ensuite soudée et garnie de bagues d'espacement en plastique. On n'utilise que deux genres d'armatures par travée.
4. Cycle de coulage (4 minutes). Cette opération s'effectue sur l'aire centrale de l'usine. La capacité de production (nombre d'éléments à l'heure) est fonction du temps que prennent les diverses opérations à cette position. Les opérations sont les suivantes:
  - a) Les tubes servant à former les cellules sont insérés dans le coffrage automatiquement.
  - b) Le béton est coulé, vibré et taloché par une machine commandée par une minuterie à relais.
  - c) Les tubes sont retirés automatiquement.

- d) Le contremaître de coulée fait avancer la chaîne de production depuis un panneau de commande après s'être assuré que le coffrage est rempli, que la qualité du travail est satisfaisante et que les positions un, deux et trois sont libres.
4. Les étapes de a) à d) prennent 4 minutes.
  5. Nettoyage des trous au bout des moules.
  6. Disponibilité pour le perçage de trous, etc.

De la position 6, les moules passent dans une machine qui empile autant de moules que la machine à désempiler en délivre dans le même temps. Celle-ci livre les moules (avec les éléments finis) à la position 1. Une pile d'éléments fraîchement coulés entre dans la chambre de séchage à la vapeur pendant qu'une pile d'éléments secs en sort.

#### Fabrique de murs

Les éléments-murs sont coulés dans des batteries de moules verticaux placés au niveau inférieur de l'usine. Les diverses parties de la batterie sont actionnées par des moyens mécaniques et hydrauliques:

Le cycle de coulage comprend les opérations suivantes:

1. Les moules nettoyés et préparés sont remplis par une machine de coulée rotative.

2. La vibration s'effectue automatiquement au moyen de deux tiges qui pendent d'un cadre mobile; elle s'arrête automatiquement dès que le moule est rempli; tous les éléments ont ainsi le même degré de compacité.
3. Un premier lissage du dessus de l'élément intervient dès qu'il est coulé. Le lissage final et le bouchage s'effectuent plus tard et réduisent la tolérance en hauteur à  $\pm 2$  mm.
4. Après avoir durci pendant 2 heures et demie, les éléments sont décoffrés et chargés sur un chariot au niveau inférieur. Ce chariot peut prendre tous les éléments d'une batterie. Les plaques de cloisonnement en acier creux sont libérées et remontées au rez-de-chaussée. Ce travail est effectué par un homme qui enlève un élément de la batterie, pendant qu'un autre s'occupe de la plaque de cloisonnement ainsi libérée. Les plaques sont ensuite nettoyées et huilées et l'appareillage électrique est monté.
5. Chargé à capacité, le chariot est poussé dans la chambre de séchage à la vapeur, où il passe 24 heures.

L'usine dispose à l'heure actuelle de trois batteries pour mouler des éléments-murs de 120, 180 et 240 centimètres

de largeur; tous ont 15 ou 18 cm d'épaisseur. Elle a l'espace et la capacité pour recevoir une autre batterie.

L'espace de stockage des éléments-planchers est desservi par deux ponts roulants munis de jougs de levage à vide. Deux hommes suffisent au travail d'empilement et de chargement des chariots sur rails.

L'espace de stockage des éléments-murs est équipé de supports et d'un pont roulant commandé du sol. Un seul homme peut ainsi assurer tout le transport et même le chargement.

Le transport des éléments-planchers et des éléments-murs de l'usine au chantier est effectué par des camions spéciaux.

#### Capacité de production

L'usine produit les éléments de 4 ou 5 appartements par poste. L'équipe complète par poste est de 19 hommes.

#### Les éléments

Les éléments sont normalisés de façon à pouvoir entrer dans un grand nombre de combinaisons, ce qui rend possible une variété de plans. Ils se prêtent en même temps à la production mécanisée en série. Un quadrillage de 30 cm sur 120 cm (1 pied sur 4 pieds) a servi à établir les dimensions des éléments-planchers et des éléments-murs porteurs.

La disposition des murs de cloisonnement n'a rien à voir avec le grillage. Le système de construction est fondé

sur des murs transversaux porteurs et des planchers à support simple.

Les éléments-planchers ont tous 120 cm (- 4') de largeur et les travées vont de 240 cm à 540 cm (-8' à 18') par multiple de 30 cm. Les éléments-murs ont de 120 cm à 240 cm de largeur et les unités comportant une porte ont 240 cm de largeur.

D'après l'Institut danois de recherche sur la construction, ce sont là les dimensions optimales d'un système modulaire simplifié, fondé sur les exigences du code danois de la construction à partir d'une grille de 30 cm sur 30 cm. La liberté de planification est ainsi possible même avec un nombre réduit d'unités normalisées diverses.

L'entreprise s'est livrée à une vérification systématique des dimensions au cours des trois derniers mois de 1962. Il est possible de respecter des tolérances de  $\pm 1$  mm pour l'épaisseur des murs et de  $\pm 2-3$  mm pour les autres dimensions.

Les autres éléments du bâtiment fini sont aussi normalisés, compte tenu de la souplesse de conception.

### Les éléments-planchers

L'élément normal de plancher de 18 cm d'épaisseur, comportant sept cellules longitudinales et un treillis d'armature "normal", est conçu pour porter son propre poids, le

matériau à parquet, 150 kg/m<sup>2</sup> de cloisons et 150 kg/m<sup>2</sup> de charge vive.

L'élément-plancher offrant une surface pour les enfoncements et les ouvertures, à cinq cellules longitudinales et treillis d'armature lourd, est censé porter la même charge que le premier, mais on suppose que deux barres longitudinales seront coupées lorsqu'on pratiquera une ouverture dans la partie solide de la dalle.

L'élément-plancher de cuisine est de "type régulier" de deux unités, et conçu en vue d'un tuyau et d'une gaine de ventilation de cuisine.

L'élément-plancher de façade a six cellules longitudinales et un treillis d'armature lourd; ayant deux enfoncements verticaux profonds sur la face supérieure, il offre deux possibilités de faire passer un tuyau de radiateur. Il est garni d'un isolant de béton léger le long de sa rive frontale.

Les quatre types de plancher peuvent se couler dans le même moule, dont les bouts sont mobiles. Le quatrième exige cependant un coffrage de rive spécial, muni d'un support pour tenir les blocs isolants gasbéton en place pendant le coulage.

Les murs sont faits de deux séries d'éléments normalisés, de 120 et de 180 cm de largeur, en béton non armé. On avait envisagé une seule largeur au début, celle de 120 cm; mais comme les éléments-planchers les plus lourds pèsent 2

tonnes et demie, on a jugé qu'on pouvait porter les plus lourds éléments-murs à 180 cm; ils pèsent 1.7 tonne à 15 cm d'épaisseur et 2 tonnes à 18 cm. Du point de vue du rapport entre les dimensions de l'élément et le nombre de variations dont nous avons parlé ci-dessus, on s'est demandé si 180 cm était une largeur appropriée. On a cependant constaté à l'analyse que les deux largeurs n'exigeaient qu'un petit nombre de variations simples sans aller aux types spéciaux "combinés" (exclusion faite de l'élément combiné à prise de télévision en rosette dans le panneau de 180 cm) pour répondre à toutes les exigences raisonnables des divers plans d'appartements.

Les éléments-murs de 120 et 180 cm comprennent les unités normales et les variantes à sortie en rosette sur un côté ou les deux, une rosette pour la cuisinière sur un côté ou les deux, et une prise de télévision (dans les murs de 180 cm avec rosette combinée). Il se présente dans la pratique quelques autres variantes.

Les éléments de porte réguliers ont 240 cm de largeur et pèsent 2 tonnes.

#### Les éléments spéciaux

L'élément-plancher de salle de bain n'est pas produit par procédé mécanisé.

Renfermant les appareils encastrés les plus complexes, il est fabriqué comme élément spécial suivant les exigences

de l'ouvrage à réaliser. Il comporte normalement tous les raccords de salle de bain et de la cuisine et la descente à déchets.

Les éléments de balcons et de balcons d'accès ont aussi, jusqu'ici, été produits comme éléments spéciaux mais, étant donné que seule la longueur des travées varie, il sera éventuellement possible d'en mécaniser la production. Les escaliers et les éléments-murs de contreventement longitudinal sont aussi traités comme éléments spéciaux, de même que les descentes à déchets, les gaines de ventilation, etc.

Dans le plan Ballerup, 90 p. 100 des éléments-planchers et 68 p. 100 des éléments-murs sont fabriqués en usine à Olstykke comme "éléments mécanisés". Les autres sont des éléments "spéciaux".

#### Les joints

Tous les joints sont traités suivant les méthodes danoises traditionnelles.

Le joint de plancher ne requiert aucun coffrage, le chanfrein des éléments permettant de camoufler des écarts allant jusqu'à 2 ou 3 mm entre les sous-faces des dalles.

Sur la largeur des éléments, la tolérance est minimale: les rives doivent être droites et lisses.

L'ensemble du plancher est censé jouer le rôle de plaque de transfert de la force du vent aux murs porteurs

transversaux, C'est pourquoi les rives des dalles sont dentées. Les dents jouent, dans le joint coulé, le rôle de griffes de résistance au cisaillement.

Le plancher fini est en planches de hêtre à parquet montées sur des porteurs reposant sur des blocs de matériau mou (v.g. fibre de bois) posés sur la dalle de béton, dont le dessous est peint.

Le parquet de hêtre (étant donné les taux de salaire traditionnels) est le moins dispendieux sur le marché danois! Ce "plancher flottant" assure une excellente isolation phonique et laisse un espace tout prêt pour passer la filerie électrique. On veut mettre au point un matériau à parquet qui exigera moins de travail de menuiserie, en prévision des niveaux éventuels des salaires et des prix dans une économie industrialisée.

Les joints des murs n'exigent, non plus, aucun coffrage. Les rives des éléments sont également dentées, de sorte que l'ensemble du mur réagit comme une plaque de résistance aux forces du vent.

Le joint entre le mur et le plancher. Il faut transférer au mur sur lequel elles reposent la charge qui pèse sur les dalles-planchers. La charge du mur qui se trouve au-dessus du joint doit se transmettre vers le bas. Il faut tenir compte des tolérances de production et de montage.

Les forces verticales agissant sur les murs ne peuvent être transmises par les dalles-planchers. Celles-ci

comportant des cellules, les étroites zones solides entre les cellules ne peuvent supporter les pressions d'un mur complètement chargé. De plus, les dalles (afin d'accélérer le montage) reposent sur un joint sec, de sorte que la répartition de la contrainte varie suivant les légères irrégularités que présentent les surfaces des éléments. Il faut transmettre les forces verticales directement, c'est-à-dire grâce aux joints de béton coulé sur place et dont la section n'est que légèrement plus mince que celle du mur. La légère réduction de surface de la section résultant des chevilles de raccord des dalles est à peu près compensée par le facteur de réduction résultant du rapport d'élançement du mur. La charge est transmise vers le centre et la répartition de la contrainte est une quantité connue.

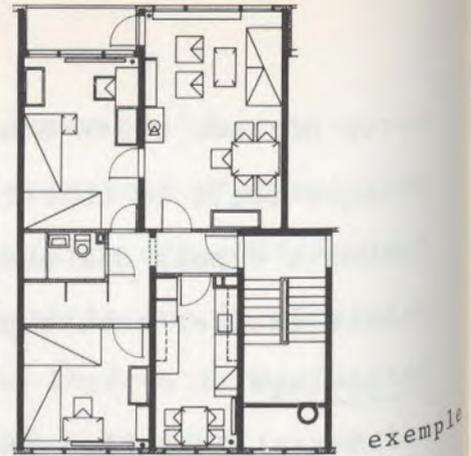
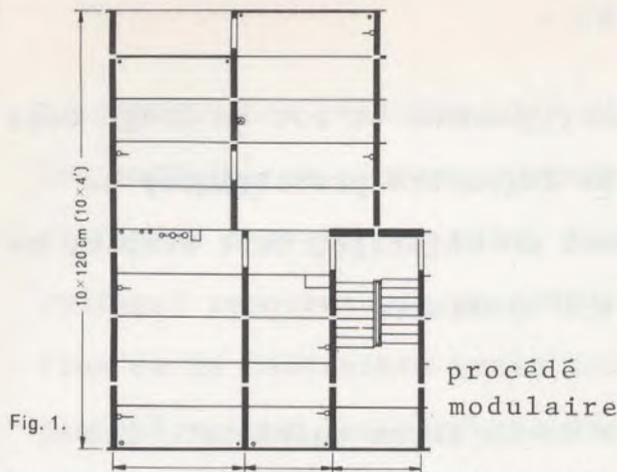
Les forces qui pèsent sur les dalles sont transmises par une rangée de chevilles de raccordement, placées théoriquement à 15 cm d'intervalle. En pratique, la dalle ne repose pas sur toutes, et certaines sont inutiles à cause des ouvertures pratiquées dans les dalles.

De nombreuses expériences ont démontré que la puissance porteuse d'une cheville est de 3 tonnes, à condition que l'armature excède d'au moins 5 cm à l'intérieur du mur (4 cm dans les cas les plus défavorables d'inexactitude de production et de montage), c'est-à-dire de la longueur de la cheville.

Cette méthode a été étudiée théoriquement et est en usage dans presque toute la construction de logements préfabriqués au Danemark depuis dix ans. Le bout du coffrage, fort simple, ne laisse excéder aucune partie de l'armature.

#### Le montage

Le montage se déroule de la façon suivante: les éléments-planchers sont déposés sur les murs (joints secs); l'armature du joint est mise en place; les façades sont montées. Même si les joints restent ouverts, le bâtiment est alors suffisamment fermé pour qu'on puisse chauffer temporairement en hiver, afin de pouvoir couler les joints. Après le coulage des joints du plancher nouvellement mis en place, le coulage et la vibration des joints verticaux des murs, on enlève par lavage les restes de mortier de la sous-face du plancher.

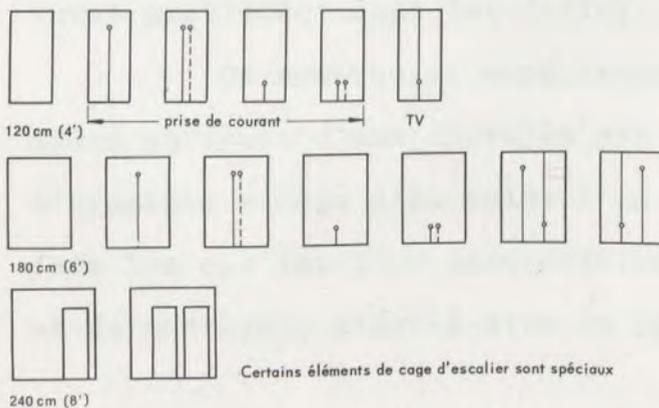


Toutes les travées sont des multiples de 30 cm. (~1')

Procédé modulaire fondé sur une stipulation danoise qui exige un module de 10 cm (4 po.)

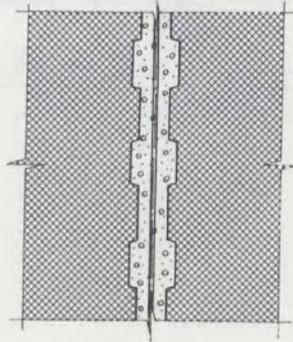
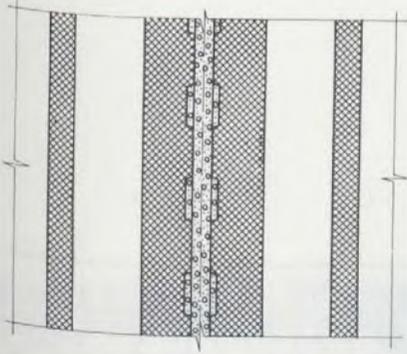
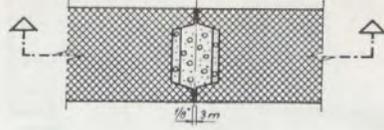
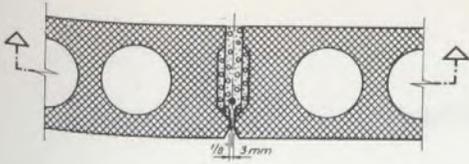
### Eléments-planchers

Genre de plancher	Armature	Nombre de types
Normal	Normale	9
enfoncement	lourde	divers
cuisine	lourde	4 + 4 image renversée
façade	lourde	9



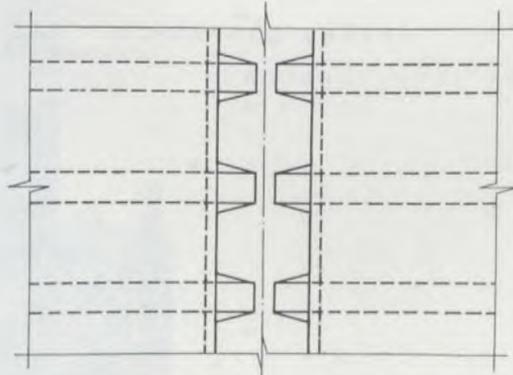
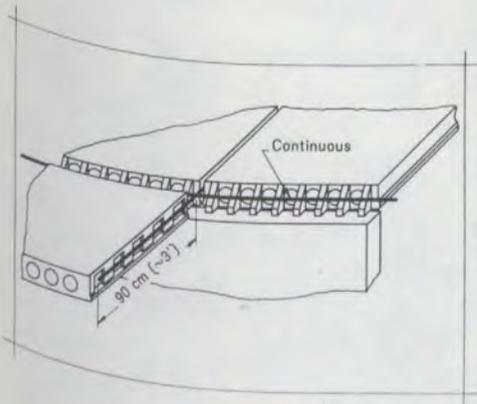
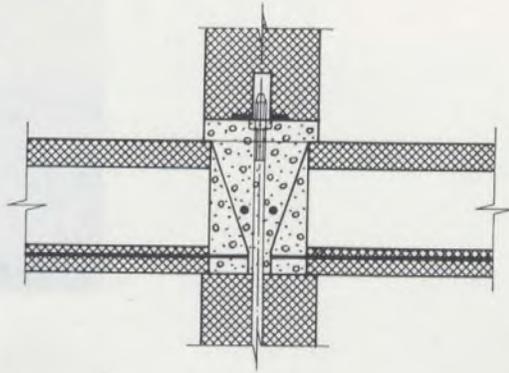
### éléments-murs

Les Panneaux-murs standards ci-dessus ont été utilisés dans les deux premiers ouvrages. Toutefois, vu l'expérience acquise, le système sera légèrement modifié: aux éléments-murs de 180 cm (6') on en substituera de 240 cm (8') comprenant la même filerie. Ceux de 120 cm (4') serviront d'éléments de rechange pour donner plus de souplesse. Ainsi, à l'avenir, les panneaux-murs auront 120 ou 240 cm (4' ou 8') de largeur, ce qui simplifiera et accélérera la conception, la production et l'érection et les rendront plus économiques. On sauvegardera en même temps la souplesse du procédé.



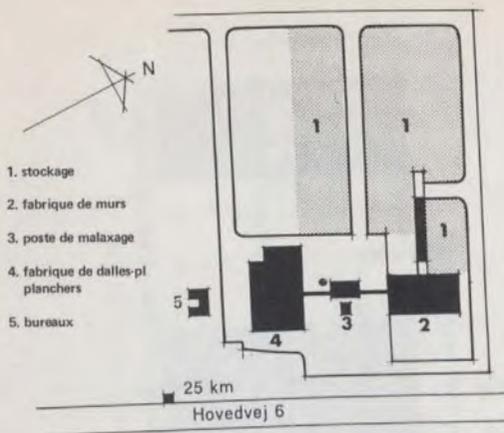
Joints de plancher et joints verticaux de mur.

15



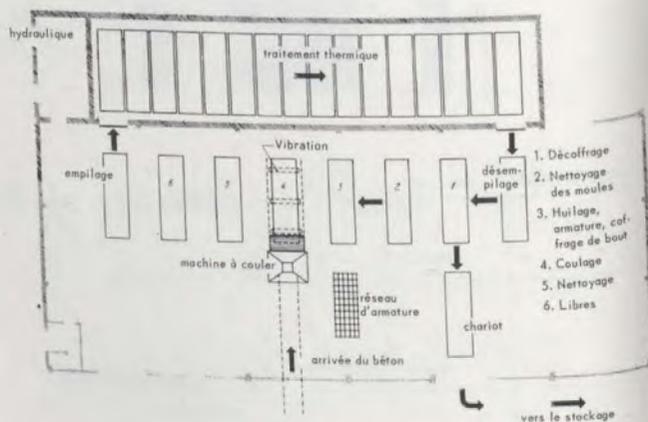
Armature de joint plancher-mur et joint plancher-mur.

16

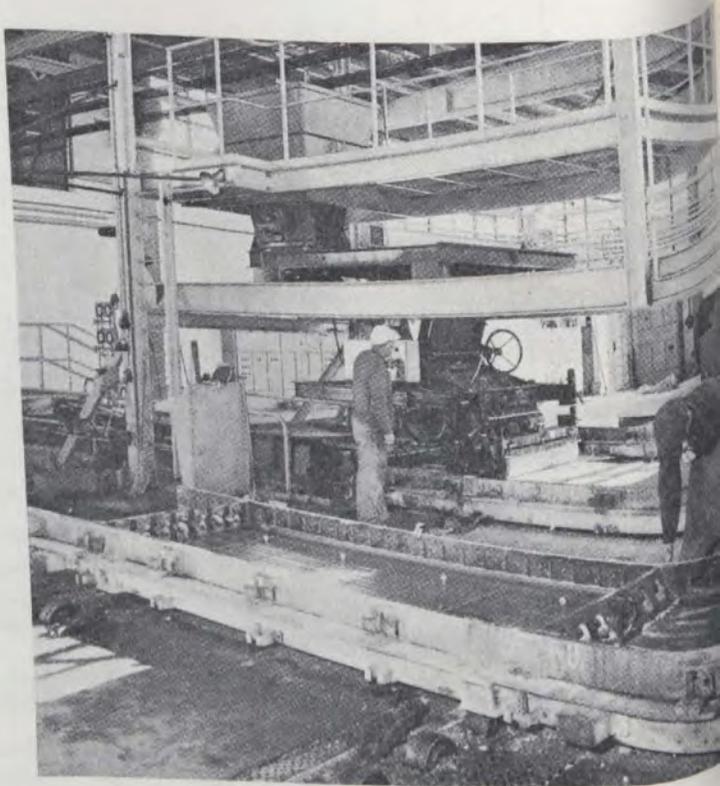


Plan de l'usine

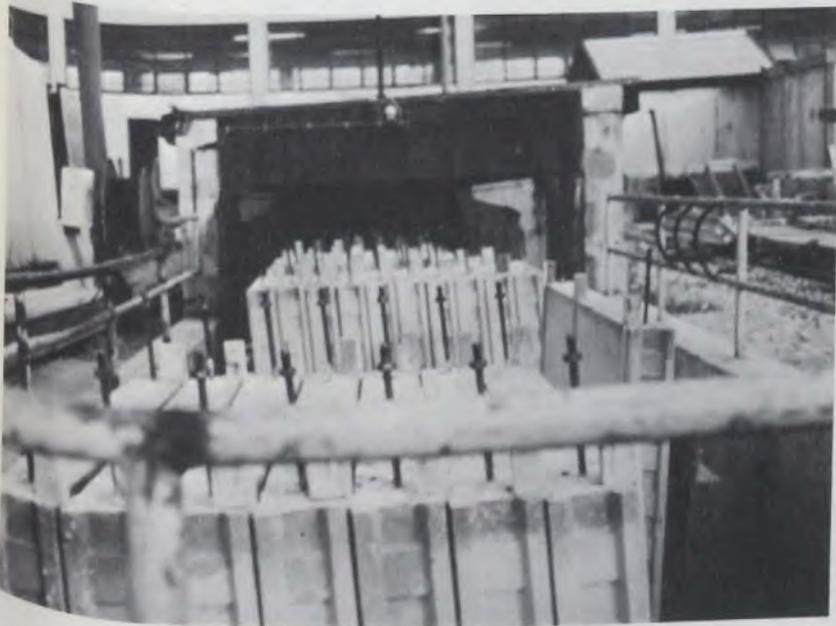
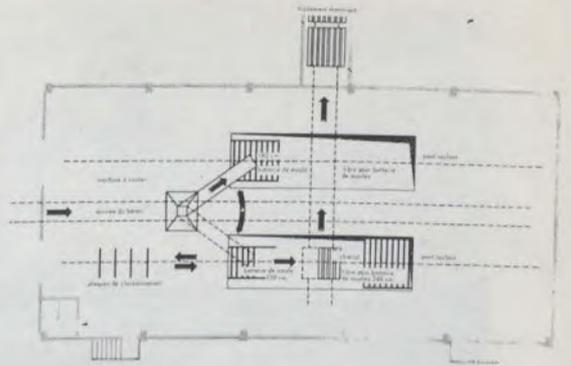
### Fabrique de dalles-planchers



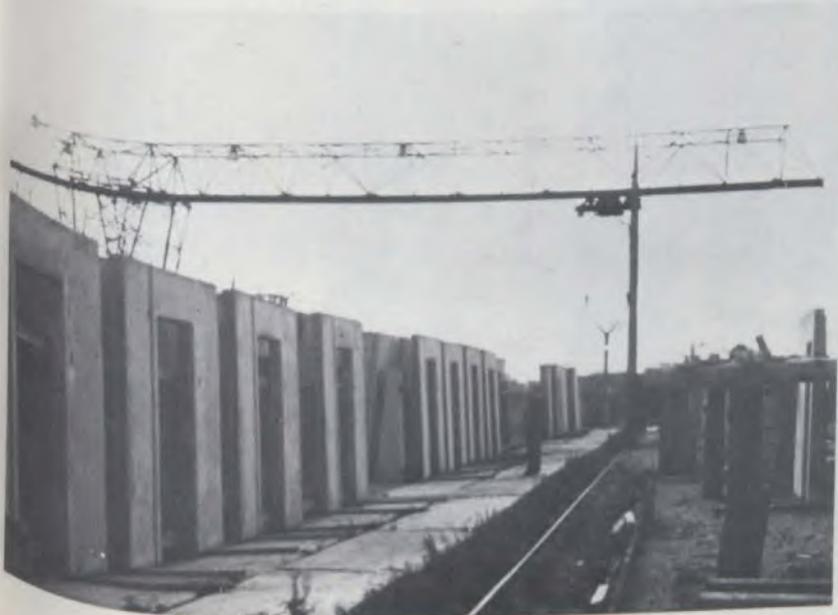
Machine à couler les dalles-planchers.



Plan, usine de panneaux-murs.



Chariot chargé de panneaux-murs à la sortie de l'étuve.



Panneaux-murs avec embrasures de porte



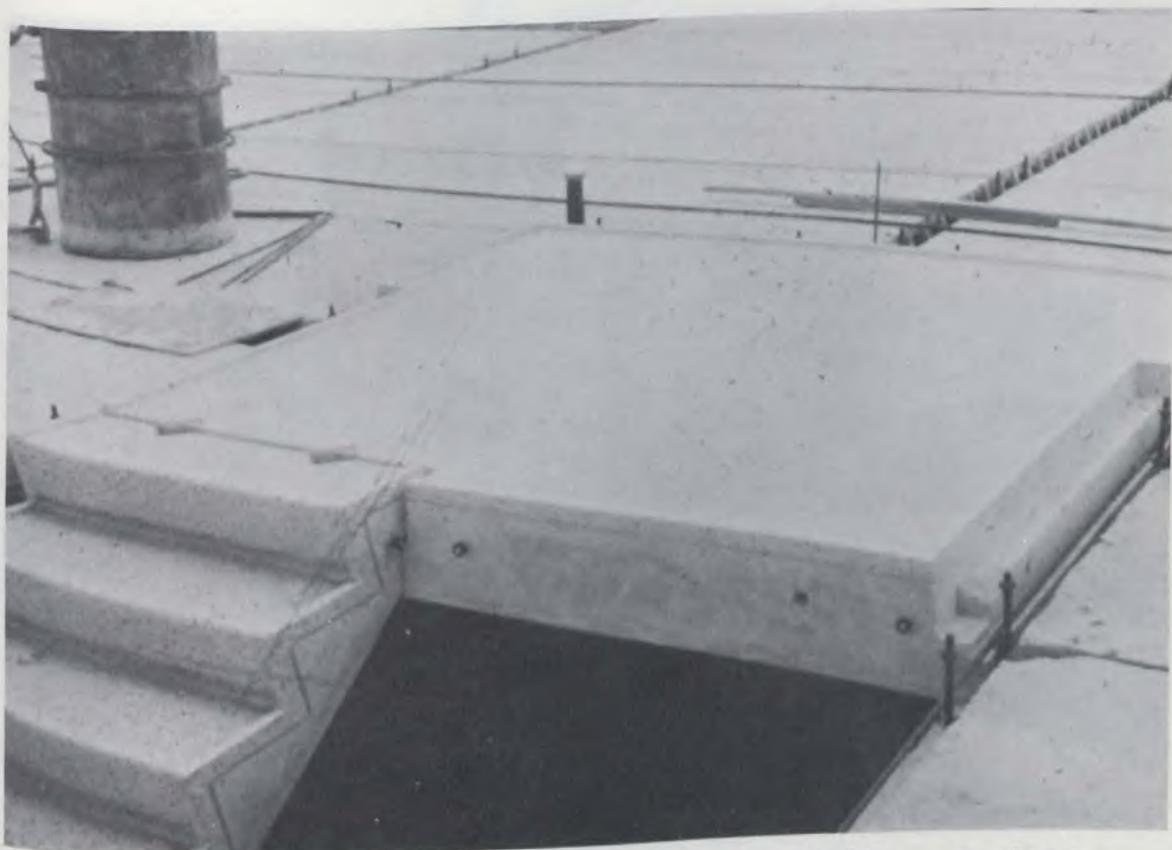
Dalles-planchers



Panneaux-façades, fabriqués sous licence de la  
Jespersen en Suède, pour un collectif près de Malmö



Collectif près de Malmö



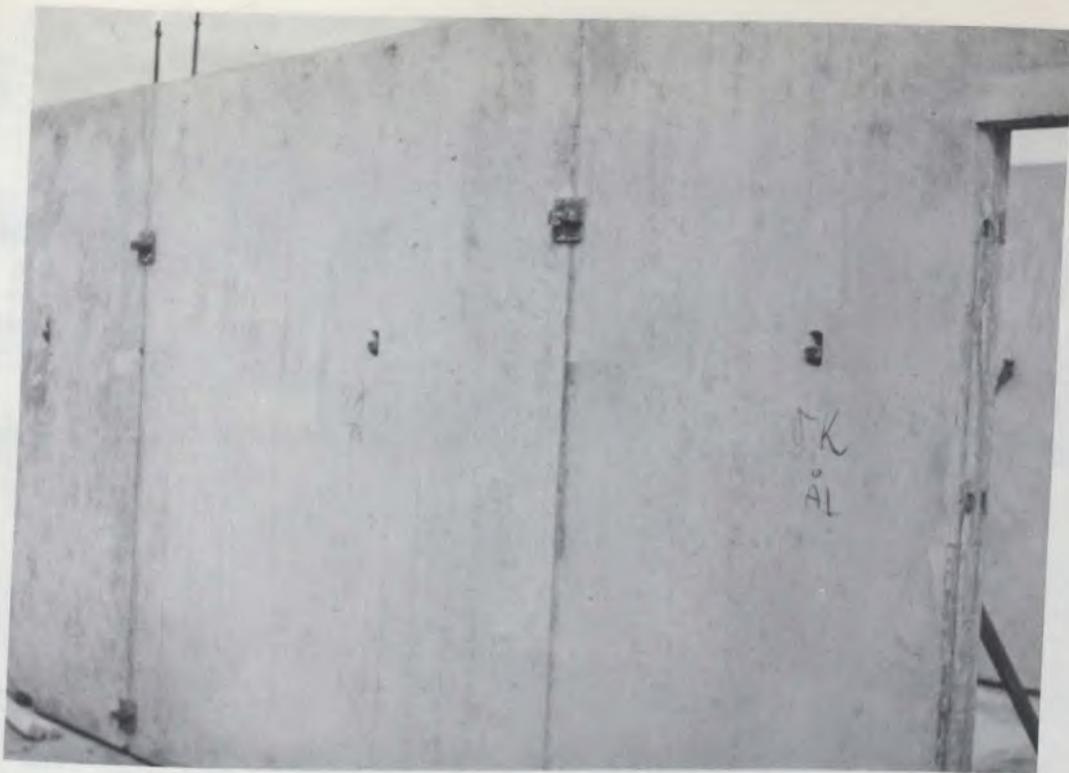
Collectif près de Malmö - Escalier et dalles en place



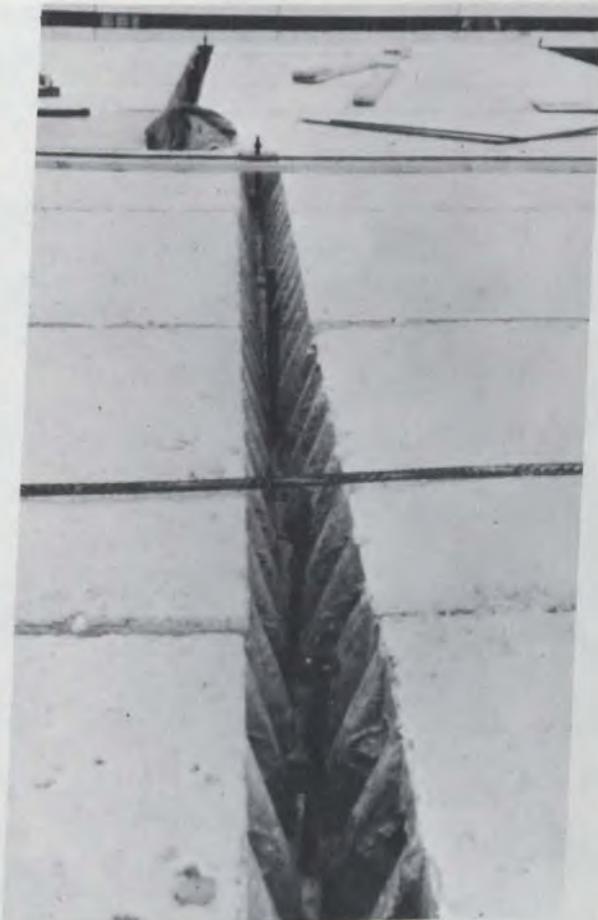
Collectif près de Malmö - Montage des panneaux-murs et des dalles



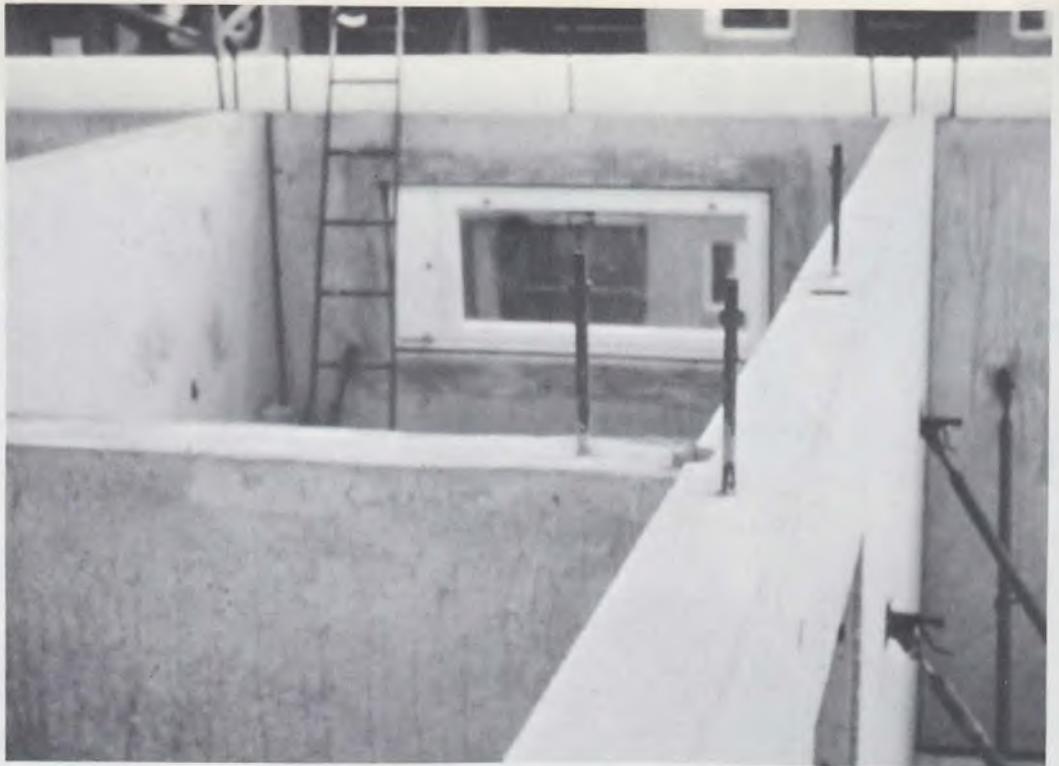
Collectif près de Malmö - Panneaux-murs maintenus en place par des étais



Collectif près de Malmö - Etais provisoirement assujétis  
au panneau-mur



Collectif près de Malmö -  
Dalles-planchers en place



Collectif près de Malmø - Cloisons en place.



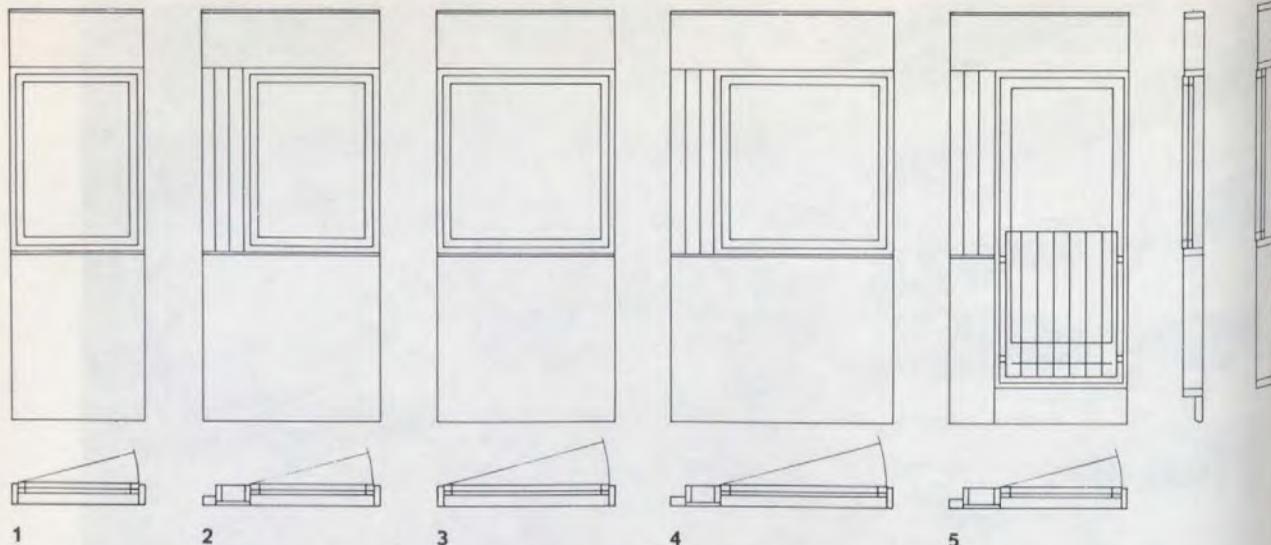
Collectif près de Malmø - Vue d'un joint entre le panneau-cloison et les panneaux-façade.



Chantier près de Copenhague - Panneaux-façade à pans de bois, fenêtres coulissantes, revêtement extérieur en feuilles de fibro-ciment, revêtement intérieur en planche au plâtre



Collectif en construction. Les matériaux de finition intérieure sont stockés à l'intérieur avant le montage des façades.



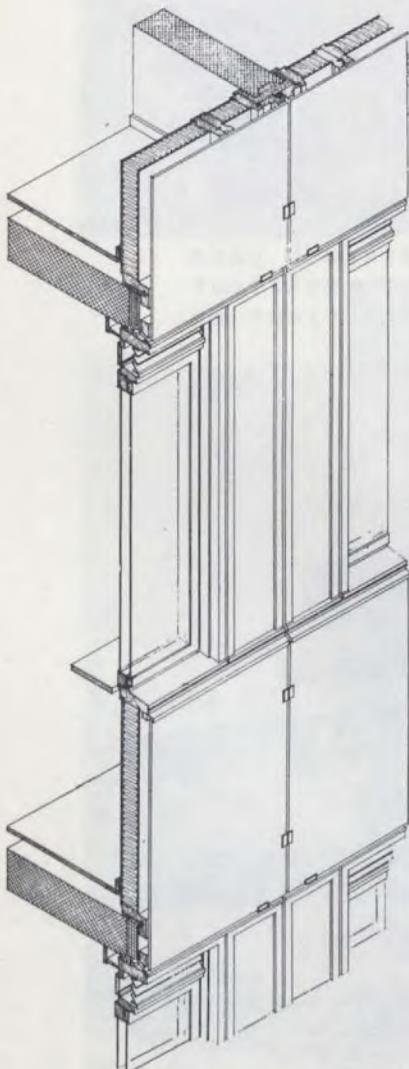
1

2

3

4

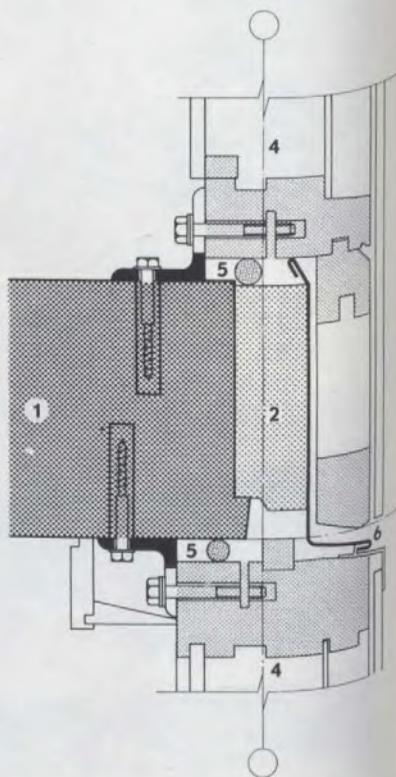
5



Les 5 éléments de base de la façade; échelle 1:50  
 Éléments en 3 largeurs: 90, 120 et 150 cm; ils se prêtent à tous les modèles, en fonction d'un module de base de 30 cm. Il s'agit ici du collectif "Hedegården", qui est une extension du collectif Ballerup-plan, les principes de structure étant les mêmes. Les éléments sont fabriqués dans une usine hautement mécanisée, sur l'île de Fionie et parviennent finis au chantier, y compris les fenêtres, les vitres, la peinture intérieure et extérieure, etc.

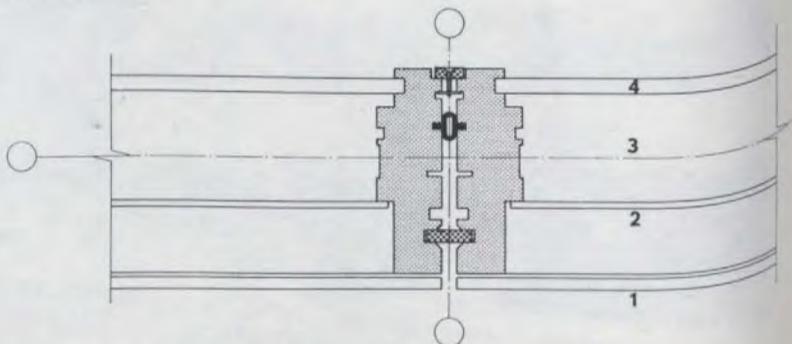
Section verticale, coupe de joint entre les éléments du mur extérieur et la dalle-plancher.

1. Dalle-plancher; 2. Béton isolant léger coulé sur la dalle-plancher; 4. Mur-rideau léger; 5. Joint plastique; 6. Solin de zinc



Joint horizontal entre les 2 éléments légers de mur extérieur; échelle 1:5

1. Parement extérieur, feuille de fibro-ciment; 2. Fibro-ciment ignifuge; 3. Isolant; 4. Panneau en enduit



Construction du mur extérieur

## L'ENTREPRISE DE GLADSAXE

### L'emplacement

L'emplacement a été fourni par les communes de Gladsaxe et de Copenhague. L'aire globale est d'environ 700,000 m<sup>2</sup> dont environ 40,000 m<sup>2</sup> seront construits et environ 160,000 m<sup>2</sup> utilisés pour aménager des routes, des parcs de stationnement et des terrasses; le reste, soit environ 500,000 m<sup>2</sup>, doit être aménagés comme parc public.

### La commune

L'ouvrage est situé dans Gladsaxe qui, avec ses 70,000 habitants, est la septième commune du Danemark. Pour garantir les fonds, la commune souscrira une partie du prêt de troisième priorité garantie par l'Etat. La commune subventionne en outre, à 15 p. 100 du coût, un certain nombre d'appartements réservés à des familles à faible revenu. La commune agit comme client au nom des écoles.

### Le financement

Sans compter les frais de financement, le coût global de l'entreprise serait de l'ordre de 150,000,000 de kr. Les fonds sont assurés au moyen de crédits et de prêts hypothécaires en plus d'un prêt du Byggeriets Realkreditfond s'élevant à 94 p. 100 de l'ensemble. Sur ce dernier prêt, l'Etat garantit la marge entre 65 p. 100 et 94 p. 100 du coût. Les autres 6 p. 100 sont déposés par les locataires.

### Genres d'appartements

Sur 1,921 appartements que comprendra l'ensemble, 14.5 p. 100 ont 1 chambre, 14.5 p. 100 2 chambres, 35.7 p. 100 3 chambres, 25.9 p. 100 4 chambres et 9.4 p. 100 5 chambres, dont la grandeur varie entre 43.8 et 108.3 m<sup>2</sup> (soit environ 470 à 1170 pieds carrés). L'aire de stationnement a été prévue à raison d'une voiture par appartement. Le centre commercial pourra recevoir environ 500 voitures.

### Détails techniques

Le Gladsaxeplanen est un ensemble de construction industrialisée. Par conséquent, la plupart des éléments des bâtiments reçoivent une finition très poussée dans des usines mécanisées et sont montés sur le chantier. Cette méthode a l'avantage d'améliorer la qualité, de réduire les coûts et d'affranchir l'entreprise des conditions climatiques.

Tout de suite après la guerre, l'appartement moyen exigeait 1750 heures-homme de travail. Il n'en faut aujourd'hui qu'environ 1000, réparties à part à peu près égale entre l'usine et le chantier. Le nombre d'heures-homme en main-d'oeuvre spécialisée, sur le chantier, a été réduit des deux tiers, ce qui représente un grand avantage en cette période de rareté de main-d'oeuvre.

Les éléments de charpente sont dessinés à partir d'un module de 30 sur 120 cm (1' x 4'). Les éléments-planchers sont

tout simplement appuyés sur les murs transversaux. Les murs de contreventement longitudinaux assurent la stabilité parallèlement à la façade.

Afin d'assurer la stabilité de l'ensemble et d'éliminer la possibilité de craquement sous la force de grands vents, les joints verticaux des murs transversaux des bâtiments de 9 et de 16 étages sont précontraints au moyen de câbles placés dans les joints horizontaux. Les éléments-planchers sont des dalles cellulaires normalisées et armées, de 18 cm (7") d'épaisseur, 120 cm (4') de largeur et longues d'un multiple de 30 cm (1'). Les éléments-murs sont des unités solides normalisées et sans armature, de 18 ou 15 cm (7" ou 6") d'épaisseur, de 120, 180 ou 240 cm (4', 6' ou 8') de largeur, ayant la hauteur d'un étage. Parmi les unités-planchers (salles de bain, balcons et escaliers), 10 p. 100 ont été dessinées tout spécialement pour cette entreprise, de même que 20 p. 100 des unités-murs (éléments en porte-à-faux pour les balcons, pignons, cages d'escalier et murs longitudinaux).

Le montage se fait à la cadence de quatre appartements par jour.

Les façades à pan de bois léger arrivent toutes peintes, avec vitrage et isolement de laine minérale de 10 cm, en grandeurs allant jusqu'à 5 m<sup>2</sup> (55 pi. c.). Les cloisons légères, prêtes à recevoir un papier, sont livrées munies de rainures pour recevoir la filerie électrique.

Les unités de cloisonnement destinées à chaque appartement sont emballées ensemble.

La tuyauterie est livrée au chantier prête au montage en paquets contenant les tuyaux de trois appartements.

Armoires de cuisine, garde-robes et portes arrivent toutes peintes.

#### Loyers et dépôts

Le loyer mensuel et le dépôt sur un appartement de trois chambres ont été temporairement fixés à 550 kr. et 4,800 kr. respectivement (soit environ \$80 et \$700 U.S.).

On reconnaît deux catégories de familles à faible revenu pour lesquelles ce loyer serait réduit à 490 et 354 kr. (environ \$70 et \$50 U.S.).

#### Délai de construction

Les travaux ont débuté sur le chantier en décembre 1962 et l'érection du premier bâtiment, en septembre 1963. Les locataires ont commencé à prendre possession des logements en février 1964 et l'on comptait terminer le tout en 1966.

On trouvera ci-après un plan d'aménagement de l'ensemble Gladsaxe et le plan d'un appartement type.

## L'ENTREPRISE HEDEGAARDEN

### La commune

L'entreprise a été réalisée à Ballerup qui, avec ses 35,000 habitants, est la cinquième commune de la banlieue de Copenhague.

### Le financement

Le coût global de l'entreprise, compte non tenu des frais de financement, est censé s'élever à environ 117,000,000 de kr.

### Loyers et dépôts

Le loyer mensuel et le dépôt sur un appartement de trois chambres de 81 m<sup>2</sup> (875 pi. c.) seront temporairement fixés à 615 kr. (sans compter le chauffage central) et 6,700 kr. respectivement. (Environ \$85 et \$940 U.S.). Pour les familles à faible revenu, ce loyer sera réduit à 540 kr. (environ \$75 U.S.).

### Genres d'appartements

Des 1,752 appartements que comprend l'ensemble, 11.5 p. 100 ont 2 chambres, 67.5 p. 100 3 chambres, 21 p. 100 4 chambres dont la grandeur varie de 63 m<sup>2</sup> à 91 m<sup>2</sup> (environ 680 pi. c. à 980 pi. c.) (aire brute, balcons non compris). Tous les bâtiments sont des constructions de quatre étages sans ascenseur. L'espace de stationnement a été calculé à raison d'une voiture par appartement.

### Détails techniques

L'ensemble "Hedegaarden", réalisé par les procédés de construction industrialisée, est un prolongement de l'entreprise Ballerup. La plupart des éléments de ces maisons d'appartements sont produits avec une finition très poussée dans des usines mécanisées, et assemblés à pied d'oeuvre. Cette mécanisation relève la qualité, réduit les coûts et est à l'abri des intempéries.

Au lendemain de la guerre, l'appartement moyen exigeait pour sa réalisation 1,750 heures-homme. Ce délai a été réduit à 900 heures-homme, qui se répartissent à peu près également entre l'usine et le chantier. Les heures-homme en main-d'oeuvre spécialisée sont réduites des trois quarts, ce qui milite largement en faveur de la construction systématique en cette période de rareté de main-d'oeuvre.

Les éléments de charpente sont dessinés à partir d'un module de 30 cm x 120 cm (1' x 4'). Les éléments-planchers ne sont qu'appuyés sur les murs transversaux. Les murs de contreventement longitudinaux assurent la stabilité dans une direction parallèle à la façade.

Les éléments-planchers sont des dalles cellulaires normalisées en béton armé, de 18 cm (7") d'épaisseur, 120 cm (4') de largeur et d'une longueur qui est un multiple de 30

cm (1'). Les éléments-murs sont des unités solides normalisées en béton non armé, de 15 cm (6") d'épaisseur, de 240 cm (ou 120 cm) (8' ou 4') de largeur, et de la hauteur d'un étage. 18 p. 100 des éléments-planchers (salles de bain, balcons et escaliers) et 17 p. 100 des unités-murs (pignons et murs longitudinaux) sont dessinés tout spécialement pour cet ensemble collectif.

Le montage se fait à la cadence de cinq appartements par jour.

Les façades légères, en pan de bois, sont livrées toutes peintes avec vitrage et isolement de 10 cm de laine minérale, en grandeurs allant jusqu'à 5 m<sup>2</sup> (55 pi. c.). Les cloisons légères, prêtes à recouvrir de papier, sont livrées avec des rainures pour la filerie électrique.

Les éléments de cloisonnement de chaque appartement sont dans un même emballage.

La tuyauterie est livrée au chantier prête au montage, les parquets contenant tous les tuyaux de deux appartements.

Les armoires de cuisine, les garde-robes et les portes arrivent peintes.

#### Délais de construction

Le travail sur le chantier a débuté en juin 1964 et l'érection du premier bâtiment, en mars 1965. Les appartements ont pu être occupés à partir de septembre 1965 et l'on devait achever le tout en 1967.

Observations générales

1. Modulbeton est formée des sociétés suivantes:

La Société Jespersen

propriétaire de toutes  
les usines et chargée  
de la production de tous  
les éléments.

P.E. Malmstrom

Ingénieurs-conseils. Ils  
sont la pensée du groupe et  
se chargent de toutes les  
études, de la planification  
et de la coordination du  
chantier.

2. Etant subventionné, le logement industrialisé jouit, au Danemark, d'un avantage sur la construction traditionnelle.
3. Pour les unités normalisées, l'usine Jespersen a une capacité de douze appartements par jour, à deux équipes de 32 hommes chacune. L'usine produit 800 m<sup>2</sup> d'unités-planchers et 500 m<sup>2</sup> d'unités-murs. La capacité annuelle est de 2,500 appartements. L'automatisation est très poussée. A la grande production de l'usine s'allie l'excellente qualité des panneaux finis. Le contenu en main-d'oeuvre est de 0.40 heures-homme par 40 m<sup>2</sup>, y compris le temps du contremaître, de l'équipe d'entretien, etc.
4. L'organisation du chantier est bien planifiée. L'ensemble Gladsaxe est fort impressionnant par son plan ainsi que le nombre et la taille des bâtiments. De l'ensemble Hedegaarden, nous avons aussi remarqué l'aménagement et le travail d'urbanisme.

5. Productivité du chantier:

Heures-homme par appartement de 85 m<sup>2</sup> ou 920 pi. c.

Heures-hommes au chantier	Spécialisés	Spéciaux	Total
Construction traditionnelle	1,040	410	1,450
Construction mixte (traditionnelle et industrialisée)	730	310	1,040
Construction industrialisée	260	260	520
Procédés Jespersen	189.5	197.5	387

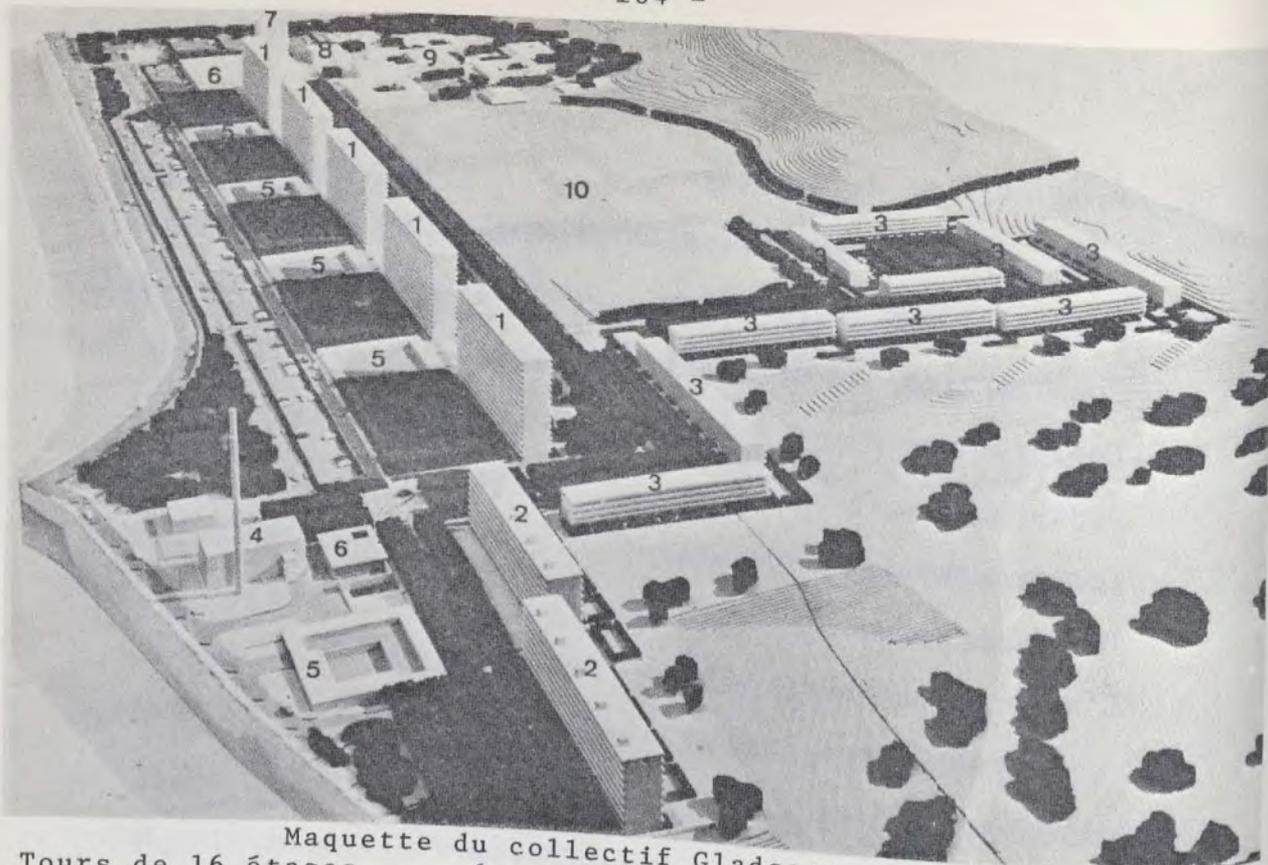
L'appartement moyen a 85 m<sup>2</sup> ou 920 pi. c.

Nous avons rendu visite au détenteur de licence de la Jespersen à Halsenberg (Suède), la société A. Betong.

L'usine a coûté 2 millions de dollars et elle est sans doute l'une des meilleures que nous ayons visitées. Très bien aménagée, elle possède aussi un excellent équipement.

Nous avons aussi visité le chantier d'un ensemble de 435 appartements en construction.

Les conventions de licences se négocient avec le groupe Modulbeton.



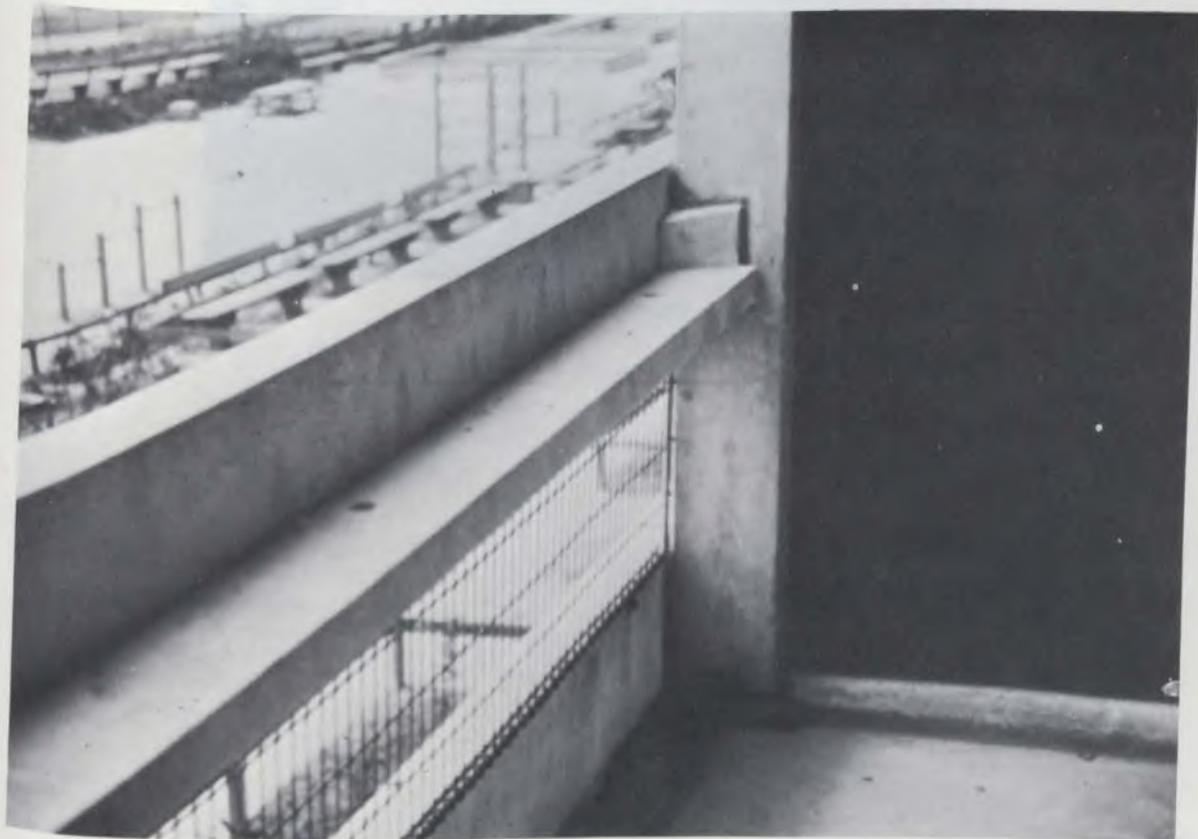
- Maquette du collectif Gladsaxe
1. Tours de 16 étages
  2. Tours de 9 étages
  3. Tours de 4 étages
  4. Chaufferie
  5. Stationnement et garage
  6. Centre commercial
  7. Immeuble de 9 étages: bureaux, cliniques, etc.
  8. Eglise
  9. Ecoles
  10. Terrains de jeux



Gladsaxe - Les appartements étaient occupés dès qu'ils étaient prêts. Le premier locataire a emménagé 19 semaines après le début des travaux d'érection, et le dernier le fit 12 semaines plus tard. Il s'est écoulé 31 semaines entre la mise en place des premiers éléments et l'emménagement du dernier locataire.



Gladsaxe - Façade à balcons, bâtiment de 16 étages



Gladsaxe - Détails d'un balcon



Gladaxe.

A.B. SKANSKA CEMENTGJUTERIET  
LE SYSTÈME BLOC-EQUIPEMENT

Skanska Cementgjuteriet  
Division Allbeton  
Hjal Marekajen 3-5  
Malmo 1  
Suède

Fondée en 1887, la société Skanska Cementgjuteriet est depuis longtemps l'une des principales sociétés européennes de construction. Ayant toujours été associée à des entreprises de fabrication de ciment, elle s'est surtout spécialisée dans la mise au point de constructions en béton de tous genres.

Elle exploite aujourd'hui 40 usines de produits de béton et produit 97 p. 100 de tout le ciment de Suède (80 millions de barils).

De la fabrication de produits en béton, son activité s'est progressivement étendue à tout le domaine de la construction et du génie civil. Ses travaux ont longtemps consisté en l'aménagement de grandes routes et d'aéroports, la construction de ponts, d'installations portuaires, de centrales d'énergie, d'immeubles de logement et de bâtiments industriels de tous genres, ainsi qu'en bâtiments d'entreposage. Hautement mécanisée, la Skanska Cementgjuteriet a également été la première à utiliser des techniques remarquables et de nouvelles méthodes de construction.

Jusqu'au lendemain de la deuxième guerre mondiale, l'activité de cette compagnie se confinait en grande partie à la Scandinavie. Elle réalise aujourd'hui des travaux à la grandeur du monde. Son volume d'affaires, en 1965, dépassait 300 millions de dollars et elle avait à son emploi 17,500 personnes.

Parfaitement rompue à tous les genres de marchés du domaine de la construction et du génie civil, elle a tendance à se charger du dessin et des études techniques tout aussi bien que de la construction.

Elle conclut des marchés du genre "global" et possède à la fois les moyens financiers et les ressources en personnel qui lui permettent de se charger de réalisations complètes, depuis les études préliminaires et les dessins jusqu'à la remise d'installations parachevées.

#### LE SYSTEME BLOC-EQUIPEMENT

La Skanska Cementgjuteriet a mis au point la production en grande série d'une unité qui s'appelle "Hjarat", c'est-à-dire bloc-équipement. Il s'agit d'une unité préfabriquée qui comprend le chauffage central au mazout, la salle de bain, le w.c., la cuisine et les installations de plomberie et d'électricité.

Les photographies et les dessins ci-après illustrent l'aménagement générale et les procédés de production des unités. L'expérience a montré que le bloc-équipement réduit le coût de construction. La production massive d'une même unité revient évidemment moins cher que l'exécution de tous les travaux sur le chantier comme nous le faisons, par exemple, au Canada suivant nos méthodes traditionnelles. Les codes et règlements de construction du Canada constitueraient un

très grand obstacle à l'utilisation d'une telle unité préfabriquée. La Suède offre pourtant la preuve que c'est possible.

Le bloc-équipement comprend la salle de bain, le w.c., la chaufferie et une partie de la cuisine tout équipés. La salle de bain contient une baignoire et un lavabo. Le w.c. comprend la toilette, un lavabo et un bidet. La chaufferie renferme la chaudière chauffée au mazout, tous les contrôles, le panneau d'électricité et les accessoires. La partie cuisine comprend l'évier, les armoires murales, la cuisinière électrique et le ventilateur électrique. Les appareils d'éclairage sont déjà munis d'ampoules, on va jusqu'à mettre un rouleau de papier hygiénique sur le support réservé à cette fin.

Dans ce système, toutes les surfaces sont complètement finies. Planchers, murs et plafonds sont en béton. Les dimensions de l'unité sont de 7 pi. et 4 po. sur 14 pi. et 2 po.

La fabrication se fait sur des rails spéciaux de production: il y en a cinq séries, trois parallèles réservées à la production, une à l'entreposage et une au montage. Elles sont reliées par deux séries transversales, une à chaque extrémité des rails de production. Ceux-ci sont ainsi reliés aux rails d'entreposage. Chaque chaîne de production comporte

neuf postes de travail, chacun correspondant à une journée de travail. Tous les objets à incorporer sont préfabriqués au dehors. La menuiserie, les chaudières, les brûleurs, etc. arrivent par camion dans des containers spéciaux et sont placés sur une aire d'entreposage, ce qui évite des frais de manutention. Les unités elles-mêmes reposent sur des chariots qui se déplacent sur les chaînes de production. Au bout de huit jours, le bloc est prêt à aller rejoindre l'aire d'entreposage, par la voie transversale, et à être transporté par remorque au chantier de construction. Le chariot de production peut regagner la chaîne de production.

Fabrication: Les unités sont fabriquées dans une usine située à Eslov, dans le district de Skane, dans le sud de la Suède, par des méthodes qui ressemblent fort à celles de l'industrie de l'automobile.

La production est organisée autour de plusieurs chaînes de production distinctes munies de rails. Les blocs sont réalisés sur des chariots spéciaux se déplaçant sur les rails.

Chaîne de production: Les chariots passent par neuf différents postes de production.

Poste 1. - On coule la dalle de plancher en béton armé. Le coulage se fait à l'envers, ce qui permet d'obtenir une pente suffisante vers le drain de plancher placé au centre

de la salle de bain et de réaliser un plancher parfaitement lisse, n'exigeant aucun autre traitement. Le coffrage est chauffé à l'électricité pour accélérer le séchage. Le drain de plancher, les serpentins de chauffage, les tuyaux d'eau froide, la tuyauterie de la chaudière, les raccords de fixation, etc. sont tous intégrés dans la dalle.

Poste 2. - La dalle de plancher, qui est alors sèche, est retournée au moyen d'un dispositif spécial. Les coffrages en acier des murs et du plafond sont mis en place sur la dalle. Les douilles de fixation du panneau d'électricité, du miroir de la salle de bain, de la toilette, de la baignoire, de la douche, des éviers, des barres à serviettes, des fenêtres, des portes, des armoires murales et de l'appareillage électrique sont tous fixés au coffrage. Il y en a en tout quelque 200, et la position de chacune est déterminée par des trous percés dans les coffrages. Les conduits d'électricité et les boîtes de jonction sont aussi encastrés. Le coulage des murs et des plafonds se fait au poste 2 et le chariot passe ensuite au poste 3.

Poste 3. - Décoffrage.

Poste 4. - Pose de la filerie dans les conduits en métal. On utilise un code de quatre couleurs.

Poste 5. - Les surfaces de béton sont d'abord bouchées puis vaporisées avec un apprêt spécial au ciment mélangé.

Poste 6. - Finition de la surface. La première couche de peinture est vaporisée, et la couche de finition est appliquée à la main.

Poste 7. - Installation de la chaudière et raccord de la tuyauterie. Pose des couvre-parquets. Installation des cadres de portes.

Poste 8. - Mise en place des installations sanitaires: baignoire, w.c., lavabos, appareils. Pose du panneau d'électricité.

Poste 9. - Pose de l'évier en acier inoxydable, des armoires de plancher et des armoires murales dans la cuisine, installation et raccord de la cuisinière électrique. Mise en place des ventilateurs et des grillages ainsi que des portes de la salle de bain et de la chaufferie. Pose des douilles, des appareils d'éclairage et des ampoules. Vérification des installations électriques et de l'approvisionnement en eau chaude et en eau froide. Essayage du brûleur à pétrole, derniers détails de finition et inspection.

Entreposage: Enveloppée de plastique, l'unité finie est placée sur une voie spéciale de stockage en attendant la livraison au chantier; le chariot est renvoyé au poste 1.

La vitesse de production est limitée par le temps qu'il faut accorder à la prise du béton. L'usine produit donc six unités par semaine et par chaîne. Chacune des

chaînes de production compte douze hommes. Le travail étant répétitif, ces hommes n'ont pas besoin d'être spécialisés.

Tout ce qui doit être installé dans les unités est préfabriqué par les filiales ou par des sous-traitants. Tous les tuyaux et les conduits arrivent pliés d'avance et filetés. Toutes les boiseries sont finies et le linoléum coupé aux dimensions voulues. Les divers éléments à poser sont commodément emmagasinés à proximité du poste d'assemblage et y sont déposés par des moyens auxiliaires de levage.

Le bloc-équipement coûte environ 14,000 kr. suédois, soit \$3,000 canadiens. Ce prix comprend le coût d'installation dans la maison à bâtir, mais non le transport, qui est d'environ \$20 les 100 milles.

#### Données générales

Coût de l'usine	- environ 2.5 millions de dollars
Capacité	- 5 unités complètes par jour 25 unités complètes par semaine
Main-d'oeuvre	- 70 en usine
Taux de salaire	- \$2.50 à \$3 l'heure

Nombre d'heures-homme nécessaires à la production de l'unité:

(1) méthode traditionnelle	1,100 heures-homme
(2) procédé "bloc-équipement"	<u>120</u> heures-homme
Economie de temps	980 heures-homme

Volume d'affaires \$2,000,000 par an

Droit de concession 350 kr (\$70) l'unité

L'usine de production du bloc emploie des techniques d'industrialisation des plus avancées.

La productivité est très élevée, étant donné que les unités progressent sur la base d'une chaîne de montage et qu'on observe ainsi des horaires très rigoureux.

L'exécution, dans les diverses spécialités, est excellente.

Érection de l'unité - La méthode d'érection est la suivante: les fondations sont mises en place de manière à faire reposer l'unité sur une base de conception spéciale. Elle est transportée au chantier par camion et mise en place au moyen d'une grue. L'approvisionnement en électricité et en eau et les canalisations d'égoût sont branchés et le reste du bâtiment est réalisé autour de cette unité en n'importe quels matériaux, brique, béton poreux, pierre, etc., suivant les désirs de l'architecte. Même si les positions relatives de la cuisine, de la salle de bain et de la chaufferie sont fixes, on peut construire un nombre quasi infini de maisons fort différentes les unes des autres en se servant de ce bloc-équipement.

La méthode (globale) "corpus": La mise au point du procédé "bloc-équipement" a amené la production d'unités

"globales" spéciales destinées à compléter les blocs-équipement pour donner des maisons complètes.

Ces unités, en béton, se fabriquent en usine aux dimensions d'une pièce par la méthode de la courroie sans fin comme pour les blocs-équipement.

Chaque chaîne de production se subdivise en six postes. Aux trois premiers, on coule le plancher, les murs et les plafonds. Les finitions de surface s'appliquent aux postes 4 et 5, tandis que les accessoires sont incorporés au poste 6.

Les unités sont transportées de l'usine au chantier soit sur des remorques spéciales ou, lorsqu'il s'agit de longue distance, par rail. Chaque unité "corpus" repose sur des blocs en béton placés aux quatre coins. On a recours à des supports réglables spéciaux qui permettent de la caler bien de niveau. Les fondations sont faites d'une couche de béton, d'une feuille de polyéthylène suivie d'une mince couche de gravier et d'au moins 8 pouces de laine minérale comme isolant thermique. Le plancher proprement dit est en béton de 4 pouces avec tubes de chauffage à l'eau chaude encastrés en usine. Les murs extérieurs sont en béton de 4 po. d'épaisseur, isolés à l'extérieur par 4 po. de laine minérale et recouverts des matériaux de finition, qui peuvent être des dalles de béton de parement, de la brique, du bois, du fibro-ciment, etc.

Les cloisonnements entre les pièces sont formés de deux panneaux de béton de 2½ po. d'épaisseur séparés par une couche d'air de 3/4 de pouce. On a constaté que cette construction améliore énormément l'isolation phonique et on la recommande pour la construction de collectifs multi-familiaux.

Comme c'est la coutume en Suède, les plafonds sont en béton solide, épais de 4 pouces, avec une couche isolante très épaisse de fibre de verre (environ 8 po.). Le toit est préfabriqué en six sections, des trous pour les tuyaux et les cheminées y étant ménagés.

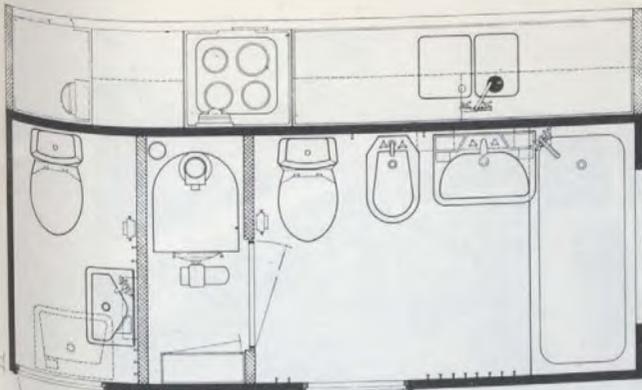
On a construit une maison expérimentale à Eslov dans le sud de la Suède, qui comprend dix unités "corpus" et offre une aire de plancher d'environ 1,000 pi. c. sans compter le lavoir, l'espace d'entreposage et la chaufferie. Commencée à 6 h. du matin le 29 août 1961, la maison était coiffée du toit le même jour, à 7h30 du soir. Les travaux de finition ont pris trois autres journées et, le soir du 1<sup>er</sup> septembre 1961, la maison pouvait être occupée. Signalons que la planification du travail et du temps s'est effectuée en supposant des conditions et des vitesses de travail normales.

On pourra constater sur la photographie ci-après la présentation attrayante de ces maisons achevées, qui sont loin d'avoir l'allure de bâtiments préfabriqués.

Le procédé "corpus" sert à la construction de résidences pour étudiants à l'université Lund en Suède.

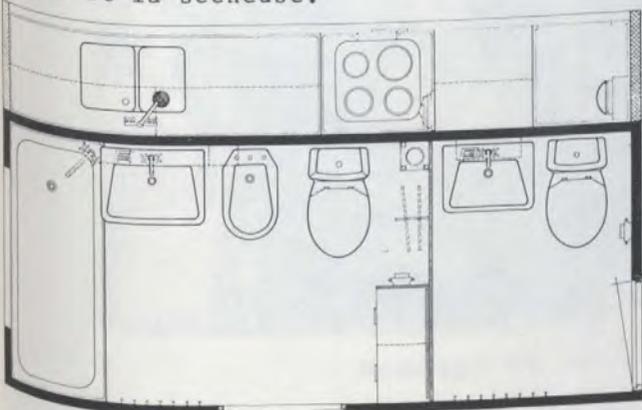
Ces résidences, comme on le verra sur la photographie, sont très pratiques et très attrayantes.

Le coût de chacune est d'environ \$4,800 et le loyer est de \$400 par année, tous services compris.



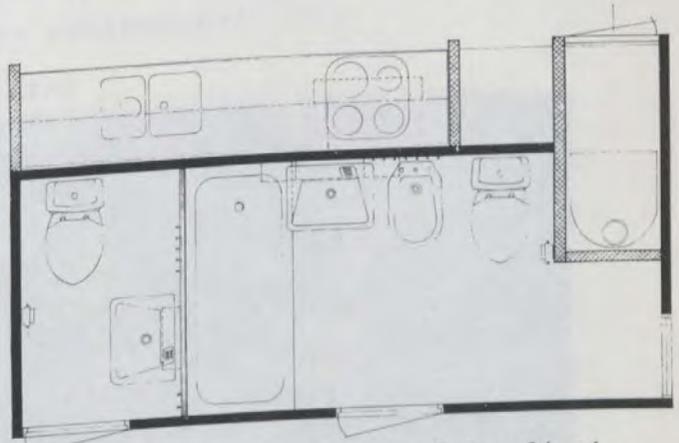
Bloc adaptable selon les besoins

Bloc modèle 4. Dimensions 7.9 x 14 pi.  
Salle de bain spacieuse et mur-cuisine  
tout équipé, y compris la machine à  
laver et la sècheuse.

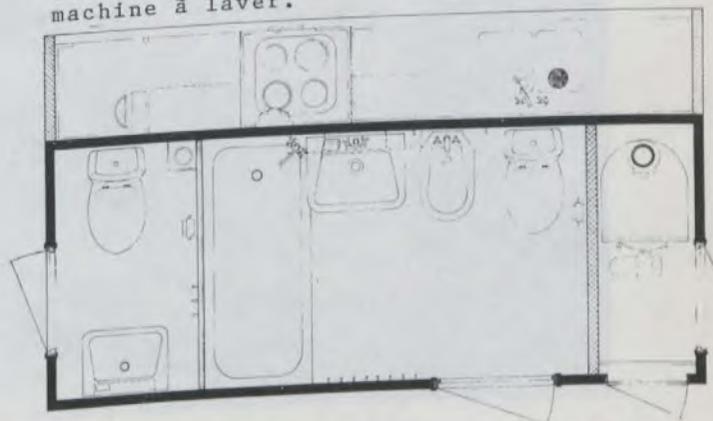


Bloc modèle 7. Dimensions 7.9 x 13.4 pi.  
La cellule-calorifère étant une unité  
séparée, il reste plus d'espace pour la  
salle de bain et le w.c. et une coiffeuse.

Bloc adaptable selon les besoins

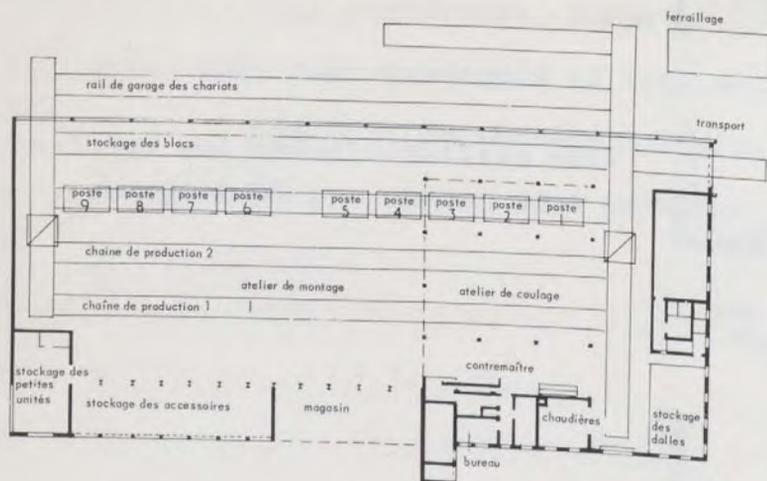


Bloc modèle 8. Dimensions 7.9 x 14 pi.  
Grand évier, salle de bain spacieuse et  
machine à laver.



Bloc modèle 10. Dimensions 7.9 x 14 pi.  
Grande salle de bain et mur-cuisine tout  
équipé, y compris la machine à laver et la  
sècheuse.

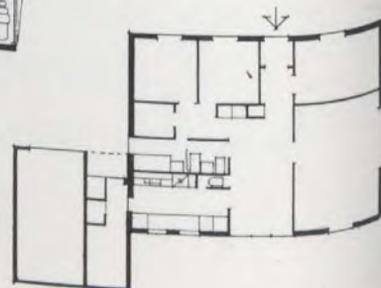
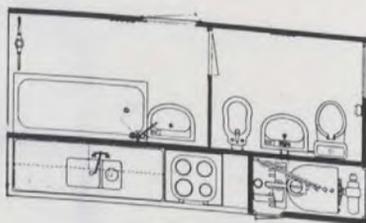
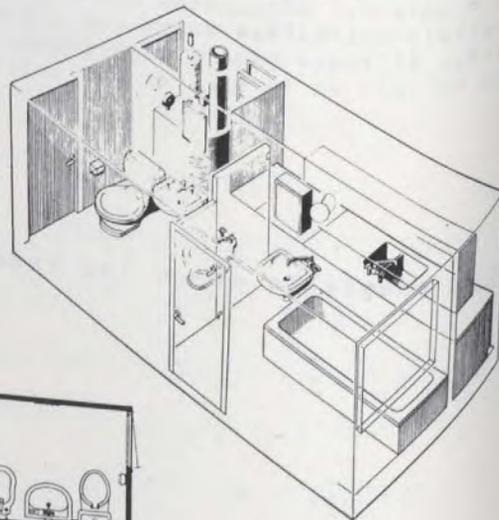
### Plan d'une cour de coulage de blocs



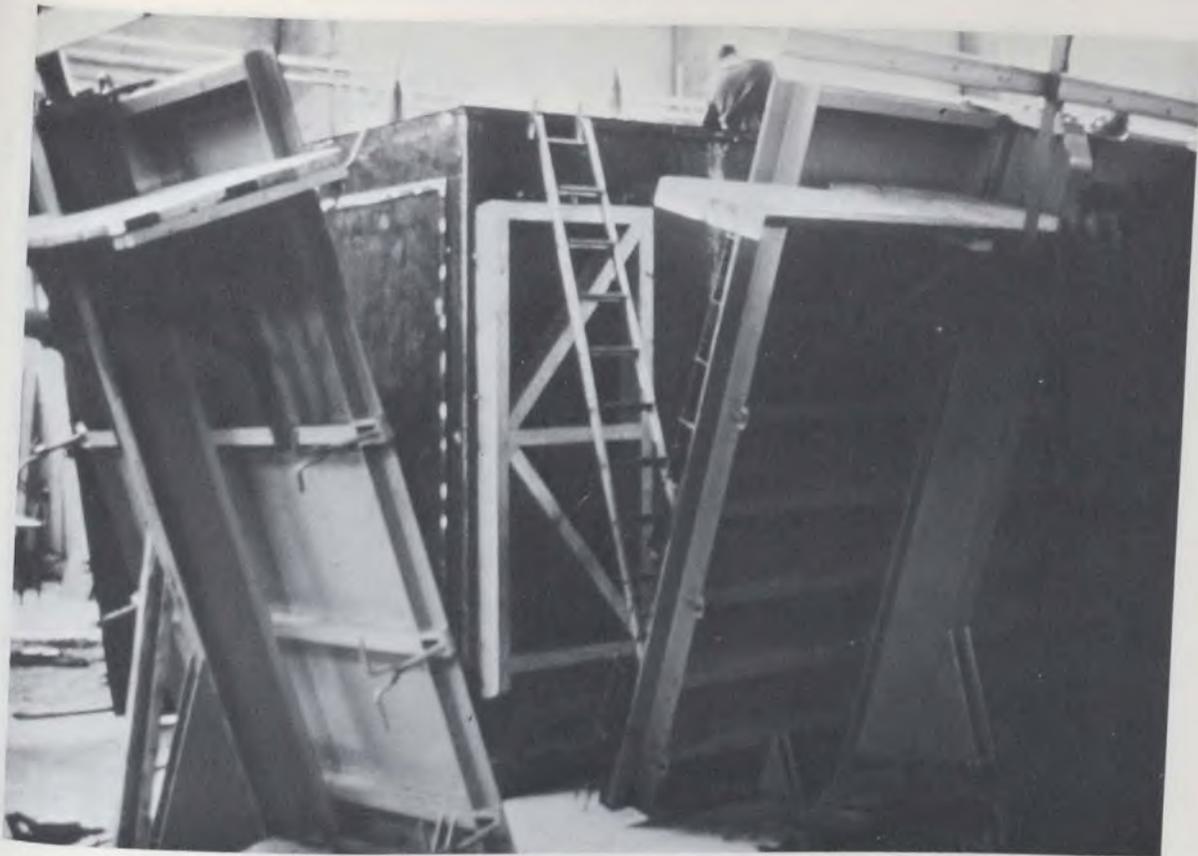
Plan de l'usine de fabrication et de montage de blocs à Eslov.

### Intérieur d'un bloc tout équipé

Vue isométrique des installations compactes



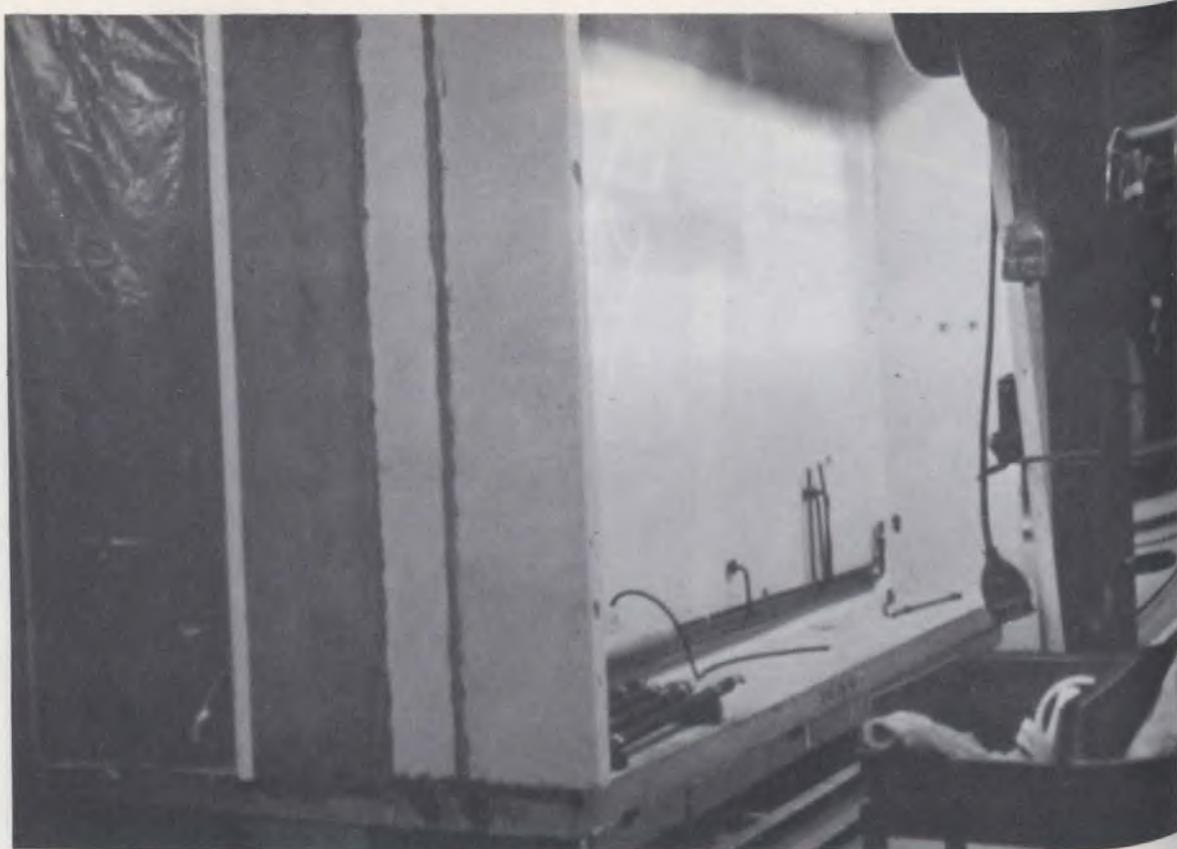
La vue isométrique et le plan font voir l'agencement compact dans le bloc. Tout l'équipement est réduit dans un espace de 7 pi. 4 po. sur 14 pi. 2 po. A droite, plan d'une maison typique à bloc-équipement.



Montage de moule de précoilage.



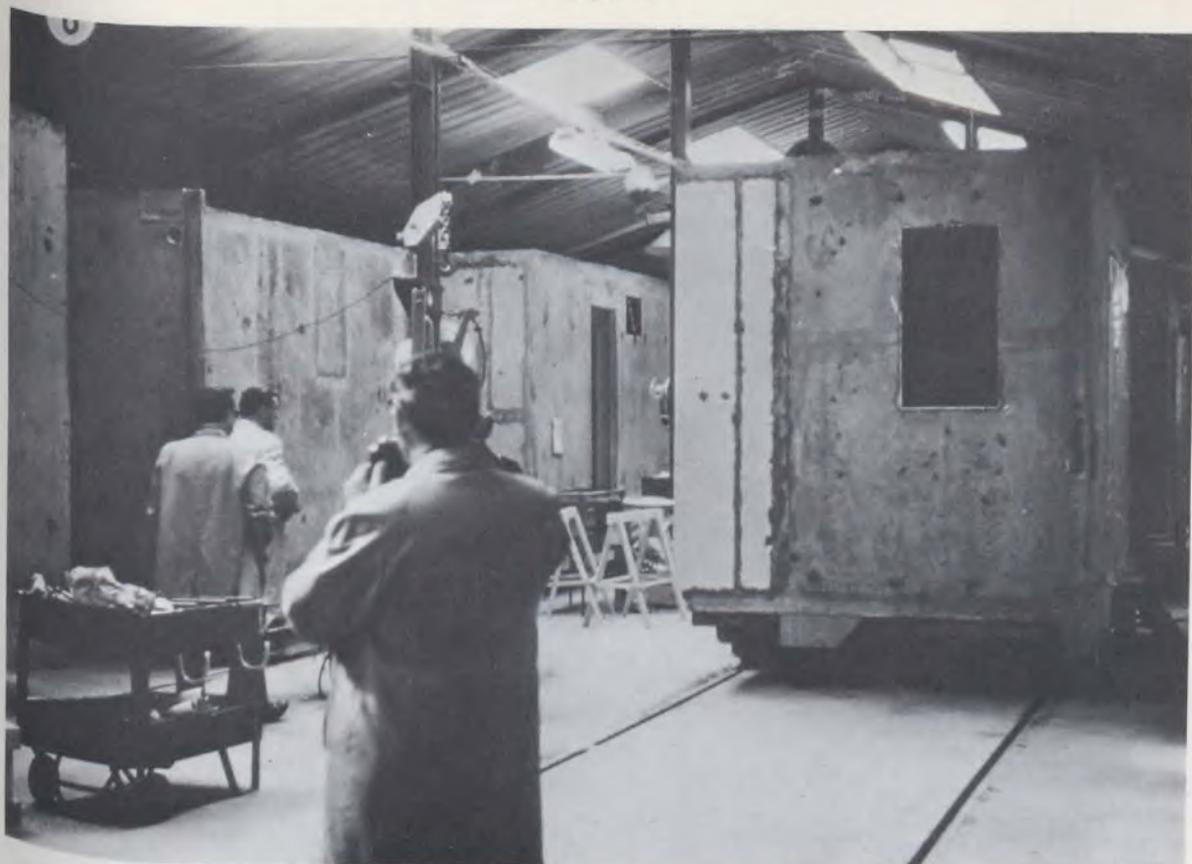
Un ouvrier fait des retouches avant de peindre.



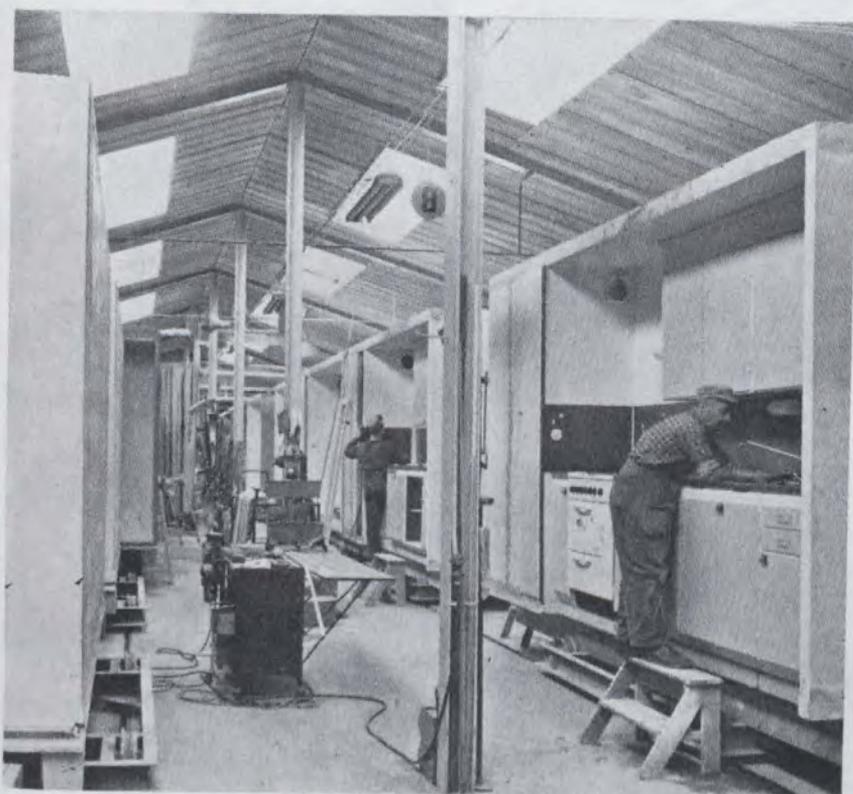
Conduits d'eau chaude et d'eau froide et égout en voie d'installation



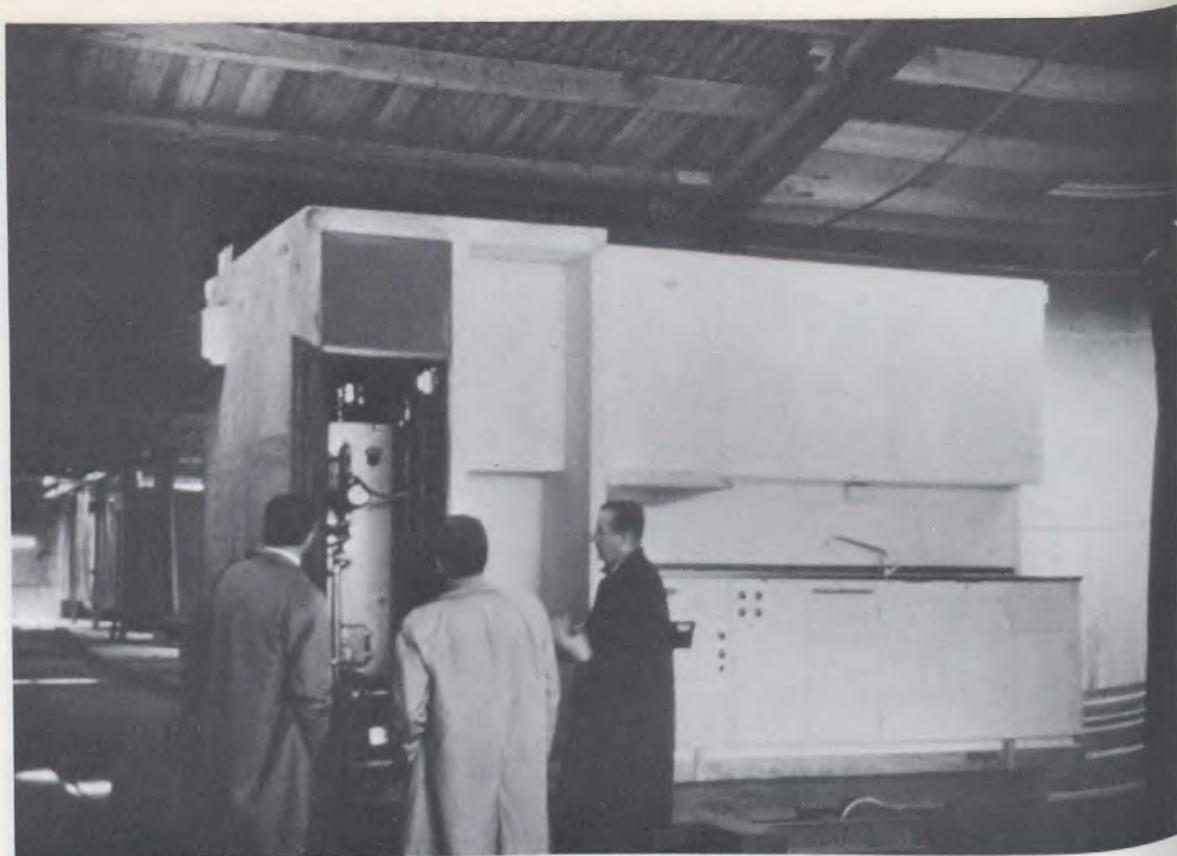
Bloc terminé



Blocs au poste 8 de la chaîne de montage



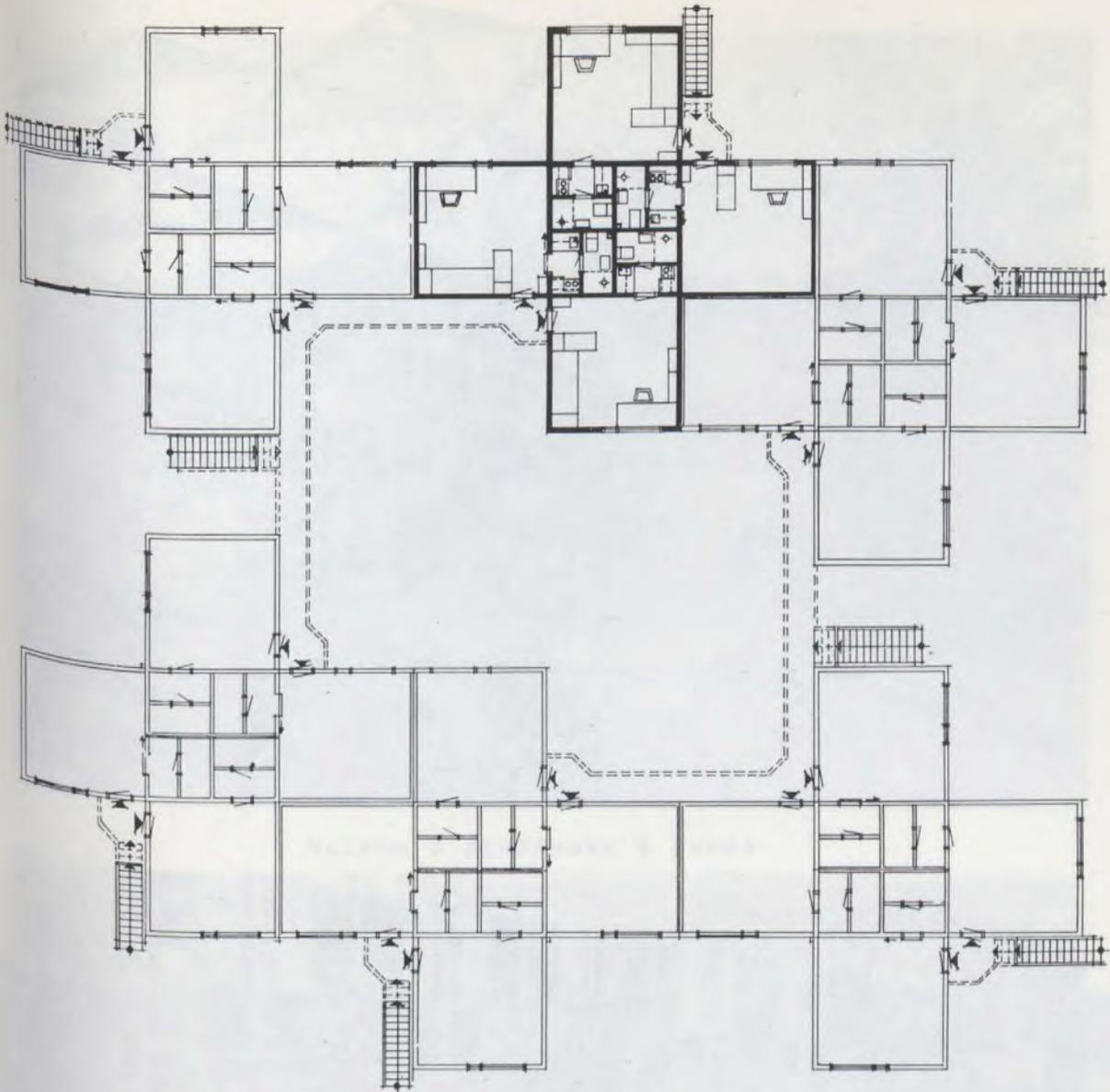
Blocs sur la chaîne de montage



Stockage - blocs prêts à être expédiés

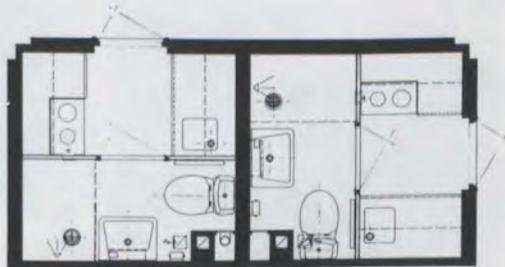


Inspection des blocs

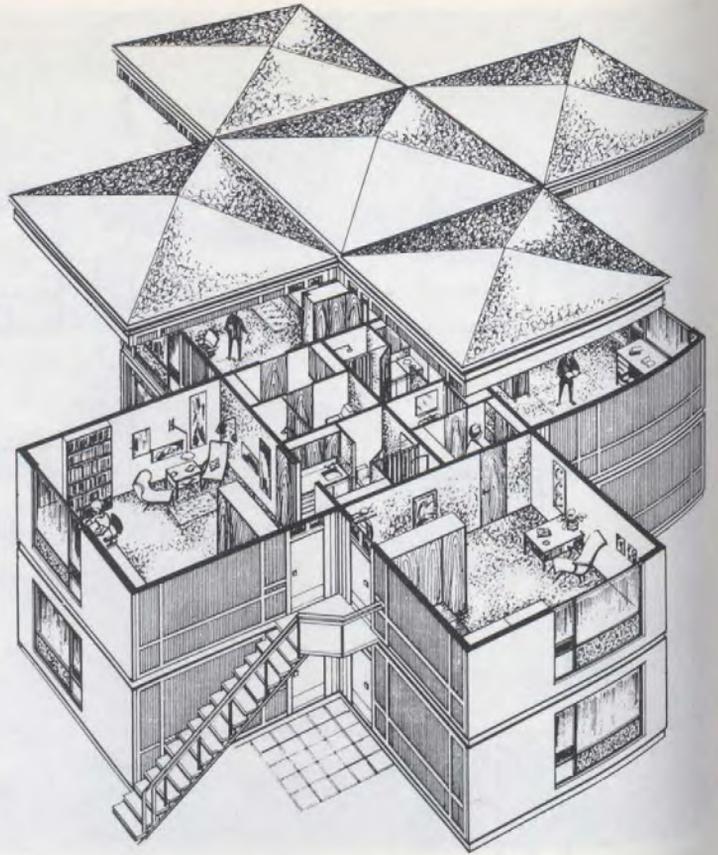


Plan de maison d'étudiants équipée de blocs corpus

Plan d'un bloc corpus



Vue isométrique d'une maison  
d'étudiants équipée de blocs  
corpus



Bloc corpus en place



Maison d'étudiants à Lundz



Intérieur d'une chambre d'étudiant



Intérieur d'une chambre d'étudiant



LA SOCIÉTÉ TRACOBA  
LE PROCÉDÉ TRACOBA N° 1

TRACOBA  
a/s L'Omnium technique (OTH)  
254, rue de Bercy  
Paris 13<sup>e</sup>, France

TRACOBA

La société TRACOBA est une maison d'ingénieurs-conseils constituée pour participer à la planification d'usines d'industrialisation chargées de la production d'éléments pré-coulés destinés à des ensembles collectifs à plusieurs étages.

Cette filiale, propriété exclusive de l'Omnium Technique OTH, 18 boul. de la Bastille, Paris 12<sup>e</sup>, France, est l'une des plus importantes maisons d'ingénieurs-conseils de France engagées dans la construction et le dessin de maisons, d'hôpitaux, d'écoles, d'usines, de laboratoires, de travaux publics, etc.

Dans le procédé de préfabrication Tracoba, on utilise des murs transversaux porteurs et des dalles-façades non porteuses.

Les murs intérieurs porteurs sont faits de panneaux ayant jusqu'à 22 pieds de long. Les murs transversaux et longitudinaux sont faits de la même façon. Aucun mur extérieur n'est porteur, ce qui offre l'avantage de laisser l'architecte parfaitement libre dans la conception. Les murs extérieurs peuvent avoir de grandes baies vitrées, loges ou balcons sans que la charpente du bâtiment soit modifiée. Le procédé a servi jusqu'ici à la construction de collectifs ayant jusqu'à 23 étages.

### Unités-murs et unités-planchers

Simple, les unités-murs et planchers sont habituellement fabriquées sur une aire de coulage attenante au chantier, tandis que les unités plus complexes de façade et autres unités se fabriquent dans une usine temporaire de chantier, recouverte et placée le plus près possible des bâtiments. En béton armé, les murs porteurs intérieurs ont en général environ six pouces d'épaisseur. Les conduits destinés à la filerie, les gaines de chauffage et la plomberie sont intégrés dans la masse et les surfaces reçoivent une finition qui n'exige aucun enduit. Les unités-murs sont manutentionnées à pied d'oeuvre par une grue qui les soulève par des boucles de l'armature en saillie sur la rive supérieure des panneaux.

D'un dessin spécial, les dalles sont munies, sur les côtés, de quatre tenons tout spécialement renforcés pour porter le poids des unités. Celles-ci sont déposées sur les murs de façon à porter sur ses quatre tenons. Il reste ainsi passablement d'espace sur les côtés, qu'on peut remplir d'un béton de grande densité, tassé par vibration.

Ce mode de jointoyage offre un avantage considérable sur les autres méthodes en ce qu'il permet de réaliser une liaison parfaitement solide entre le mur et le plancher, tout en laissant assez d'espace entre les éléments pour permettre d'y couler un béton de grande densité et de le tasser par

vibration. On obtient ainsi un meilleur joint monolithique qu'en utilisant uniquement une légère couche de mortier au ciment. L'armature des différentes unités, se prolongeant dans le joint, assure une liaison parfaitement solide de toute la structure.

Autre avantage de ce procédé, le jointoyage au béton peut être réalisé après que d'autres étages ont été ajoutés au bâtiment, ce qui facilite singulièrement la tâche en période de mauvais temps.

En fait de coffrage, il suffit d'utiliser de minces tringles de bois supportées par en-dessous dans les angles formés par les murs intérieurs et la soffite. Une fois le béton durci, les coins sont retouchés, on remplit les alvéoles laissés à la surface des murs par les bulles d'air et les murs intérieurs peuvent ensuite être finis, soit au papier peint soit à la peinture.

En plus des murs porteurs intérieurs, qui constituent l'ossature longitudinale et transversale du bâtiment, on prévoit un certain nombre de murs de cloisonnement précoulés, non porteurs. En France, ces cloisons se fabriquent avec des unités de "gypsolith". Tous les cadres de portes sont encastrés dans le béton, comme d'ailleurs les tenons et les raccords de l'équipement sanitaire. Les éléments des cages d'escalier et d'ascenseur sont aussi précoulés. Les

ascenseurs eux-mêmes sont mis en place en cours de montage du bâtiment.

### Murs-façades

Ces panneaux sont fabriqués dans des moules spéciaux pivotant sur 80 degrés dans l'usine temporaire adjacente au chantier. La surface du moule étant nettoyée, les matériaux de finition, qui peuvent être de la céramique ou du carrelage de verre ou tout autre matériau de finition, sont placés au fond des moules. Les gaines de ventilation, les cadres de fenêtre et autres accessoires à incorporer dans la façade sont aussi placés dans le moule. On coule ensuite une mince couche de mortier pour assurer la liaison des carreaux ou de la mosaïque, puis une couche de béton armé. Vient ensuite une couche de béton cellulaire, ou une couche de polystyrène expansé comme isolant thermique.

La couche de béton de revêtement intérieur est coulée sur le polystyrène expansé ou le béton cellulaire; la rigidité des unités est assurée par la liaison transversale du réseau d'armature. Les fers de liaison sont encastrés dans la couche du mur intérieur en même temps que l'armature intérieure. Il s'agit de lames de métal qui dépassent les extrémités des unités.

Vu en coupe, le mur de façade offre les caractéristiques suivantes: alignement extérieur des carreaux, de la

mosaïque ou de l'agrégat servant de finition; trois pouces de béton armé, 1 3/4 po. de polystyrène expansé ou 4 1/2 po. de béton cellulaire; 2 po. de béton armé. Comme pour les autres murs, la surface intérieure est assez lisse pour se passer d'enduit.

Au montage, les lames de métal des panneaux-façades viennent s'appuyer sur des étriers d'acier encastrés aux endroits voulus dans les bords des murs extérieures. Les deux sont ensuite soudés ensemble à l'arc électrique. L'étanchéité des panneaux est assurée par des bandes collées aux unités pendant qu'elles sont en stockage. Les interstices entre les panneaux-façades sont remplis de polystyrène expansé, afin d'assurer un bon isolement des joints. On monte ensuite des coffrages intérieurs sur les joints et dans les coins. L'espace est rempli de béton gras qui est tassé au vibreur pour en assurer la solidité. On insère dans les joints, entre le mur et le plancher, du polystyrène expansé qui, encore là, joue le rôle d'isolant thermique et bouche le joint de façon permanente. Vient ensuite s'ajouter le béton tassé par vibration.

#### Détails de finition

En France, le chauffage est le plus souvent assuré par l'eau chaude provenant d'une chaufferie centrale. Le procédé se prête cependant à l'intégration du chauffage électrique sous le plancher ou du chauffage de l'espace ambiant

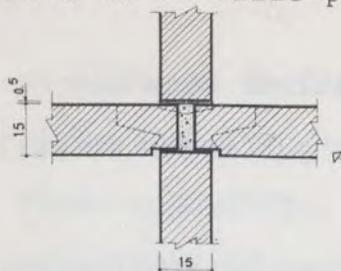
au gaz. Les conduits électriques sont encastrés dans les unités, mais l'exécution de la filerie fait partie du travail de finition.

L'épaisseur des dalles-planchers est habituellement de 6½", mais elle peut varier selon les travées; les dalles sont recouvertes soit d'une céramique de 2" dans les cuisines, les salles de bain, les paliers, etc., soit de carreaux thermoplastiques en bois de 3/8" dans les salons. Il est également possible d'incorporer dans les unités-planchers une garniture spéciale de laine de verre, de liège, etc., pour assurer une meilleure isolation phonique.

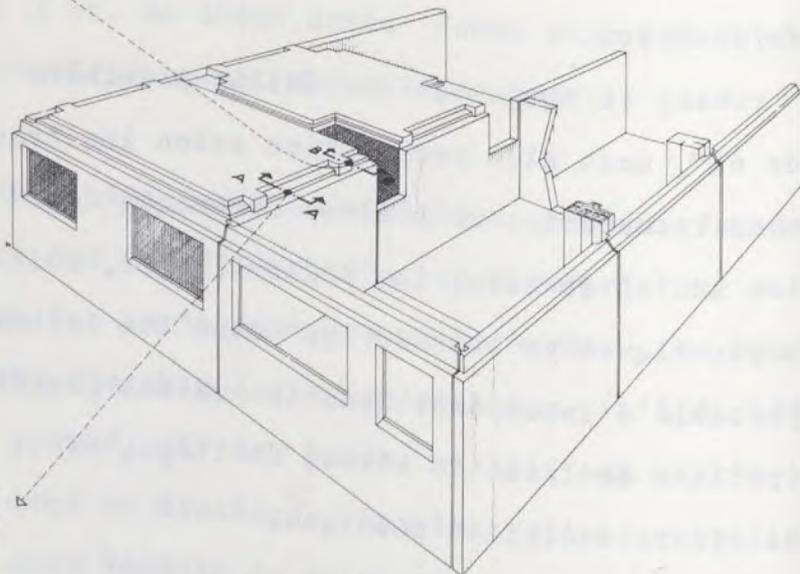
#### Observations générales

1. Le procédé Tracoba a servi à des constructions allant jusqu'à 23 étages.
2. Les ensembles collectifs doivent compter au moins 500 appartements.
3. La maison Tracoba exige des honoraires courants de consultation pour ses services, plus 2 p. 100 de la valeur globale de l'ouvrage. Le financement s'échelonne habituellement sur huit ans. Elle étudie tous les projets avec les ingénieurs-conseils locaux, fournit tous les plans de l'usine et prévoit l'organisation de l'exploitation. Il n'est pas nécessaire que les moules soient fabriqués en France. La Tracoba prélève 2 p. 100 du coût d'un bâtiment fini, ce qui revient à 4 p. 100 du coût des éléments préfabriqués.

Assises de la dalle-plancher

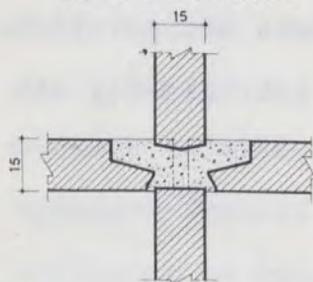


Principe de construction



Section A.A.

Entre-assises

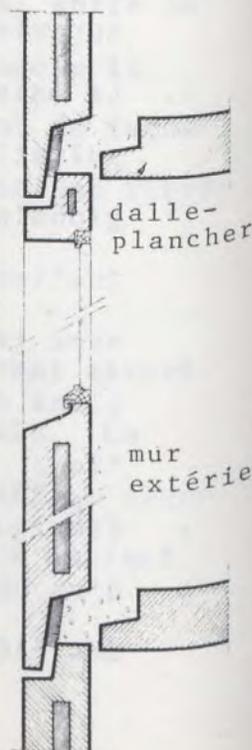
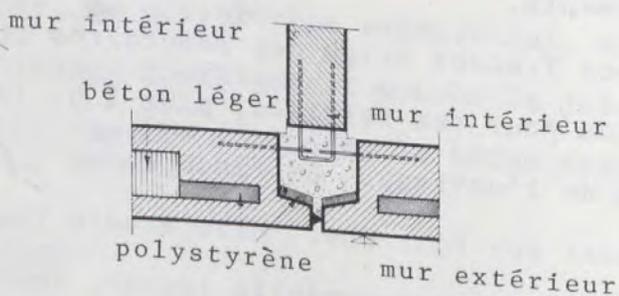
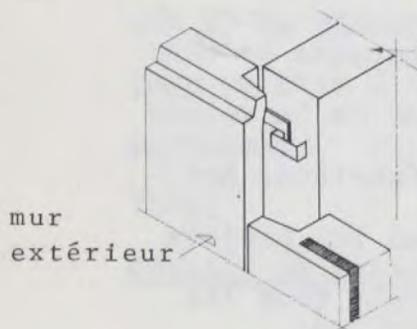


Perspective d'unités précoulées en place et coupe du mur intérieur

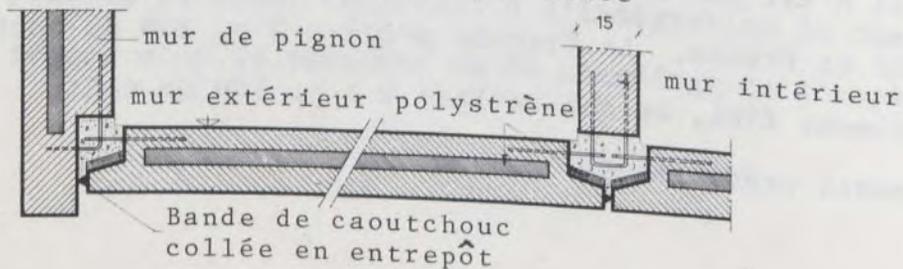
Méthode d'attache des éléments-murs extérieurs

Coupe horizontale de mur extérieur épais

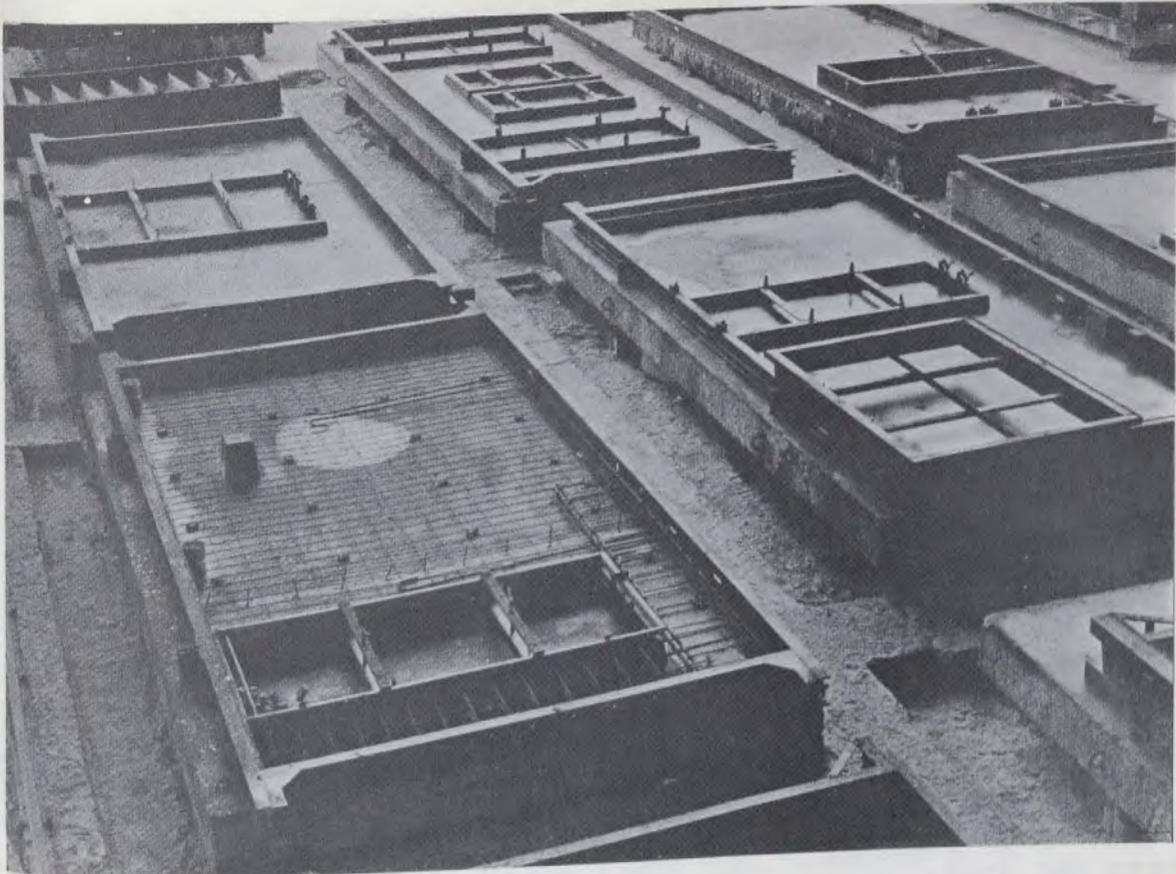
Coupe verticale de mur extérieur



Coupe horizontale de mur mince



Coupe de mur extérieur



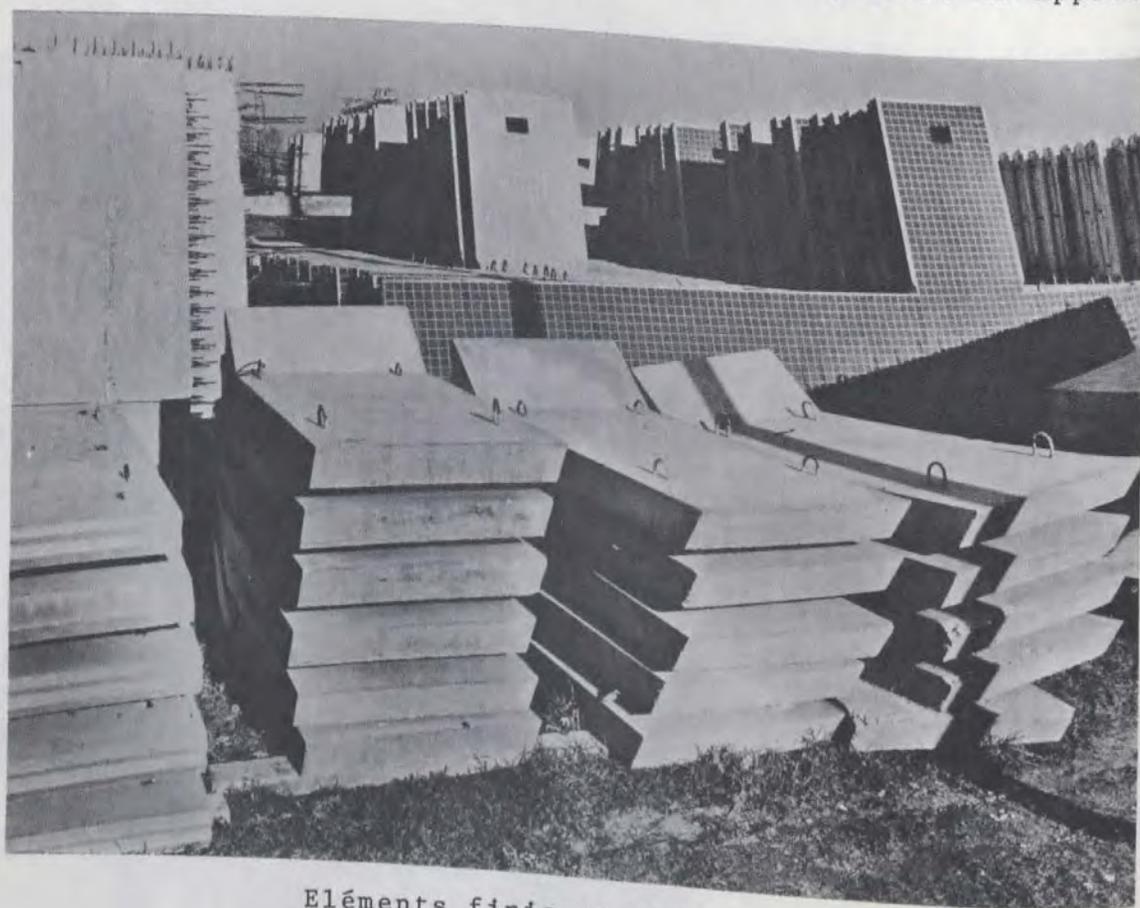
Moules

Démoulage d'une unité  
préfabriquée

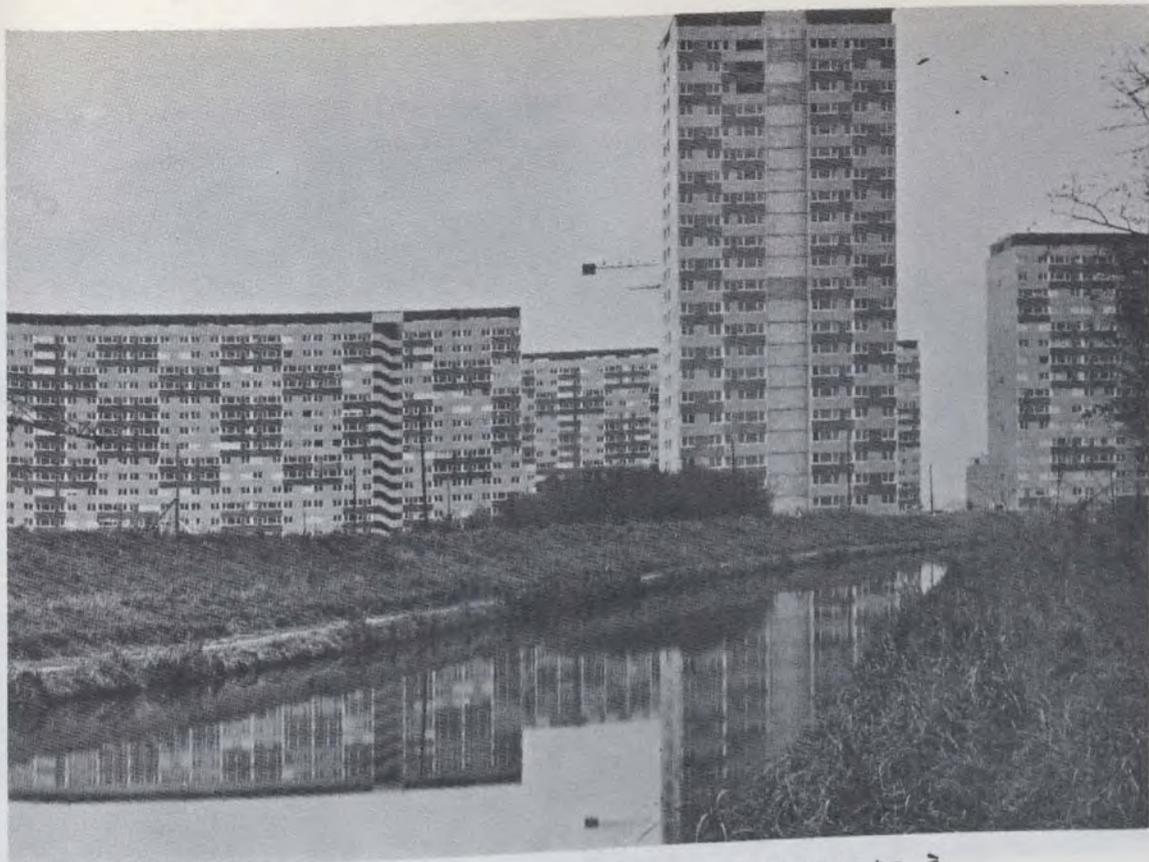




Usine de précoilage à Thais près de Paris. Capacité: un appartement par jour.



Eléments finis au stockage



Collectif de Meaux (1860 appartements à loyer modique)

Collectif de 2648 appartements à loyer modique à Vigneux. Le bâtiment le plus élevé compte 23 étages.





Carreaux de céramique de 2"x2" sur panneaux-façade

CONSTRUCTION EDMOND COIGNET  
LE PROCÉDÉ COIGNET

Construction Edmond Coignet  
11 avenue Myron T. Herrick  
Paris 8<sup>e</sup>, France

## LE PROCÉDÉ COIGNET

Le procédé Coignet est fondé sur des murs extérieurs porteurs avec balcons et murs porteurs intermédiaires.

Les éléments, produits par la méthode la plus complexe et la plus mécanisée qui existe en Europe, requièrent un important capital d'équipement. La Mission a visité l'usine d'Aulnai-sous-Bois.

Dans le système Coignet, les bâtiments sont divisés en un nombre donné de grandes unités, chacune pouvant s'adapter à un nombre maximum d'usages et chacune étant coulée séparément dans sa forme finale.

Produits en série, les éléments sont conçus pour la production industrialisée. Les dimensions ne sont limitées que par le moyen de transport permis, ce qui fait que le nombre d'unités par logement se trouve réduit, comme d'ailleurs les frais de fabrication, de transport et de montage qui dépendent du nombre d'opérations à exécuter.

Les unités sont fabriquées mécaniquement, à des dimensions très précises et complètement achevées. Une fois en place, elles donnent un bâtiment fini. L'unité est mise en place exactement dans le même état qu'elle quitte l'usine; elle n'exige ni crépis, ni trou, ni liaison, ni revêtement de maçonnerie. Il ne reste que le jointoyage horizontal (longitudinal et transversal) et le jointoyage vertical de haut en bas, pour rendre l'ensemble monolithique et lui donner la

stabilité nécessaire. Ce jointoyage se fait au chantier par l'insertion de béton entre les rives rainurées des panneaux et reste invisible de l'extérieur comme de l'intérieur; aucun coffrage n'est nécessaire.

Les unités sont déjà presque finies: portes et cadres de fenêtres sont en place, ainsi que les conduits pour tout l'équipement, soit chauffage, électricité, conduit de fumée, gaine de ventilation et descente à poussière. Elles comprennent aussi les raccords filetés en métal pour la fixation de la plupart des appareils ménagers et sanitaires.

### Façades

Les panneaux-façade sont hauts d'un étage, longs d'une pièce ou plus, certains coulés d'une seule venue, ayant 7 mètres de long et pesant jusqu'à 9 tonnes.

Ils sont faits de deux épaisseurs de béton, séparées par une couche de polystyrène expansé et reliées par des attaches en acier galvanisé. Lorsqu'ils sont utilisés comme murs-rideaux, les deux couches de béton ont chacune 4 cm d'épaisseur, tandis que, utilisés comme murs-porteurs, ils ont des couches de béton qui ont généralement 19 cm et 4 cm d'épaisseur. En climat tempéré, le polystyrène expansé a 2 cm. Ainsi fabriqués, les panneaux destinés aux murs-porteurs ont un coefficient thermique K d'environ 0.96 unité thermique par mètre carré, par heure et par degré centigrade. En climat

froid, on porte l'épaisseur du polystyrène à 4 cm, ce qui donne un coefficient K de 0.69.

Le côté de chaque panneau est creusé d'une rainure trapézoïdale qui, aboutée à celle du panneau adjacent, forme un canal fermé dans lequel on coule le béton de jointoyage de haut en bas. La base de chaque panneau porte une feuillure en biseau formant le joint horizontal et deux saillies qui assurent automatiquement la bonne position des panneaux. Le haut a aussi une feuillure qui correspond à celle du bas du panneau supérieur, et a un tel profil que, lorsque la dalle plancher est mise en place, il se forme un canal dans lequel on peut couler le joint horizontal. Il présente, en saillie, quatre anneaux d'acier, deux servant au levage et deux à la fixation au moment du montage; les quatre contribuent à la continuité de la liaison mur-plancher.

La menuiserie, qu'il s'agisse de bois ou de métal, est encastrée, tout comme d'ailleurs les boîtes à stores et les divers conduits. La face extérieure est finie à la machine. Elle peut être recouverte soit d'une couche de béton de finition, avec un agrégat spécial que l'on dégage par décapage au sable, soit d'un béton lisse prêt à peindre ou encore de céramique ou de mosaïque de verre ou de carrelage de diverses matières. La finition intérieure s'obtient par talochage à la machine, qui donne une surface absolument lisse qu'on peut immédiatement peindre.

### Couronnement des fondations

L'infrastructure des bâtiments se construit par les méthodes traditionnelles. Les murs de maçonnerie, même bien bâtis, offrent au mieux une tolérance d'environ 1 cm. Or la superstructure doit avoir une tolérance maximale de 1 mm. On a donc recours à une pièce de béton précontrainte pour liasonner ces parties diverses. Il s'agit d'éléments creux, de faible profondeur, découpés, sur le dessus et sur les côtés, au profil des panneaux-façade et ayant une base plate. On les cale soigneusement en position avec la précision voulue. Les parties évidées de ces pièces sont remplies de béton pour assurer la continuité de l'assise et, en même temps, un joint longitudinal à angle droit raccorde cette base aux panneaux du premier étage.

### Planchers

Les planchers sont en dalles de béton armé. Ils ont un ou plusieurs panneaux, selon le cas, mais aucun n'a plus de 25 m<sup>2</sup>. En béton armé solide, ils n'ont jamais moins de 14 cm d'épaisseur et forment en même temps le sol d'un étage et le plafond de l'étage en-dessous. Ils sont recouverts mécaniquement d'un parement de parqueterie, de carreaux de céramique, de granolithes ou tout simplement d'un béton lisse prêt à recevoir un revêtement de plastique. Le plafond est coulé parfaitement lisse, prêt à peindre. On y incorpore le plus souvent des tuyaux d'eau chaude pour chauffage

par le plancher. L'armature excède sur les côtés pour permettre la liaison sur place au moyen de béton de jointoiment.

### Toits plats

Semblables aux planchers, les toits sont coulés avec une légère pente (1 p. 100). Ils reçoivent sur le chantier une couche d'un matériau isolant, suivie d'une couche d'imperméabilisation du type lamellaire indépendant et, enfin, une couche de gravillons.

### Murs intérieurs

Ces murs sont en béton de 14 cm d'épaisseur et hauts d'un étage. Ils reçoivent, au coulage, une finition assez lisse pour être peints sans plus d'apprêt. Leur rive supérieure est creusée d'une rainure en V pour recevoir le béton de jointoiment au chantier (transversal ou longitudinal).

Ces panneaux portent, dans le haut, des saillies d'alignement sur lesquelles reposent les panneaux supérieurs.

### Cloisons

Les panneaux de cloisonnement sont coulés à la hauteur d'un étage. On en varie la forme au moment de l'établissement des plans: ils reçoivent des formes en L, en U ou en Z suivant leur destination. Ils ont en général 6 cm d'épaisseur et sont armés d'un réseau métallique soudé.

### Escaliers

Les unités-escaliers comprennent les marches et parfois le palier; elles sont carrelées ou finies au grès ou simplement enduites de plastique.

### Conduits à fumée et gaines de ventilation

Les blocs d'évacuation de la fumée et de ventilation sont hauts d'un étage. Conçus suivant le procédé unitaire, ils comprennent, dans le cas des conduits à fumée, une doublure intérieure de fibro-ciment.

### Equipement

Les différents types d'unités sont coulés dans des moules d'acier spécialement conçus pour chauffer le béton à environ 80°C et pour que les unités se démoulent automatiquement une fois achevées.

Pendant la fabrication, le moule est horizontal. Il pivote sur sa base jusqu'à la verticale pour le démoulage, qui a lieu après le durcissement du béton, soit après deux heures de chauffage.

Tous les mouvements du moule, c'est-à-dire abaissement et relèvement du couvercle, ouverture des parois latérales, pivotement de la paroi supérieure et pivotement du moule sur lui-même, sont actionnés par des vérins hydrauliques commandés par un dispositif électrique qui déclenche automatiquement la séquence des opérations par simple pression d'un bouton.

Les unités sont enlevées par une grue-portique qui va les déposer dans une aire d'entreposage où s'achèvent le séchage et la contraction.

Les moules, en acier usiné à une tolérance d'environ 1 mm à la fabrication, ont des côtés amovibles afin de pouvoir servir à la fabrication de panneaux de différentes grandeurs. Ainsi, le même moule peut produire des unités-façades de 1 m à 7 m de longueur.

Les supports de l'ossature extérieure sont retenus par un dispositif magnétique qui permet de les enlever immédiatement, de sorte qu'il est possible d'incorporer n'importe quelle ossature à un moment d'avis.

Ceci permet la construction de différents genres de bâtiments. Il ne faut pas oublier, cependant, que tout l'attrait de ces procédés industrialisés réside dans la production en série et qu'ils sont d'autant plus avantageux qu'on peut fabriquer un plus grand nombre d'éléments identiques.

Les machines sont munies de tout l'équipement nécessaire pour la mise en place précise des divers accessoires de service.

### Usines

Les usines équipées pour la préfabrication de logements comprennent une centrale de malaxage avec silos à ciment et agrégat, treuils, moyens d'alimentation pneumatique,

mélangeurs-peseurs, malaxeurs, etc.; une cabine de commande depuis laquelle un seul opérateur peut commander automatiquement toute la manutention des matériaux, le mélange de béton, sa fabrication et sa distribution dans les moules; une aire d'entreposage pour le stockage des unités achevées, desservie par les mêmes grues-portiques que l'aire de fabrication; un atelier de ferrailage où l'acier d'armature est coupé et formé; des machines pour la préparation de la menuiserie, des feuilles de polystyrène, des carrelages, etc.

### Montage

Le montage des unités s'effectue au moyen d'une grue à tour d'une puissance de 140 tonnes métriques.

Un horaire précis prévoit le temps de fabrication, la commande et les moments d'arrivée des remorques. La grue prend les éléments sur la remorque et les dépose directement à leur place définitive.

Les fondations sont réalisées par les moyens traditionnels, suivant la nature du sol. Sur ces fondations, on dépose une assise absolument de niveau qui rend l'érection des panneaux rapide et facile, sans qu'il soit nécessaire de procéder à d'autre mesurage ou nivelage. Les très faibles tolérances dimensionnelles des unités permettent de les placer avec précision au fur et à mesure de leur arrivée au chantier.

En cours de montage, les panneaux verticaux sont maintenus en place au moyen d'un système d'étais télescopiques réglables qui forme un parapet de protection. Ils sont attachés au plancher par des points d'ancrage incorporés dans la dalle en cours de fabrication.

Tous ces détails de montage s'appliquent également à la construction de la maison d'un seul étage ou de deux étages, comme aux ensembles collectifs de 20 étages.

#### Travail de finition

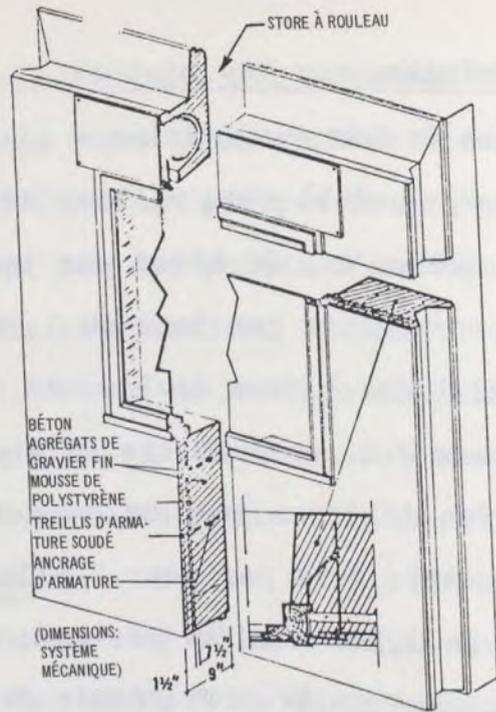
Ce procédé permet d'importantes augmentations de productivité dans les métiers de finition. La majeure partie de l'équipement est incorporée en cours de fabrication: il ne reste que le couvre-plancher (au besoin) à mettre en place, à terminer la peinture et à raccorder les services déjà encastrés dans le béton.

L'installation électrique se ramène à poser la filerie dans les conduits et à visser les appareils dans les douilles déjà en place.

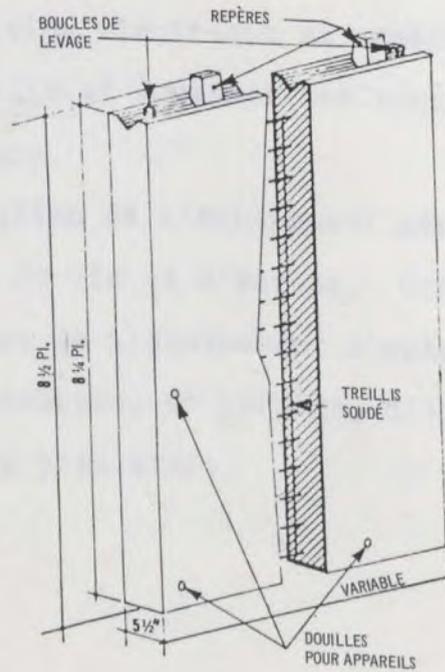
L'installation de l'équipement ménager et sanitaire n'exige que la pose de vis et d'écrous. Grâce à la précision des éléments, la pose de l'équipement n'exige même pas de mesurage ni de préparation, de coupage, d'ajustage, de soudure ni de garniture préalables.

Observations générales sur les visites

L'usine de Rosny-sur-Seine a cinq ans et a coûté, à la construction, au-delà d'un million de dollars. Elle utilise environ 250 v. cu. de béton par jour. Elle a une capacité de 4 appartements par jour ou 1,000 appartements par année. Elle fonctionne à deux équipes de 40 hommes chacune. Le moule à plancher est retourné six fois par jour, les moules à cloisons cinq fois par jour et ceux des panneaux extérieurs trois ou quatre fois par jour. Elle obtient un béton d'une résistance de 3,500 liv. au po. car. Le plus gros élément pèse 10 tonnes et la plus grande dalle-plancher mesure 15 pi. sur 20. Le procédé se prête à la construction de collectifs de plusieurs étages et d'écoles, comme dans les ensembles que nous avons visités à Champaign, Savigny-sur-Orge et à Mantes-la-Jolie où l'ensemble compte 7,000 appartements.

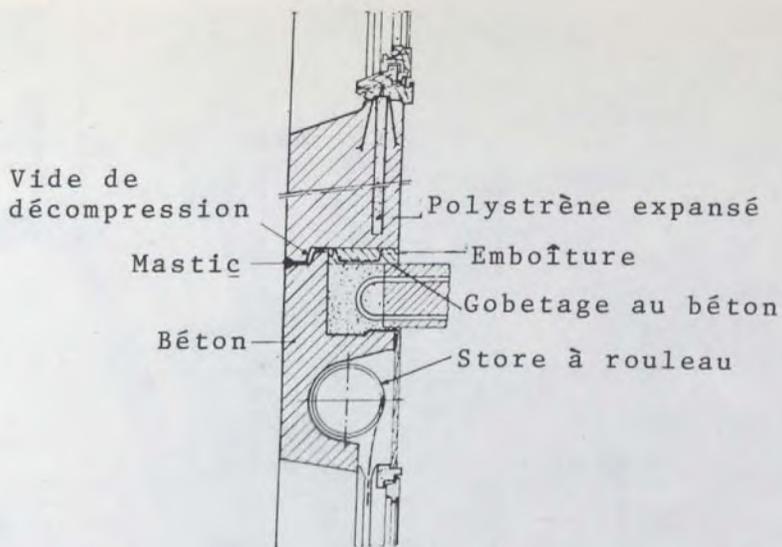


Panneau-façade type de Coignet (n'est pas à l'échelle)  
Panneau-façade type

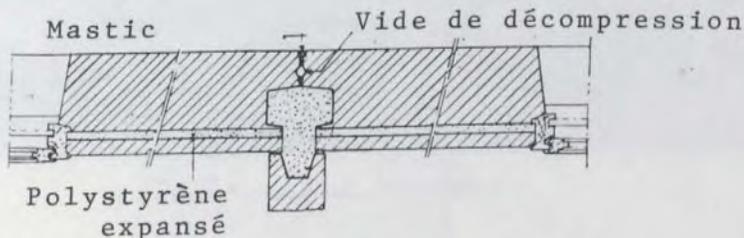


Panneau-cloison

Panneau-cloison

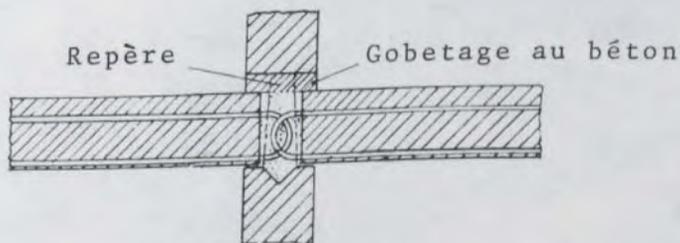


Coupe verticale d'un mur façade

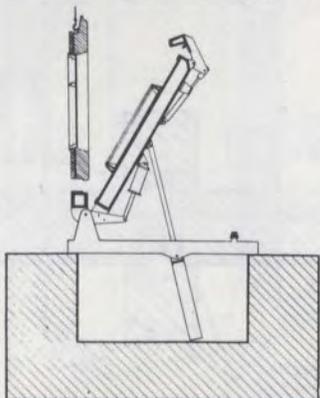
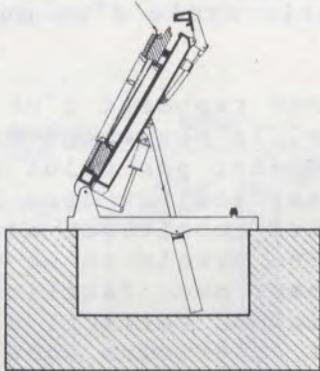
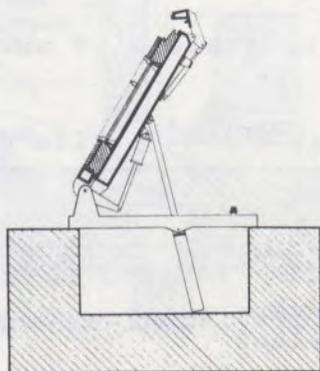
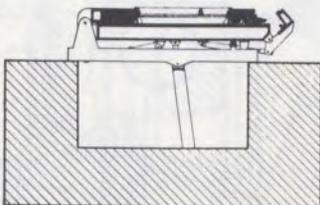
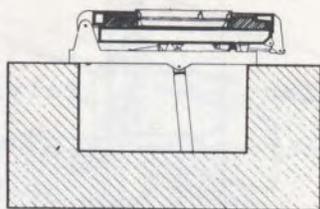


Coupe horizontale d'un mur-façade

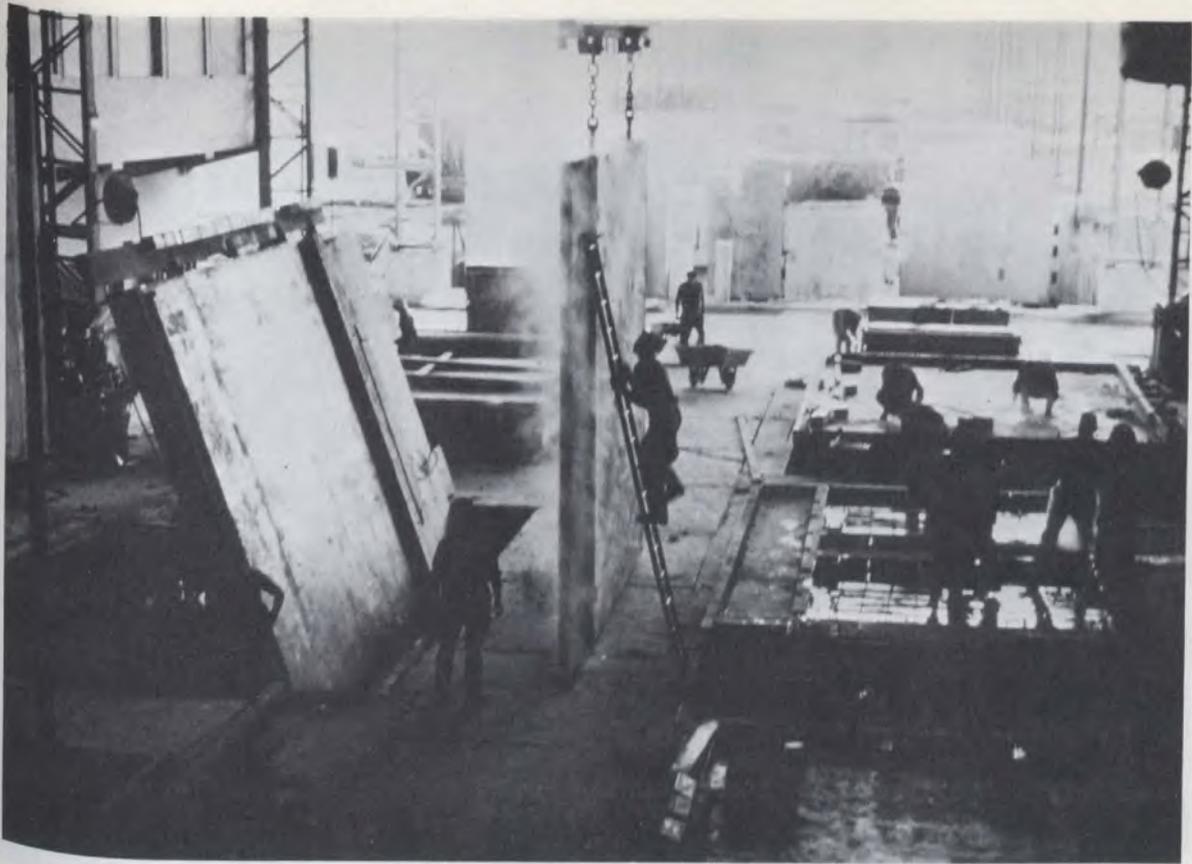
Les panneaux verticaux reposent l'un sur l'autre sans interruption, depuis la dalle-plancher, le mouvement étant ainsi réduit au mouvement entre les étages et n'excédant pas celui qui résulte des tolérances de fabrication d'unités identiques, coulées dans les mêmes moules et dimensionnés au millimètre près. Les emboîtures assurent l'alignement des panneaux d'après les plans avec une précision ne pouvant varier que d'un millimètre. Les éléments se placent avec facilité et précision sans exiger d'autre opération. Le jointolement vertical s'effectue en remplissant les rainures de béton. Les joints extérieurs sont scellés au mastic pour en assurer l'étanchéité.



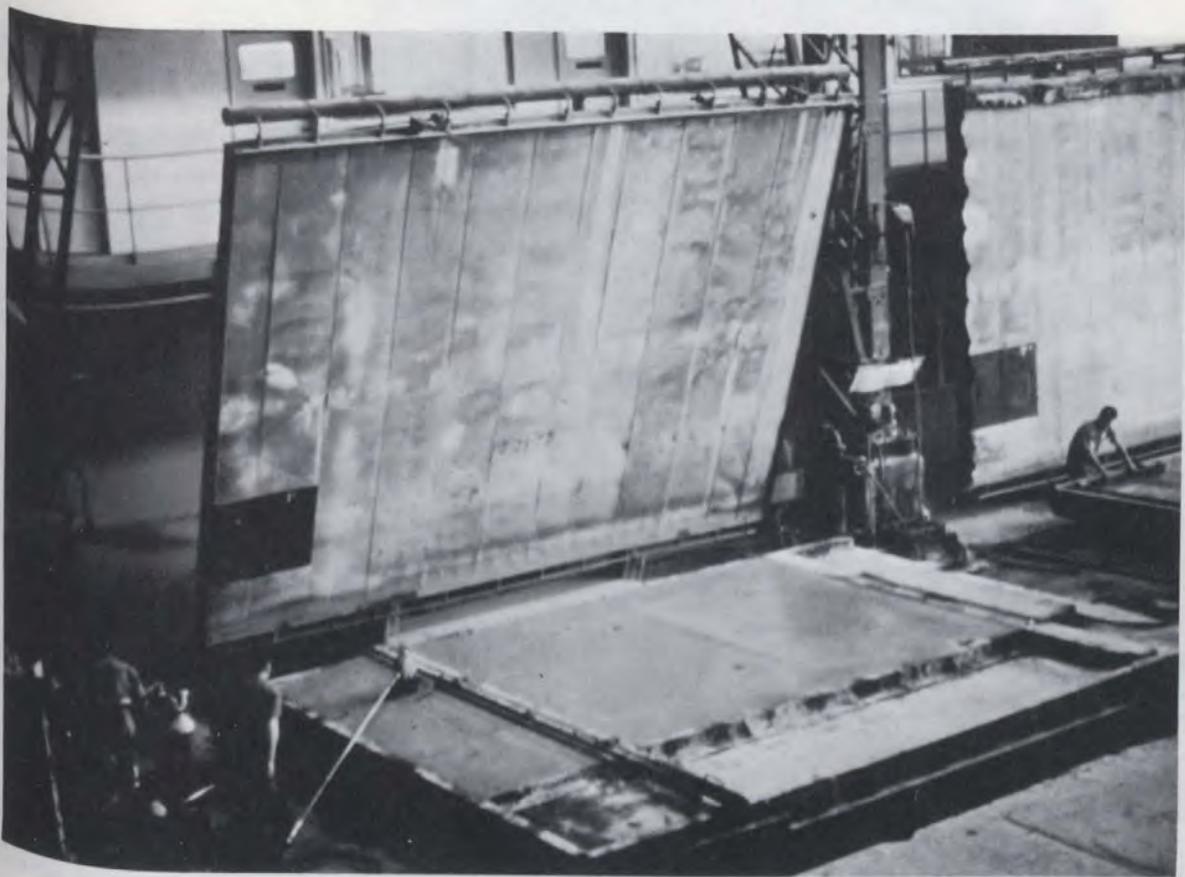
Coupe verticale d'un mur transversal. Les unités superposées sont alignées les unes sur les autres de la même façon, avec la même tolérance minime, au moyen de pointes-repères encastrées dans les panneaux en cours de fabrication et portant l'unité superposée en attendant qu'elle devienne porteuse après jointolement au béton sur place.



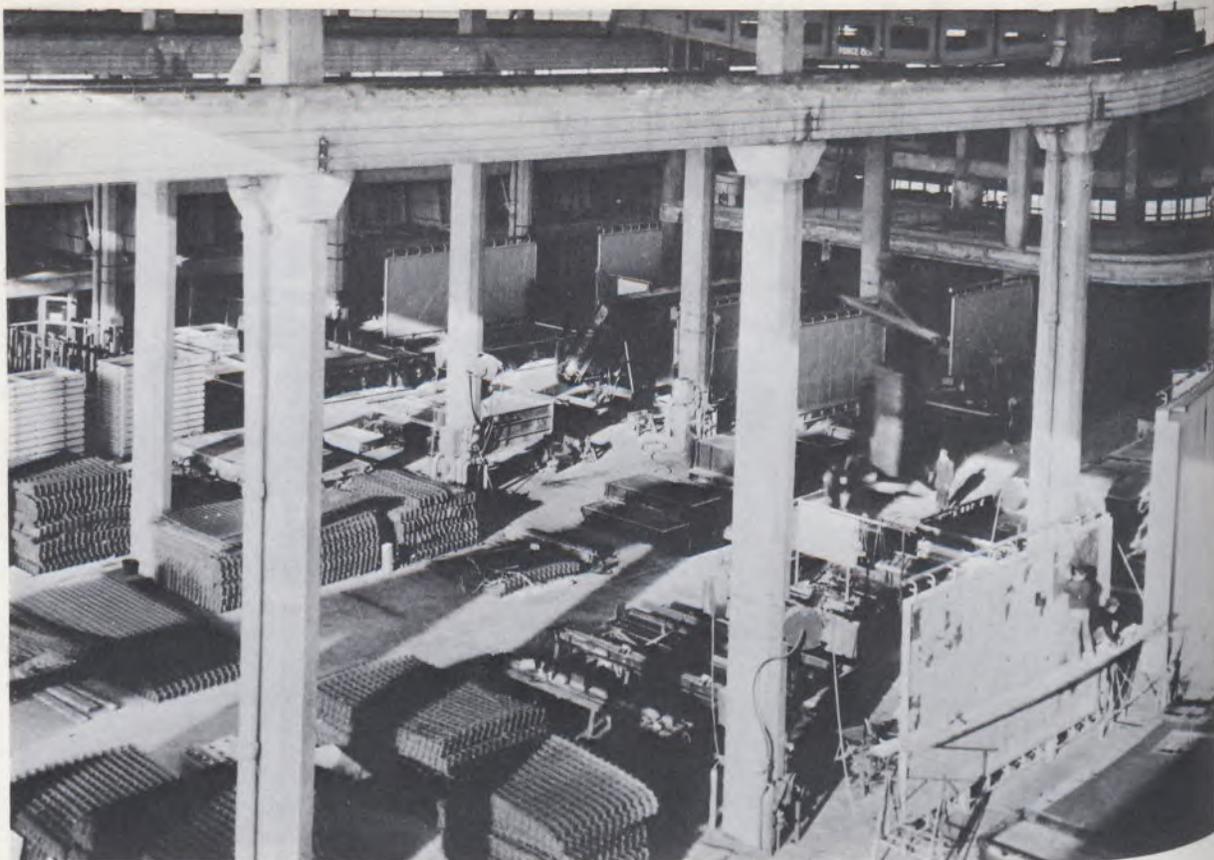
Étapes de la coulée d'un panneau-mur Coignet



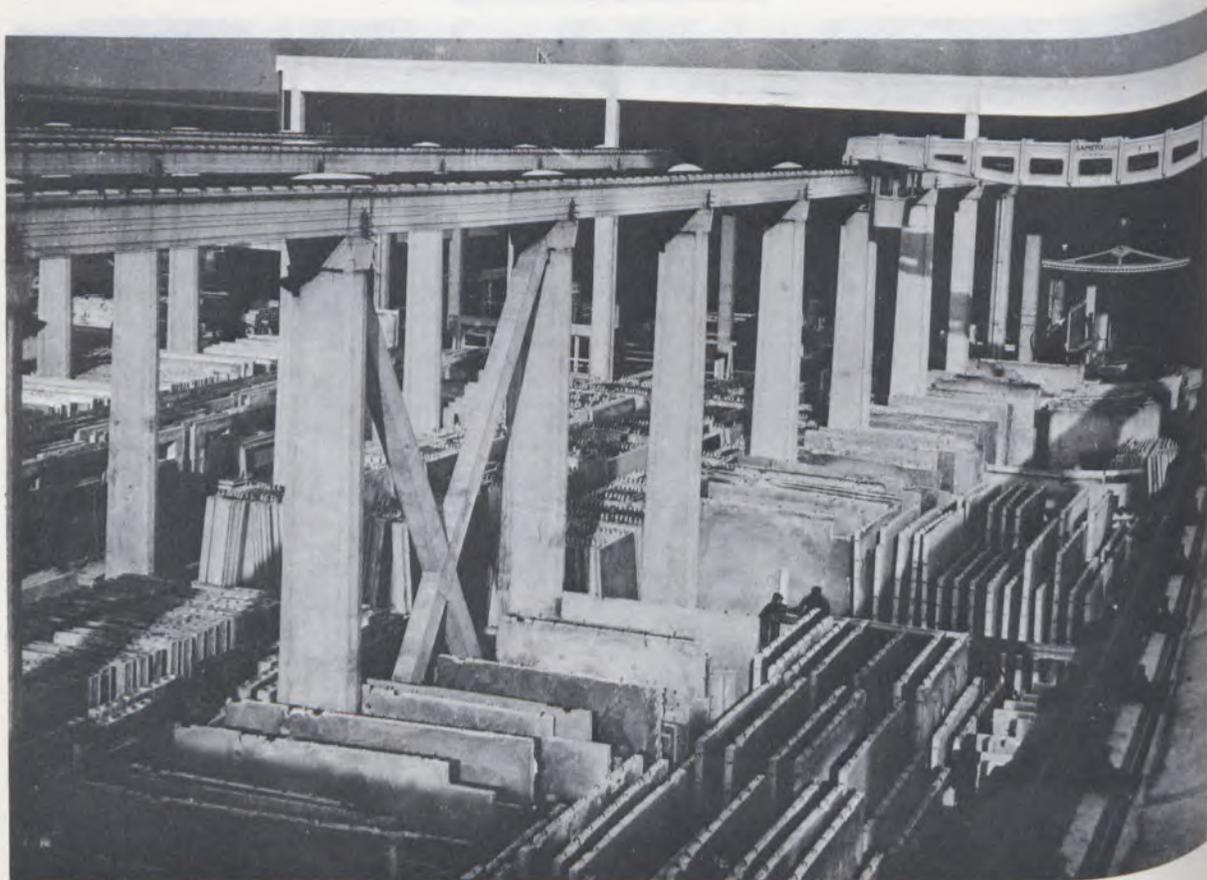
Panneau séché démoulé



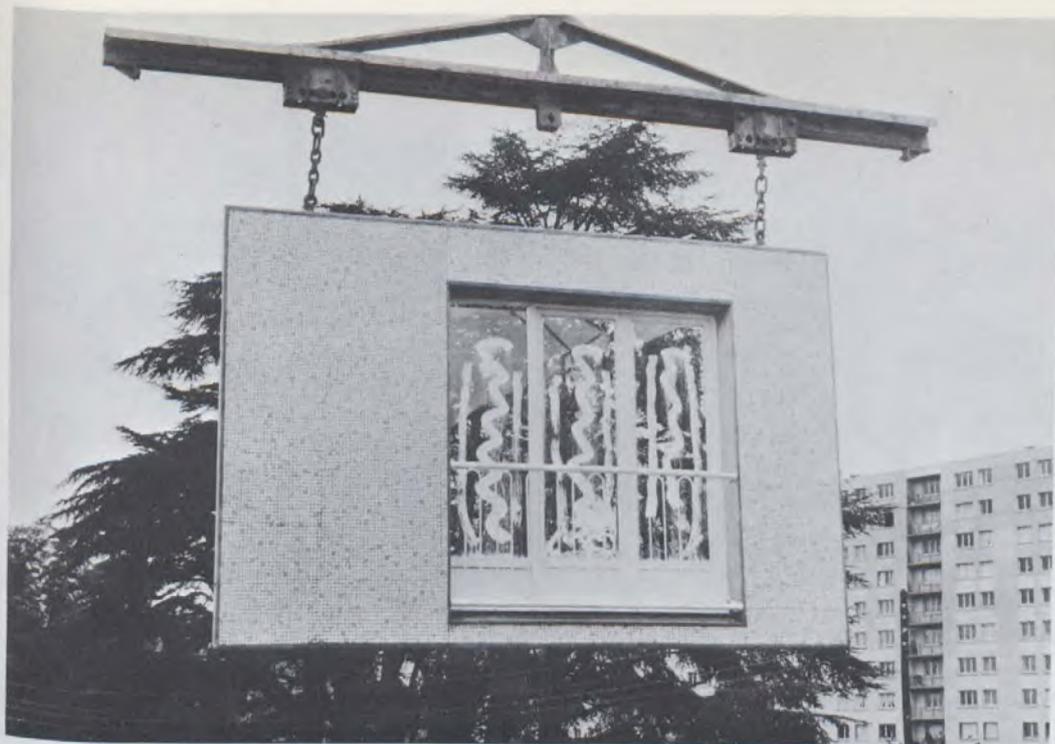
Moule ouvert



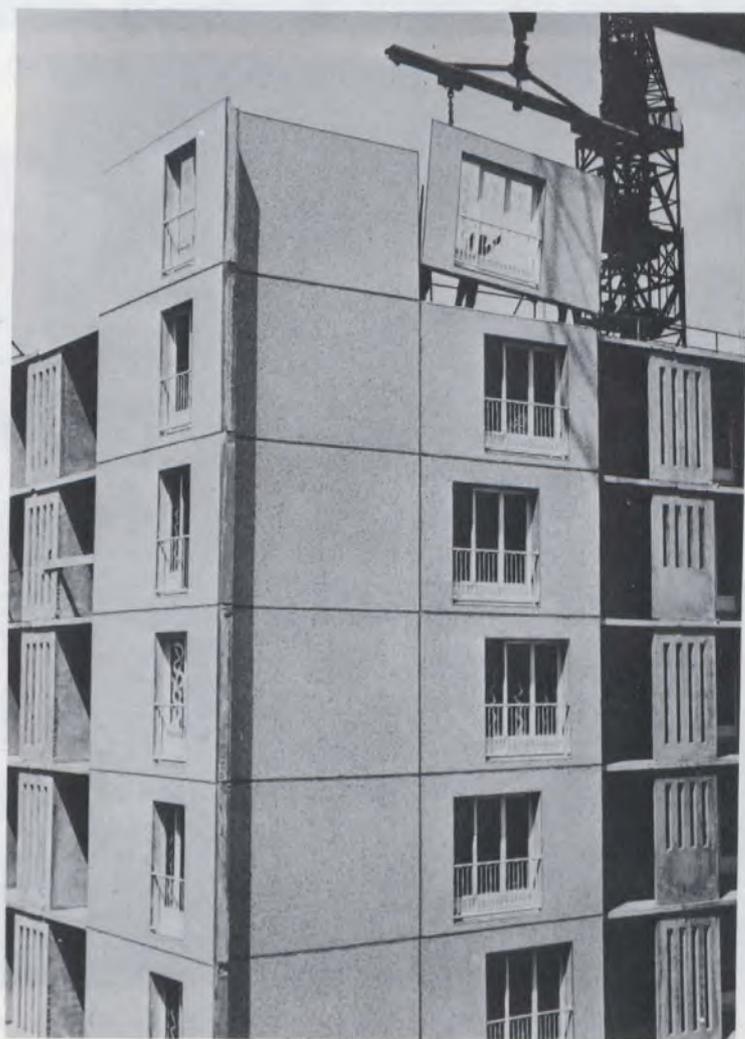
Intérieur d'une usine



Aire de stockage



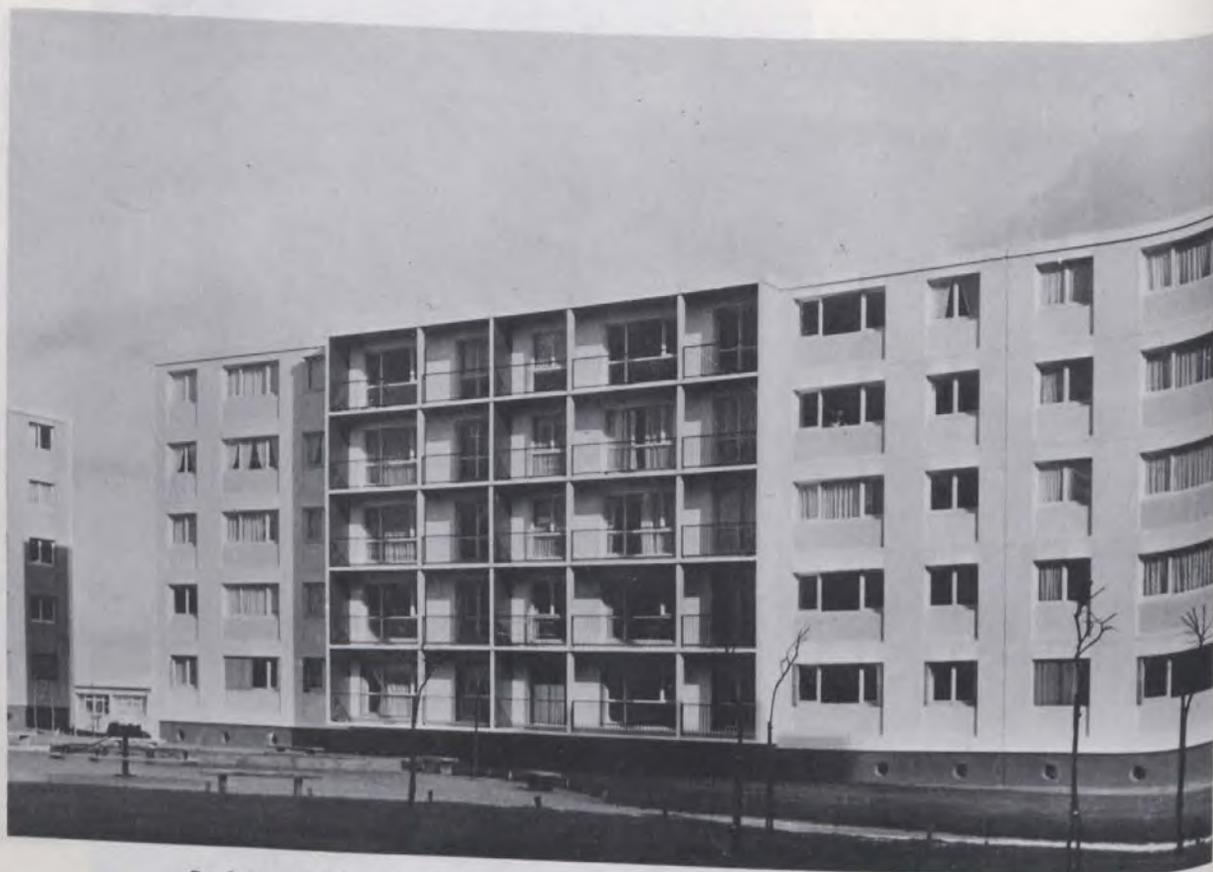
Panneau-façade



Montage des éléments



Collectif de Savigny-sur-Orge - 900 appartements



Collectif de Blanc-Mesnil - 1016 appartements



Grand ensemble collectif en chantier près de Paris



maison d'appartements à loyer  
modique - panneaux de béton  
de haute qualité



Collectif à loyer modique de 21 étages

LA SOCIÉTÉ RAYMOND CAMUS & CIE  
LES PROCÉDÉS CAMUS

Société Raymond Camus & Cie  
Ingénieurs-Constructeurs  
40, rue du Colisée  
Paris 8<sup>e</sup>, France

## LES PROCÉDÉS CAMUS

Les procédés Camus ont d'abord été mis au point et brevetés en 1949. Les trois premières années, la société s'est servie d'usines temporaires pour mettre ses techniques au point. Depuis 1952, le nombre des usines Camus a constamment augmenté, au point qu'aujourd'hui on compte en tout plus de 100,000 habitations construites par ses procédés dans divers pays du monde. Bon nombre des installations sont la propriété conjointe de la société et d'entrepreneurs ou d'industriels.

En tout et pour tout, les usines Camus en exploitation produisent 22,000 unités de logements par année à l'heure actuelle. Sur ce total, 7,000 sortent de filiales et 15,000 d'ateliers qui détiennent des licences. La valeur de cette production se chiffre par plus de \$150,000,000 par an.

La société Camus a fait oeuvre de pionnier, dans le domaine de l'industrialisation de la construction, par la production en usine de grands panneaux de béton incorporant la plupart des éléments du bâtiment. Le système Camus prévoit l'intégration dans la masse de l'isolant thermique, des carrelages, des portes, des fenêtres, des gaines, des conduits pour la fumée, etc., en cours de fabrication en usine. La finition des éléments est poussée au point que le travail de chantier se trouve réduit à peu près exclusivement au montage et au raccordement de ces unités, le nombre de ces dernières étant réduit à environ 25 par logement.

Le système offre les avantages suivants:

- (a) Une très grande partie du travail s'effectue en usine, où il est plus facile d'assurer une organisation et une surveillance efficaces.
- (b) Emploi continu de la main-d'oeuvre par opposition au flottement de l'industrie traditionnelle. Le fait qu'on peut, en usine, organiser les opérations en séquence précise assure une plus grande productivité.
- (c) Elimination des délais d'attente entre les corps de métier.
- (d) Elimination quasi complète des pertes de temps causées par les intempéries.
- (e) Moins de gaspillage de matériaux.
- (f) Meilleure utilisation de l'usine.
- (g) Meilleures conditions sociales pour la main-d'oeuvre.

Tous ces avantages augmentent la productivité par heure-homme et réduit au moins de moitié les délais de parachèvement.

Les procédés Camus ont été conçus en vue d'offrir aux architectes un maximum de souplesse non seulement dans la variété de l'expression plastique, mais du point de vue de la gamme de matériaux de finition extérieure qu'on peut utiliser. Les divers genres de logements auxquels le système a

donné naissance comprennent: les bâtiments d'un étage de genre patio, les maisons de deux étages et les ensembles collectifs allant de 3 à 23 étages.

Le procédé Camus consiste essentiellement à transporter le plus possible du travail, qui s'effectue habituellement au chantier, dans le milieu plus propice et abrité de l'usine, où il peut être plus soigneusement contrôlé et organisé pour obtenir à la fois une meilleure qualité du produit fini et une plus grande capacité de production, avec moins de gaspillage de matériaux et de main-d'oeuvre.

Il revient à fabriquer en usine de grands panneaux en béton précoulé, aux dimensions des pièces et à y incorporer la plupart des éléments d'un bâtiment. Portes, fenêtres, isolation thermique, finitions intérieure et extérieure, équipement, conduits, gaines de ventilation, trous et conduits pour les divers services sont tous encastrés dans le béton à l'usine. Escaliers publics à contremarches ouvertes ou à contremarches solides avec paliers sont aussi réalisés en usine dans une grande diversité de présentations de surface, tels carrelages, granolithes, mosaïque, avec trous de fixation des rampes, des balustrades, etc.

On fabrique ces unités aux plus grandes dimensions possibles, selon les possibilités du transport et de l'outillage d'érection sur le chantier. On coule d'une seule

venue, par exemple, des dalles de 270 pi. car. Les panneaux-murs extérieurs, les cloisons et les murs porteurs intérieurs sont coulés en panneaux de la hauteur d'un étage et ayant jusqu'à 21 pi. de longueur.

Le plan de l'usine se fonde sur un relevé précis des conditions économiques et sociales du pays dans lequel elle devra fonctionner, du nombre d'unités de logement qu'elle devra produire par année ainsi que de la variété des catégories qui seront en demande. Le degré de mécanisation doit aussi être une fonction directe des conditions d'emploi et de rémunération en vigueur dans le pays, si l'on veut arriver, pour l'ensemble, au maximum d'économie possible. Les solutions doivent donc varier suivant les circonstances et, par conséquent, il n'est pas question, dans le système Camus, d'un plan d'usine uniforme.

La Mission a visité l'atelier de Montesson dans la banlieue nord de Paris. Ces installations produisent 2,000 logements par année, leur production globale ayant été de 25,000 logements dans Paris et aux alentours depuis leur établissement en 1956. Cette usine est en mesure de produire en même temps cinq genres de logements absolument différents.

Dans cette usine, la centrale à béton est située à une extrémité de l'axe central de l'usine. Les aires de coulée alternent avec les ateliers et les magasins de façon

symétrique de part et d'autre de cet axe. Pour les magasins et les ateliers, il y a un autre étage relié par des passerelles qui surplombent l'aire centrale. C'est sur ce palier supérieur que sont fabriquées les armatures. Pour les panneaux exigeant plusieurs mélanges de béton ou à caractère complexe, comme les panneaux-murs extérieurs, on se sert de tables horizontales. Chacune des aires de coulage possède quatre ou cinq de ces tables horizontales avec une équipe de six hommes.

Pour réduire les frais d'équipement, les tables de l'usine de Montesson sont de conception simple. Puisque l'usine doit produire une grande variété de panneaux différents qui exigent de fréquentes modifications, les moules ont été conçus de façon à pouvoir se régler facilement. Ces tables peuvent produire des unités allant jusqu'à 22 pieds de long et 10 pieds de large. Horizontales, elles sont alimentées en béton par la centrale au moyen de bennes-trolleys.

Sauf lorsque la finition extérieure est constituée par l'agrégat lui-même, les panneaux sont coulés la face extérieure vers le bas. Lorsque les carrelages servent de finition, ils se posent sur la table. Ils sont retenus en place par de la colle soluble dans l'eau sur des feuilles de papier brun qui sont ensuite décollées par lavage sur l'aire d'entreposage temporaire. Une fois les carrelages en place, on les recouvre d'une mince couche de mortier. Lorsque l'agrégat doit être apparent, les panneaux sont coulés à l'endroit.

La couche de béton qui est ensuite coulée sur les carreaux est suivie d'une armature légère et recouverte de béton pour former la plaque extérieure de l'élément-mur extérieur.

Le polystyrène d'isolement est ensuite déposé sur cette plaque extérieure, et suivi d'une autre couche de béton et de l'armature de la plaque intérieure du panneau-sandwich.

Les armatures de la plaque intérieure et de la plaque extérieure sont reliées pendant le coulage pour assurer la rigidité du panneau, puis les portes et autres accessoires viennent s'ajouter au stade approprié.

On se sert de talocheuses mécaniques pour rendre la surface des panneaux parfaitement lisse, de sorte qu'il n'y a aucun enduit à y ajouter sur le chantier.

A l'usine de Montesson, le séchage s'effectue au moyen d'une cloche isolée, qui est déposée sur le moule par le pont roulant dont chaque aire de coulée est munie. Cloches et tables sont pourvues d'éléments chauffants.

Lorsque l'équipe a fini de couler quatre ou cinq panneaux, le premier a fini de sécher et peut être démoulé.

Il s'agit alors d'enlever la cloche et de lever la table en position verticale et, grâce au pont roulant, d'enlever le panneau pour aller le déposer à l'extérieur, sur l'aire de stockage temporaire.

Une fois les panneaux complètement refroidis, on procède au lavage et à l'enlèvement du papier qui recouvre les carreaux ou la mosaïque de finition. Les panneaux sont alors inspectés et peuvent être transportés au stockage permanent en attendant leur livraison au chantier.

Les panneaux de construction homogène sont coulés dans des batteries de moules verticaux qui produisent jusqu'à 12 unités à la fois. C'est ainsi, par exemple, que se coulent les cloisons équipées de conduits et de boîtes de jonction pour l'électricité et de cadres de portes.

Ces moules en série sont remplis de béton sous pression par des tuyaux reliés directement à la centrale. On se sert encore là du séchage thermique, mais comme la masse de béton dégage de la chaleur naturelle au stade de prise initiale, on ne chauffe que la périphérie de la batterie, afin de maintenir une vitesse de séchage uniforme entre les panneaux qui se trouvent à l'extérieur et à l'intérieur de la batterie.

Lorsque les éléments se prêtent à l'utilisation de ces moules en série, il en résulte une économie d'espace appréciable de même qu'une économie sensible sur le coût des moules et de la main-d'oeuvre.

#### Planification et contrôle

Au stade de la planification, on établit pour chacun des panneaux une carte perforée qui tient compte de toutes les particularités du panneau:

genre et code du panneau, numéro de l'atelier dans lequel il sera coulé, date du coulage, le poste dans le bâtiment, numéro du véhicule qui le transportera au chantier et la place qu'il occupera sur la remorque.

Ces cartes perforées sont ensuite passées dans l'ordinateur pour obtenir le programme de production, de transport et de montage. L'ordinateur sert également à calculer les coûts, à effectuer les études, etc.

Grâce aux données précises qu'il fournit sur les exigences du chantier, l'ordinateur permet de charger le véhicule exactement dans l'ordre où les panneaux devront être déchargés. On peut donc ainsi les prendre sur la remorque et les déposer à leur place définitive dans le bâtiment. Il faut de même prévoir le moment d'arrivée du véhicule au chantier pour qu'il coïncide avec la fin du déchargement de la remorque précédente, ce qui évite d'immobiliser le matériel de transport.

Les tracteurs et les remorques qui servent au transport des panneaux peuvent prendre des chargements allant jusqu'à 20 tonnes. Le tracteur ne reste pas au chantier pendant le déchargement et la mise en place des panneaux; il accroche la remorque vide et la ramène à l'usine pour prendre un autre chargement.

### Montage des panneaux

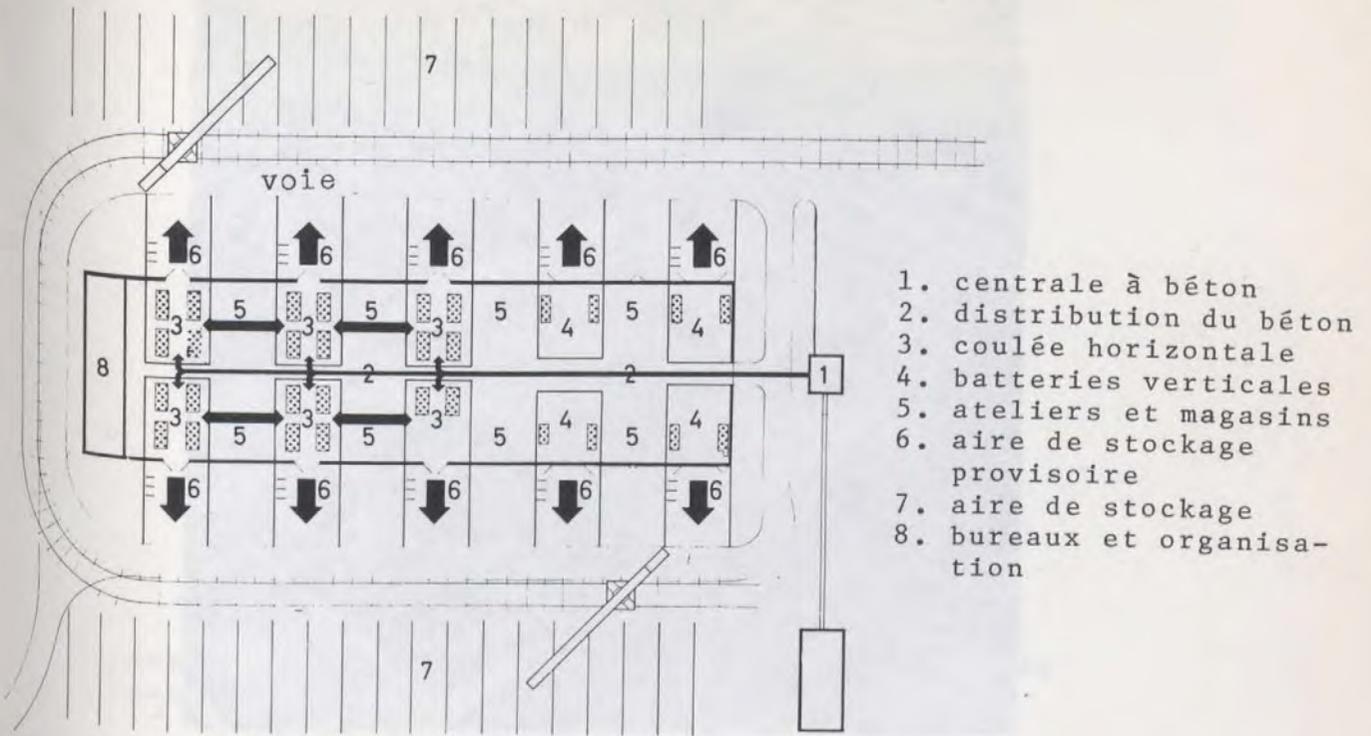
Les travaux de chantier sont de deux genres: le montage des éléments et la finition nécessaire pour rendre les logements habitables. Le montage des éléments consiste à les mettre en place au moyen d'une grue en les déposant soit sur un lit de mortier, soit sur des supports, selon la hauteur du bâtiment à construire. Après vérification de l'alignement et le plombage, les panneaux sont étayés en place au moyen d'étais réglables, de conception spéciale. Ceux-ci sont calés soit dans des douilles filetées, soit dans des trous prévus dans les panneaux en cours de fabrication. Les éléments d'armature qu'on a laissé dépasser sur le côté des panneaux à la fabrication sont ensuite liaisonnés et les joints de béton sont coulés et tassés au moyen d'un vibreur à tige. L'horaire de montage a été prévu de façon à donner le temps à tous les joints de durcir à fond avant que commence le travail à l'étage suivant.

Observations générales

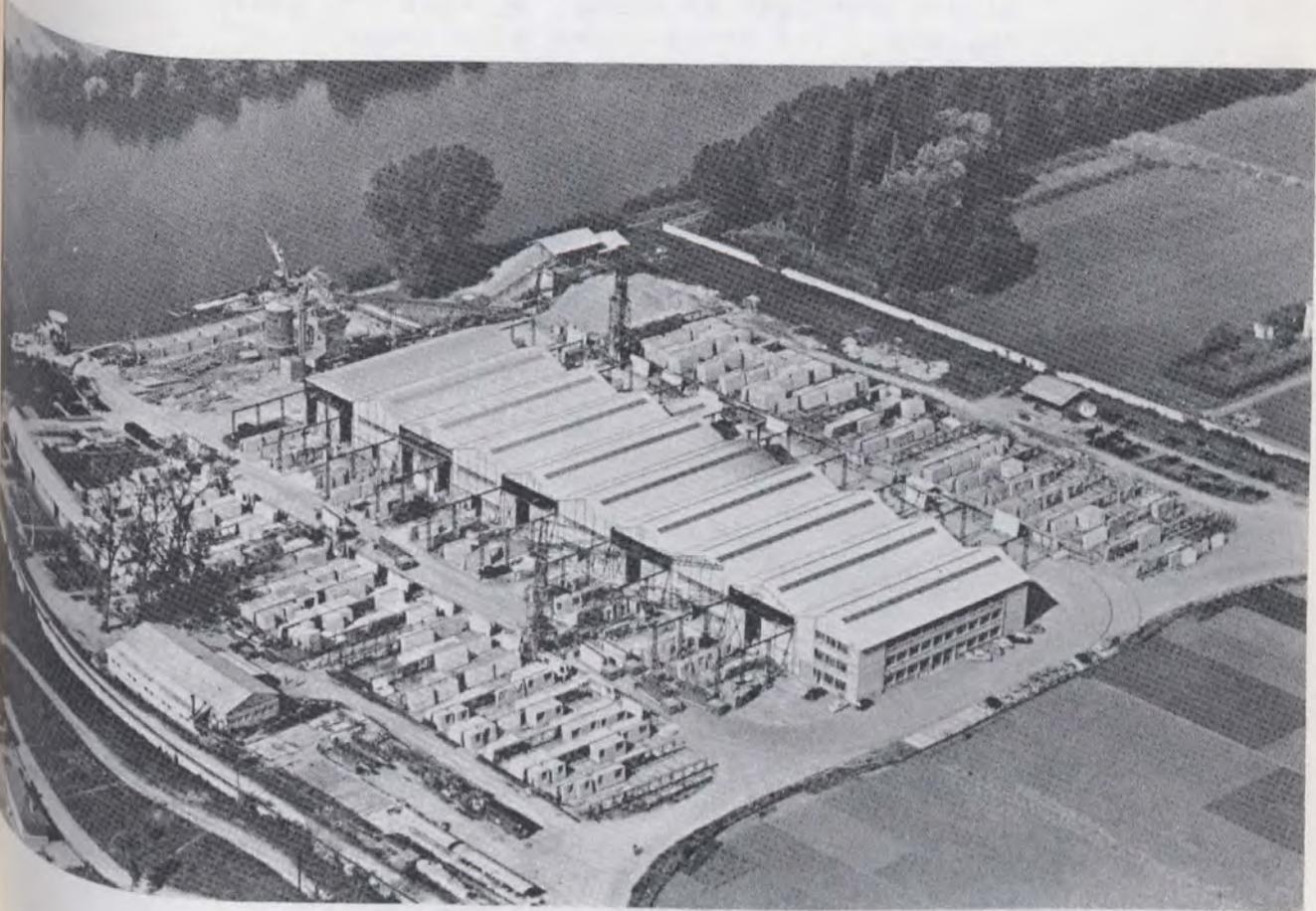
1. La société Raymond Camus et Compagnie est la plus ancienne dans le domaine de la construction industrialisée.
2. Ses procédés assurent l'une des meilleures liaisons entre les éléments, qu'il s'agisse de murs transversaux, de dalles de plancher ou de panneaux extérieurs.
3. Le centre de recherche Camus (Centre de recherches pour le développement de l'industrialisation de la construction C.R.I.C.) effectue des recherches dans tous les secteurs de la construction industrialisée, résistance aux intempéries, résistance des bâtiments, qualité, essai des matériaux, analyse des coûts, etc. Il se préoccupe non seulement des aspects techniques de la construction, mais également des méthodes de production et d'accroissement de la productivité de l'usine et du chantier.
4. La Mission a visité le bâtiment du SHAPE érigé en banlieue de Paris en 1951, pour abriter le quartier général des forces armées. Les panneaux, où l'agrégat lui-même sert de finition, accusent très peu de détérioration et la présentation esthétique du bâtiment reste fort acceptable de nos jours.
5. La Mission a aussi visité l'ensemble Grand-Jardin, où les panneaux-façades sont en marbre travertin. Cet ensemble collectif d'appartements de luxe montre que les

procédés permettent aussi de produire en usine des bâtiments plus dispendieux. Ceux-ci alliaient, à la très haute qualité, un excellent aménagement des appartements.

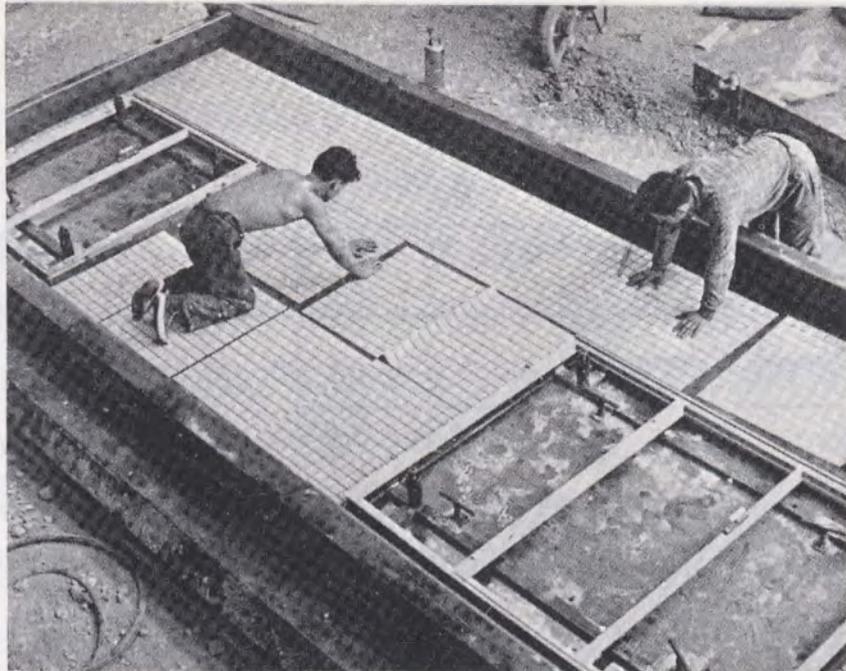
6. La Mission a aussi visité le Grand-Village, ensemble de logements fort attrayant, composé de maisons individuelles et de maisons de rangée. Ce genre de construction serait acceptable au Canada.
7. La franchise de fabrication par les procédés Camus peut s'obtenir au Canada. Les conditions sont à débattre avec les représentants de la société.



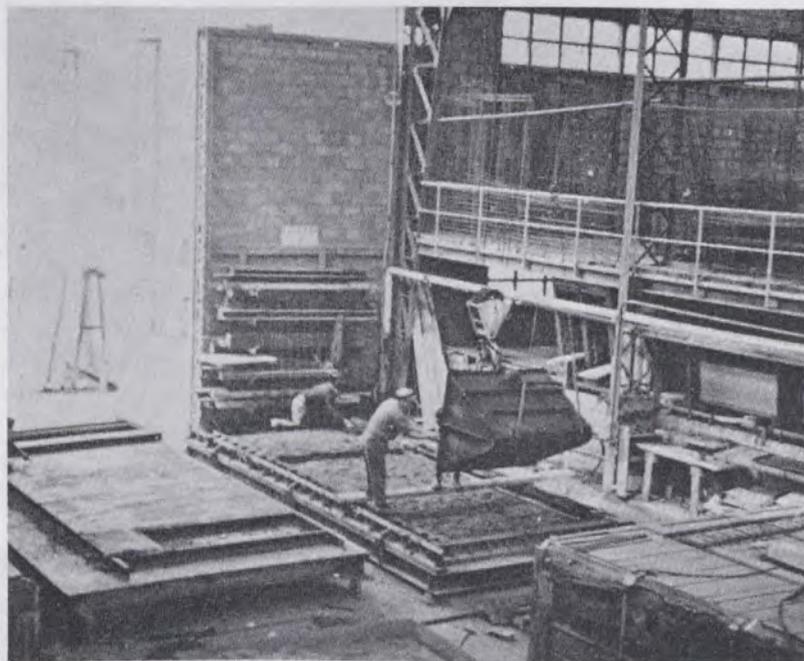
Plan de l'usine de Montesson près de Paris



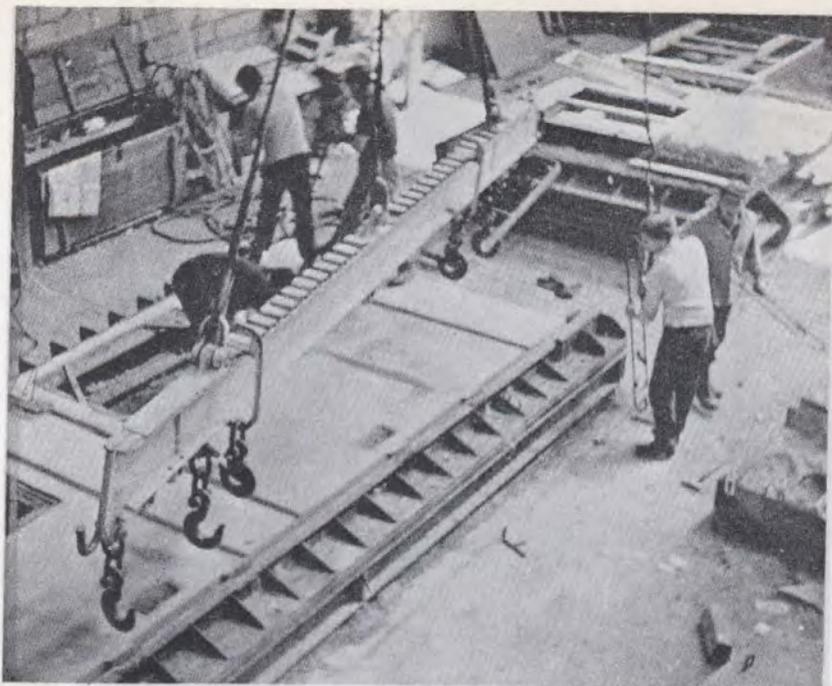
Vue aérienne de l'usine



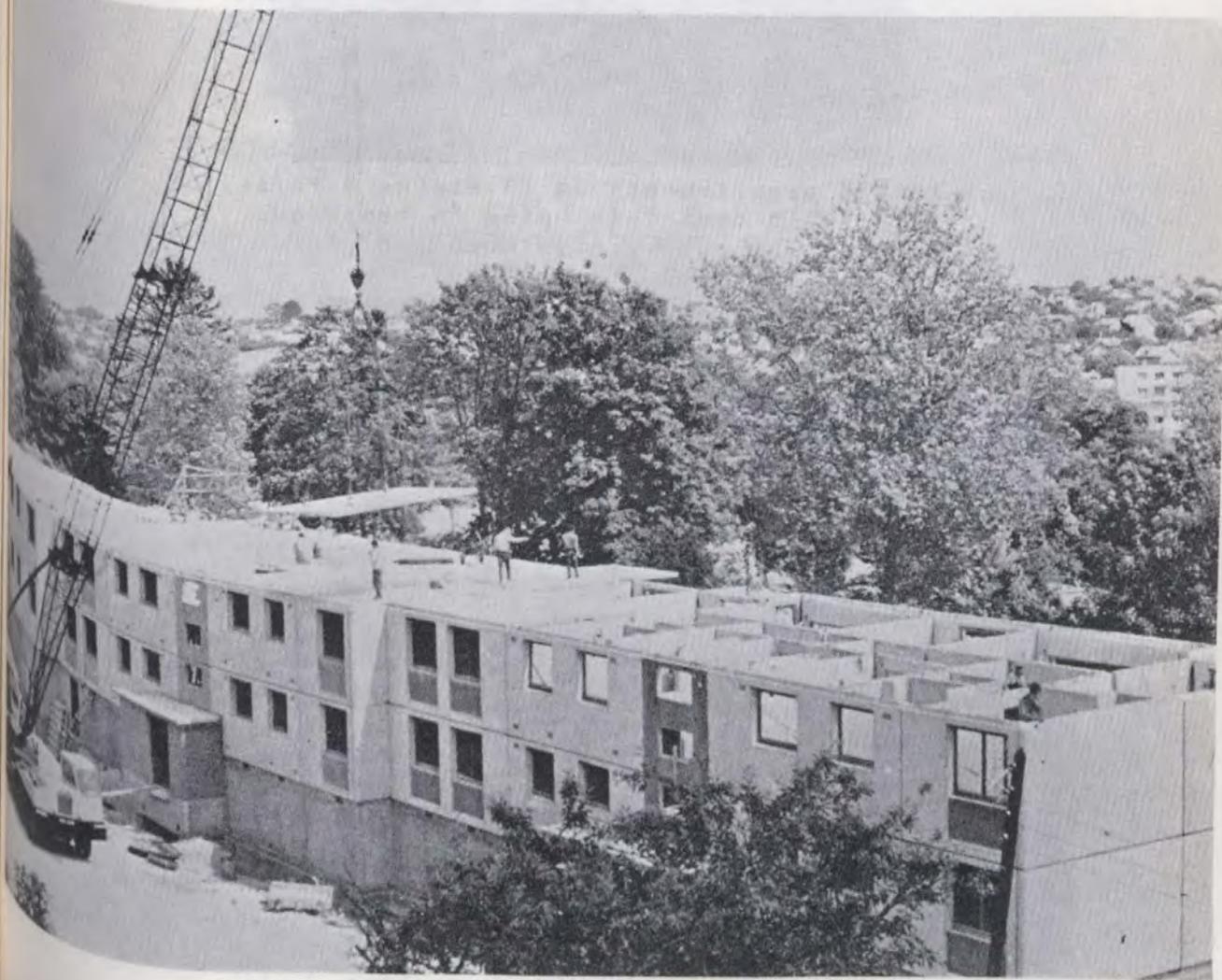
Application de la finition extérieure. On utilise bien des sortes de matériaux: céramique, mosaïque de verre, agrégat nu, pierre, etc. Les moules sont ajustables.



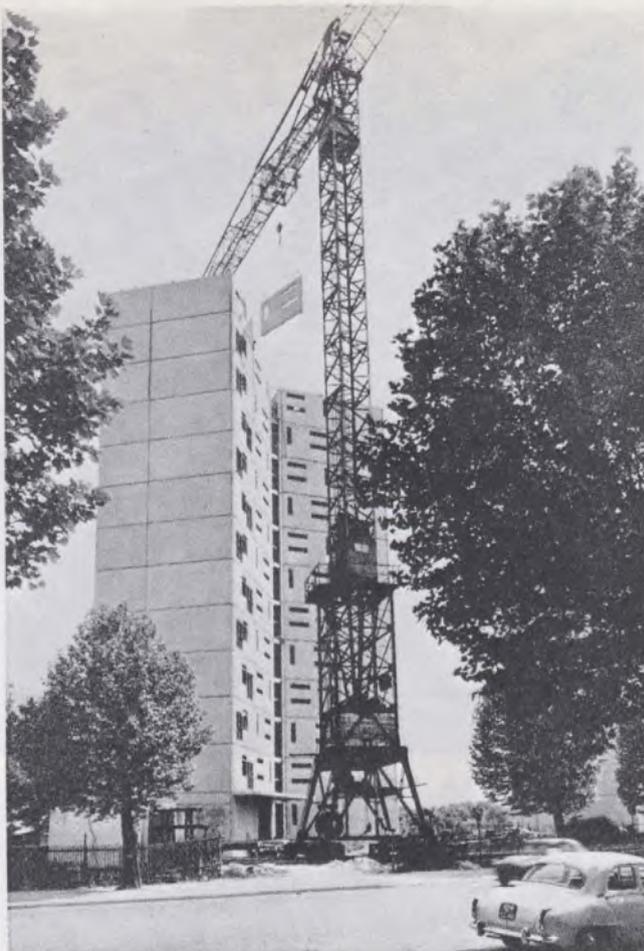
La vibration mécanique assure la qualité du béton. La finition du panneau est telle qu'aucun enduit au plâtre n'est nécessaire. Le traitement thermique accélère le séchage et le démoulage.



Avec ces moules ajustables, on peut fabriquer des panneaux de toutes dimensions



Mise en place des éléments



Tour d'appartements de 13 étages à Paris. Il a fallu deux fois moins de temps que par les méthodes traditionnelles pour l'ériger prête à être habitée.



Quartier général du SHAPE construit il y a 20 ans près de Paris. L'immeuble est encore en excellent état.



Tour d'appartements à loyer modique de 16 étages à Paris



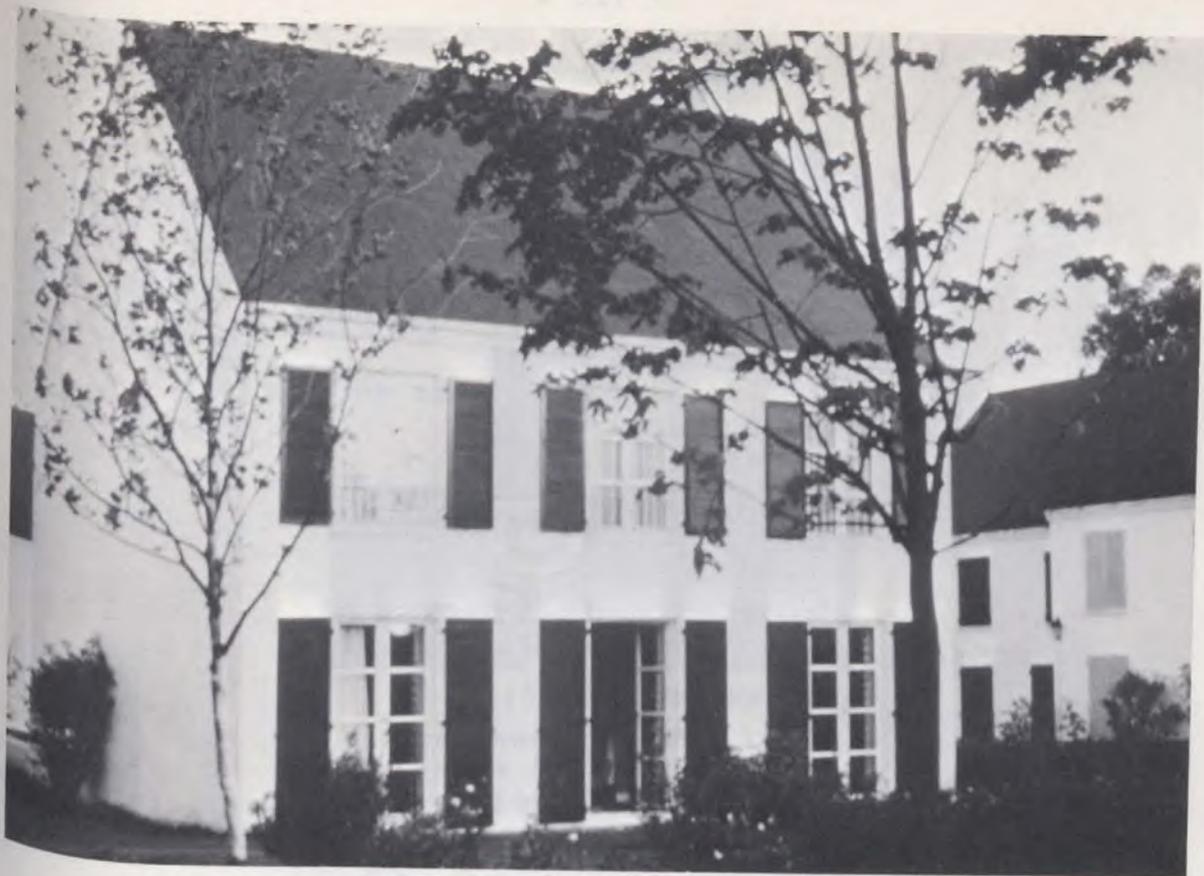
Collectif à loyer moyen



Appartements de luxe près de Paris. Le revêtement extérieur des panneaux est en travertin.



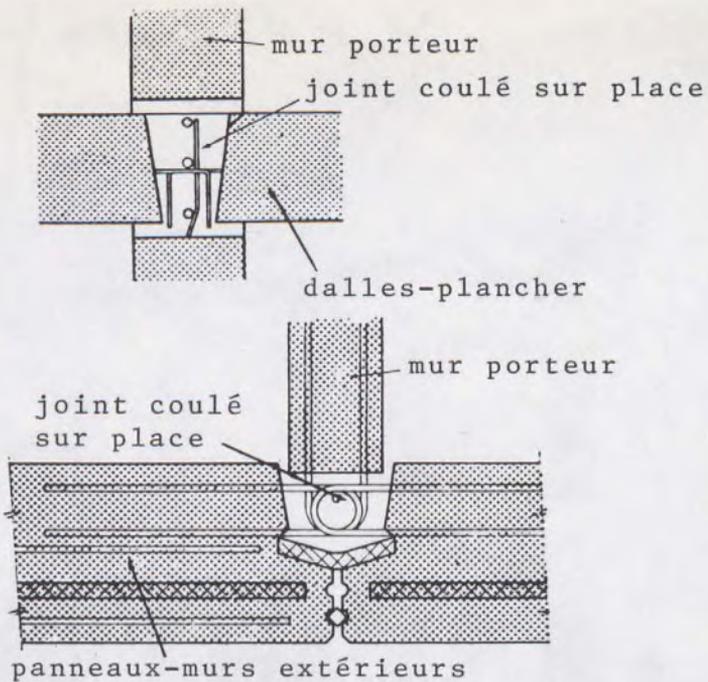
Appartements à loyer moyen près de Paris. Revêtement en travertin et en ardoise.



Maison unifamiliale de l'ensemble Grand-Village

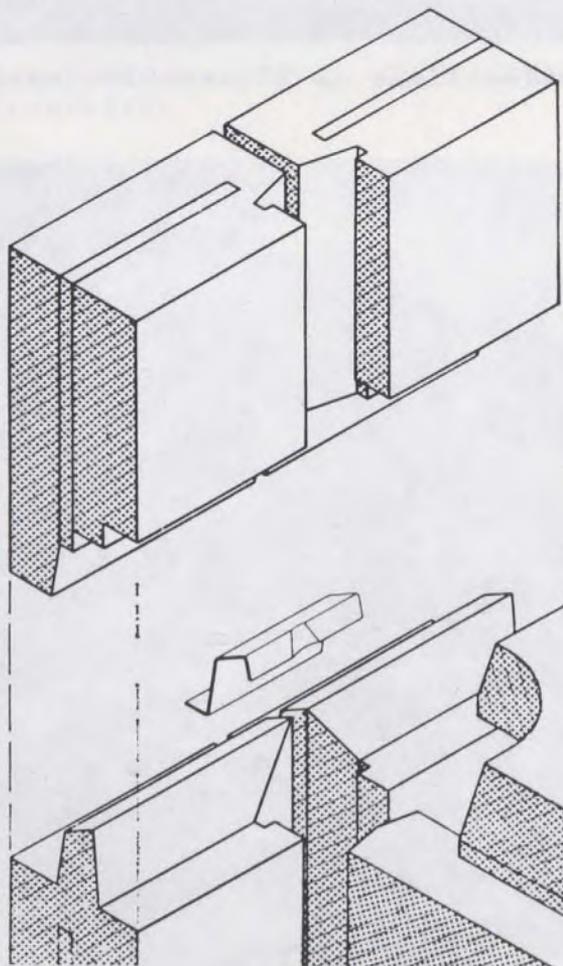


Maisons unifamiliales et maisons de rangée à Grand-Village



panneaux-murs extérieurs

Détail des liaisons entre  
le plancher, les murs  
porteurs et la façade



Vue isométrique des li-  
aisons horizontales et  
verticales de la façade

LES ENTREPRISES  
BALENCY & SCHUHL

Les Entreprises Balency & Schuhl  
14, rue Etex  
Paris 18<sup>e</sup>, France

BALENCY & SCHUHL - PARIS

Principe et origine

Dans le domaine de la préfabrication, la société Balency & Schuhl a mis au point des méthodes nouvelles et originales, depuis ses premières réalisations de grande envergure qui remontent à 1949. A l'heure actuelle, elle produit de grandes unités principalement en béton et par conséquent lourdes. Le nombre d'heures-homme nécessaire à la construction d'un appartement, à partir de la matière première (sable, gravier, ciment) a été réduit de 1800 à 950.

Les caractéristiques particulières des procédés Balency & Schuhl sont les suivantes:

a) Unités fonctionnelles

La société est en mesure, en une seule opération, de couler des "unités fonctionnelles" d'une grande complexité qui offre l'avantage de pouvoir s'adapter à diverses présentations architecturales. Cette unité fonctionnelle comporte les prises d'air, les gaines de ventilation, les conduits à fumée, les chutes à déchets et l'équipement nécessaire à cinq étages. Tous les services sont compris: eau chaude et eau froide, élimination des déchets, électricité, gaz et tous les raccords nécessaires à l'installation du matériel. Cette intégration de la construction exige des techniques spéciales, qui ont été mises au point.

Les unités ont une construction "à coque" dont les parois minces sont quand même assez fortes pour porter les planchers.

Lorsqu'elles sont mises en place sur un plancher achevé, elles ont une stabilité qui facilite le montage.

La société est en mesure de produire une gamme d'unités fonctionnelles, soit des cuisines, des pièces d'eau, des unités-services, des armoires murales, des conduits à fumée et des gaines verticales.

Cette particularité l'a amenée à désigner son système "procédés à unités fonctionnelles porteuses".

Ces unités exigent des moules très complexes, surtout si elles sont mécanisées. En principe, les architectes doivent, dans leur composition, adopter les unités telles quelles, à moins que le nombre en soit si considérable qu'il justifie la fabrication de moules spéciaux.

Les unités fonctionnelles à coque ont l'avantage de résoudre bien des problèmes qui, dans la construction traditionnelle, exigent un certain nombre d'opérations. La précision des réalisations permet la préfabrication de l'équipement et du matériel de raccordement et rend l'installation des plus simple.

b) Panneaux

Une fois les unités fonctionnelles prévues dans les dessins d'architecte, le reste de la construction est réalisé

au moyen de panneaux simples et essentiellement plats, comme dans la plupart des autres systèmes de construction lourde avec des éléments préfabriqués.

La société s'est appliquée à organiser le coulage de ces panneaux. L'utilisation de moules extensibles lui permet de varier la longueur à toute dimension requise, la hauteur, qui est celle de l'étage du bâtiment, étant constante.

Les panneaux-façades constituent en pratique des murs-rideaux, même s'ils conservent la résistance de panneaux porteurs.

Ce sont des panneaux-sandwich à isolation intermédiaire. Les fenêtres, vitrées et munies d'attaches extérieures, en font partie intégrante et sont le plus souvent mises en place en cours de fabrication. La finition des surfaces, qui donne l'apparence aux façades, est très importante.

On dispose, à ce point de vue, d'une gamme de possibilités au coût variable et pouvant s'incorporer au fond du moule ou à la surface du béton: pierre artificielle (reconstituée), finition au jet de sable, frottis, céramique ou mosaïque de verre, etc.

La surface peut d'ailleurs être finie en creux ou en relief.

Les murs de division ont de 15 à 20 cm d'épaisseur et sont parfois pourvus d'une couche mitoyenne d'isolant thermique. Les cloisons ont de 8 à 12 cm d'épaisseur.

Tous les panneaux, cloisons et unités fonctionnelles sont en béton et portent les planchers. Il n'y a pas de charge morte qui proviendrait d'éléments ne faisant pas partie de la charpente. Tous les éléments verticaux contribuent à porter la charge. On fait un usage logique des matériaux; les travées de planchers sont réduites au minimum. La société a mis au point une catégorie spéciale de cadres de portes et de fenêtres qui sont intégrés aux unités en cours de fabrication. Tous les panneaux verticaux sont munis de conduits et de retraits spéciaux pour l'installation du matériel électrique.

c) Escaliers

Les escaliers sont coulés dans des moules spéciaux. On les coule volée par volée, par une technique qui est maintenant courante.

d) Planchers

Même s'ils sont de fabrication relativement simple, les planchers continuent dans la plupart des cas d'être réalisés sur place, au moyen de coffrages spéciaux coupés d'avance, pour les raisons suivantes:

(a) Le plancher d'une seule venue, coulé sur les lieux, ne présente aucune difficulté; la charge s'en répartit également sur tous les murs et les cloisons. Les joints difficiles à bien boucher se trouvent éliminés; le plancher porte également sur toutes les unités porteuses.

(b) Il y a économie d'acier.

(c) Il absorbe et compense les tolérances de montage des éléments verticaux.

(d) Il assure un excellent contreventement et élimine tout jointolement subséquent.

(e) Les divers tuyaux et conduits - chauffage, électricité et même gaz - peuvent être installés sans joint compliqué ni scellement.

(f) On évite ainsi d'avoir à transporter et à monter des unités de charpente qui sont en général les plus lourdes et les plus encombrantes à manutentionner et qui, de ce fait, déterminent la puissance de la grue de montage car, s'ils doivent être transportés en position verticale, ils doivent se poser à l'horizontale.

(g) Ce plancher s'adapte facilement aux variations de forme et de surface des pièces des bâtiments construits à partir de la gamme d'unités verticales qu'offre la société.

Dans les cas de production en grande série, par exemple pour des maisons détachées, la société fait appel à la préfabrication, mais seulement dans des conditions spéciales.

#### Façades et possibilités qu'elles offrent

Le mur-rideau en béton peut s'allier au mur-rideau léger. C'est là une question de coût et de préférence du client.

Le système peut servir à la construction de collectifs de 10 étages ou plus, comme à celle de bâtiments plus courants de cinq étages ou de maisons détachées.

Les moules réglables et la variété de moules tout faits, gardés en stock, laissent beaucoup de liberté de composition architecturale et de présentation esthétique.

La société peut aussi fournir des unités "exclusives" sans recourir à sa série de moules normalisés. Elles coûtent évidemment plus cher que les unités polyvalentes, mais elles peuvent assurer une plus grande individualité aux façades.

### L'USINE

#### a) Ateliers de grande série

L'établissement d'une usine dans une région à grande densité de bâtiments d'habitation, offrant un débouché à une production annuelle considérable, v.g. 1,000 appartements par année dans un rayon de 50 km, est tout ce qu'il y a de facile.

On peut, dans ces conditions, atteindre à un niveau de productivité très élevé, et il est facile de prévoir des ateliers d'une mécanisation très poussée, voire automatisée. Les détenteurs de licence de Balency ou la MBM à Milan en sont des exemples.

La production est organisée sur une base continue, suivant les techniques de la chaîne de montage, les diverses

opérations hautement spécialisées étant exécutées aux postes de travail successifs.

La mise de fonds totale, y compris le matériel de transport et de montage, est de l'ordre de 2 millions de dollars et le nombre d'heures-homme par appartement se trouve réduit à 800.

Toutefois, un programme de construction continue à une telle échelle ne peut pas toujours être garanti par les autorités intéressées.

b) Ateliers de petite série (semi-mobiles)

Etant donné les conditions du marché, les possibilités s'offrant aux usines conçues pour produire de grandes séries d'unités restent fort restreintes. Les entrepreneurs doivent donc se plier à la situation en adoptant des conditions de travail modestes.

C'est dans cet esprit qu'a été établie l'usine de Villeneuve-le-Roi:

(a) La mise de fonds a été réduite à des proportions qui la rendaient accessibles aux ressources normales de la société.

(b) On tire le plus grand parti possible des installations d'entrepreneurs se servant de méthodes traditionnelles.

(c) De telles installations peuvent, sans frais excessifs, être transportées d'un emplacement à un autre.

(d) Cet équipement est suffisant pour la production de petites séries.

La manutention peut s'effectuer, à l'usine et sur le chantier, au moyen de grues à tour d'une puissance de 50 à 75 tonnes métriques (charge x rayon), qui sont aujourd'hui couramment utilisées par les entrepreneurs en construction.

La fabrication se fait dans un bâtiment de construction légère, n'exigeant que des fondations fort simples et muni d'un toit coulissant.

Deux grues de 70 tonnes métriques se déplacent sur des rails posés le long des bâtiments. Elles servent à sortir les éléments une fois qu'ils sont achevés (par le toit qui s'ouvre) et à les déposer, pour ensuite les reprendre, sur une aire de stockage parallèle à l'aire de production.

Comparativement au pont roulant ou au monorail longitudinal, cette méthode a l'avantage d'éliminer les déplacements dangereux de pièces au-dessus des postes de travail.

Avant d'être déposés dans la cour de stockage, les éléments passent par une aire de contrôle où ils sont inspectés et, au besoin, retouchés. Il est indispensable que les unités livrées au chantier soient dans un état parfait.

Le béton est distribué depuis la centrale automatique par des chariots élévateurs à benne.

Les moyens de traitement comprennent le chauffage à l'eau surpressée provenant d'une chaufferie centrale ou le

chauffage électrique à contrôle automatique, de sorte qu'on peut obtenir un rendement journalier de deux à quatre éléments par moule.

La société estime que les rendements ne doivent pas être trop restreints. Autrement, même les plus petites installations de bétonnage et de manutention seraient mal utilisées. Il faut un rendement d'au moins  $60 \text{ m}^3$  par jour pour justifier l'installation d'une usine à grand rendement.

On tient pour une production raisonnable celle de deux appartements par jour avec une seule équipe. Cette production peut être portée à trois appartements par jour en recourant à deux équipes, ce qui donne une production de 500 à 750 appartements par année.

Les moules ont des parties fixes, actionnées par des vérins et permettant de les incliner pour le démoulage et la manutention des noyaux.

Cette mécanisation est indépendante des parties interchangeables ou réglables de ces moules qui, elles, doivent permettre des modifications pour répondre aux exigences des diverses présentations.

Une usine comme celle-là, y compris les grues à tour, les chariots de manutention du béton, les malaxeurs et les compresseurs (classés comme matériel d'un entrepreneur ordinaire), y compris également les remorques et les tracteurs

(pour le transport dans un rayon de 50 km) et l'outillage de montage, suppose une mise de fonds de l'ordre d'un million de dollars.

### MONTAGE

Lorsque l'usine a une production continue et effectuée des livraisons régulières, le montage peut progresser sans difficulté. Les éléments préfabriqués sont pris sur les remorques qui arrivent au chantier à des intervalles fixés d'avance avec précision.

On évite ainsi le stockage temporaire des éléments au chantier et la "double manutention" qui en résulte.

La capacité de production de l'usine doit répondre en tous points aux exigences du chantier. Il s'est commis bien des erreurs du fait d'une capacité insuffisante. Le travail au chantier s'en ressent à tel point que le temps de montage peut facilement être doublé, si l'équipe doit constamment attendre l'arrivée de nouveaux éléments.

Le montage ne présente aucune difficulté du point de vue technique. L'alignement et la fixation des unités verticales s'effectuent au moyen d'étais à inclinaison variable, maintenant d'usage courant. Le procédé de cette société prévoit la fixation des étais à chaque extrémité des panneaux, au moyen de boulons qui s'insèrent dans des douilles filetéés, prévues dans les éléments verticaux et les planchers.

Les unités fonctionnelles se tiennent par elles-mêmes et sont fort utiles pour assurer la stabilité pendant le montage.

Les montants de portes étant intégrés dans les éléments préfabriqués, des "gabarits de portes" permettent à l'équipe de montage de vérifier la position des éléments qui forment les parois des pièces.

Les planchers sont coulés sur des coffrages-outils spéciaux, supportés par des étais extensibles légers.

Ces coffrages, pouvant facilement s'adapter à toute forme, élargissent passablement les possibilités de planification. L'armature et les tuyaux de chauffage sont mis en place en une seule opération.

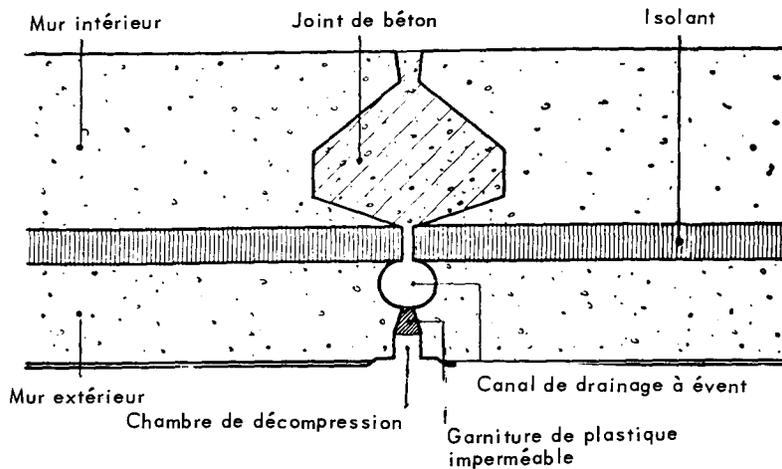
Après durcissement des planchers, les coffrages s'enlèvent facilement pour être déménagés à la pièce suivante.

Les rares joints horizontaux (au niveau du plancher) et verticaux sont alors calfeutrés; on procède aux dernières retouches à la meule et l'appartement est prêt à recevoir l'équipement et tous les accessoires. L'équipe de montage n'a plus à y toucher.

#### JOINTS

Cette société a mis au point un joint à double garniture de scellement. La première garniture, en plastique, vient s'insérer à l'arrière d'une petite chambre de décompression qui réduit la pression exercée par les grands vents, et

la seconde est en béton. Elles sont séparées par un canal de drainage muni d'un évent.

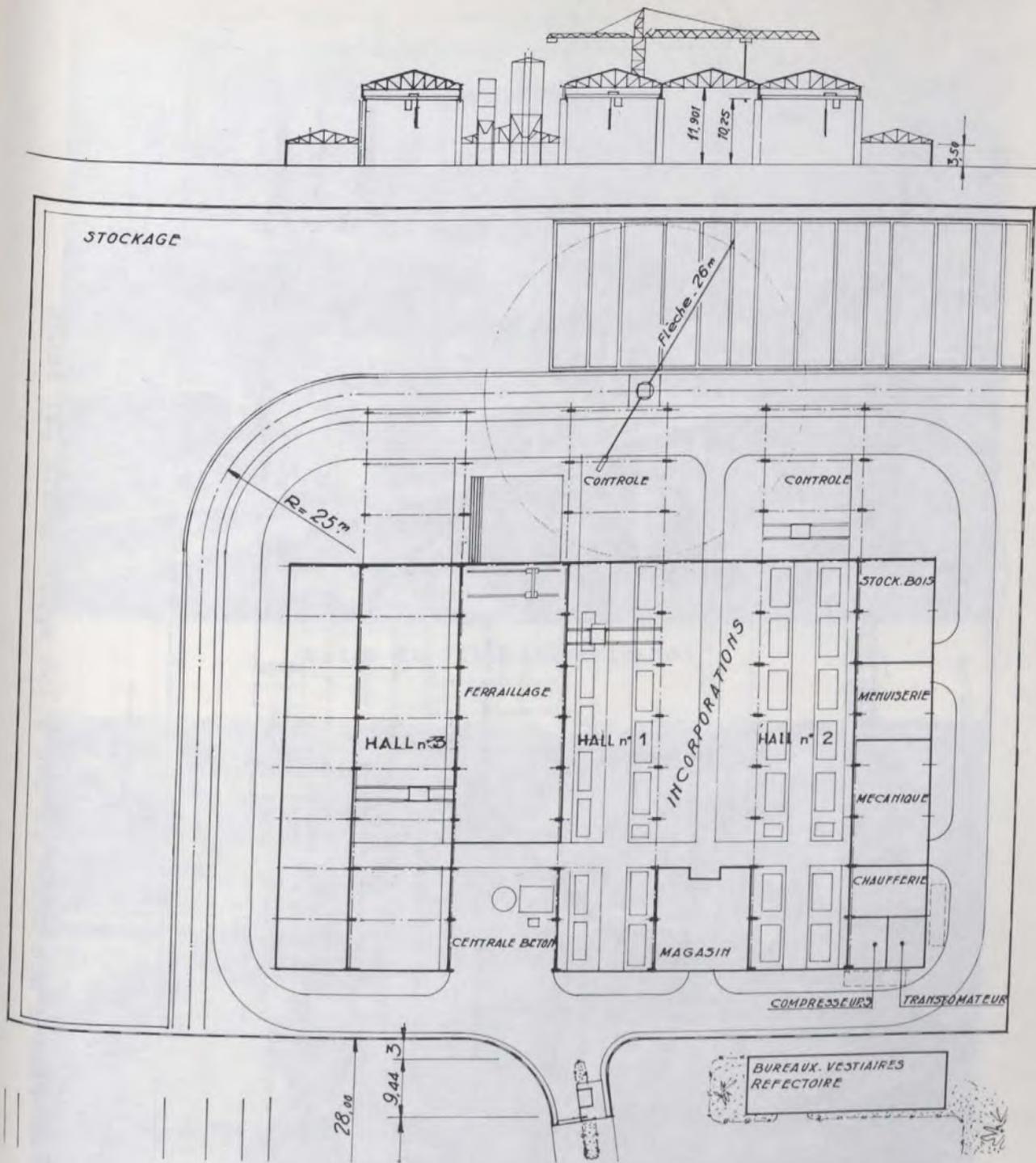


Détail d'un joint de façade

### Observations générales

1. Cette société a deux usines à Villeneuve-le-Roi, une qui produit des unités destinées à des logements unifamiliaux et l'autre pour approvisionner les constructions à plusieurs étages.
2. Une maison préfabriquée, de cinq pièces, revient à \$14,000 comparativement à environ \$18,000 pour des maisons identiques construites par les procédés traditionnels.
3. Les maisons reviennent à environ \$24 le pied carré.
4. Les maisons exigent environ 1,000 heures-homme.

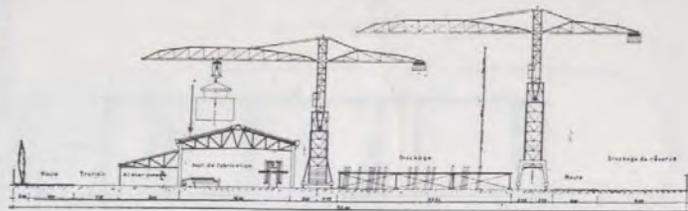
5. L'usine produit une maison de cinq pièces tous les deux jours, soit 250 par année.
6. Les deux usines sont bien organisées et utilisent un excellent équipement mécanique.
7. L'usine d'appartements a une production de 750 par année.



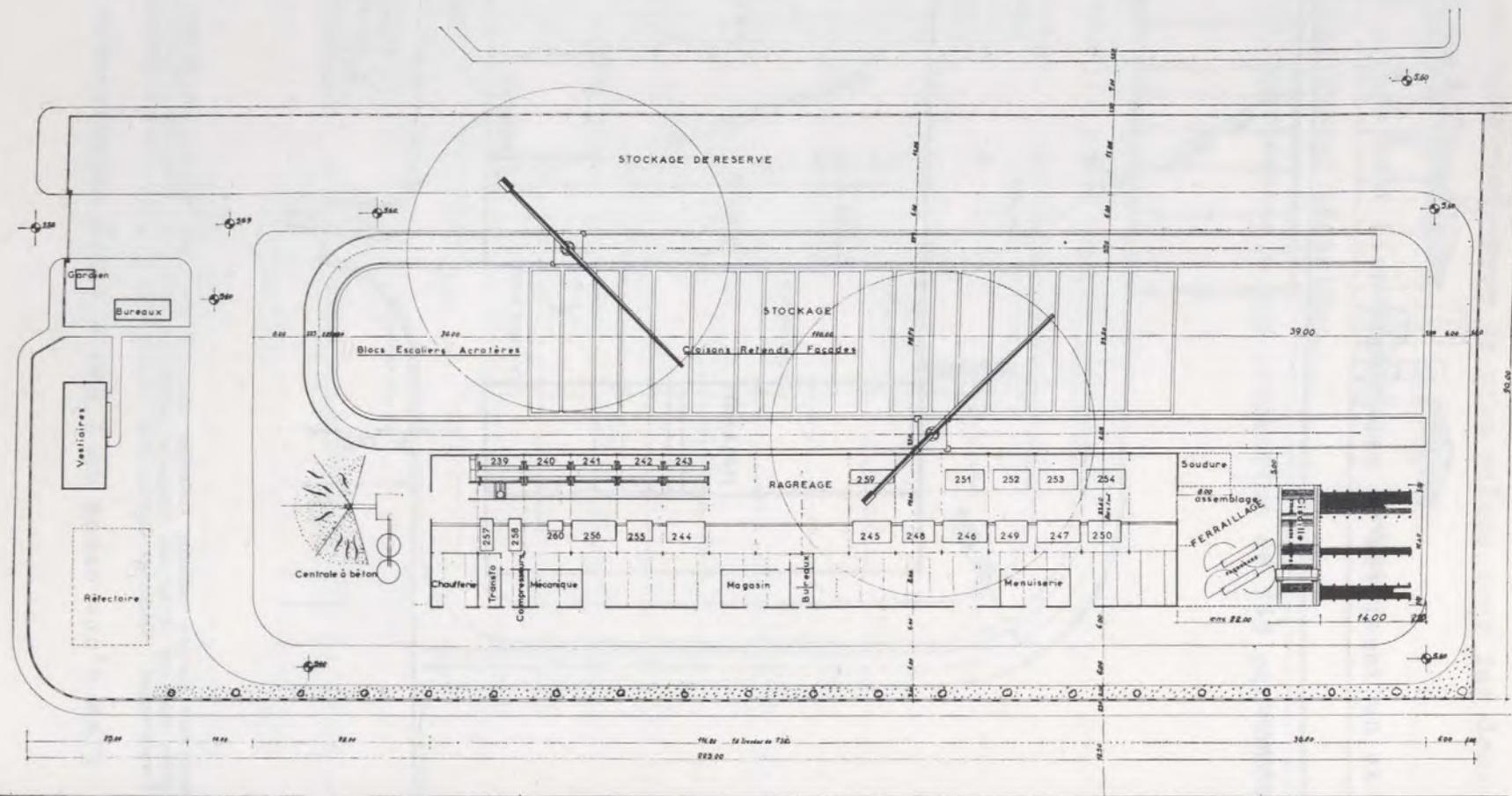
Stockage : storage yard. Contrôle : checking. Ferrailage : steel-fixing. Hall : shed. Magasin : store. Bureaux, vestiaires, refectoirs : offices, cloakrooms, canteen. Stock bois : timber store. Menuiserie : joiners' shop. Mécanique : fitters' shop. Chaufferie : heating plant. Compresseurs : compressors. Transformateurs : transformers. Centrale béton : concrete mixing plant. Flèche : radius. Incorporations : installing ancillary.

Plan d'une usine de 1,000 à 1,500 appartements par année

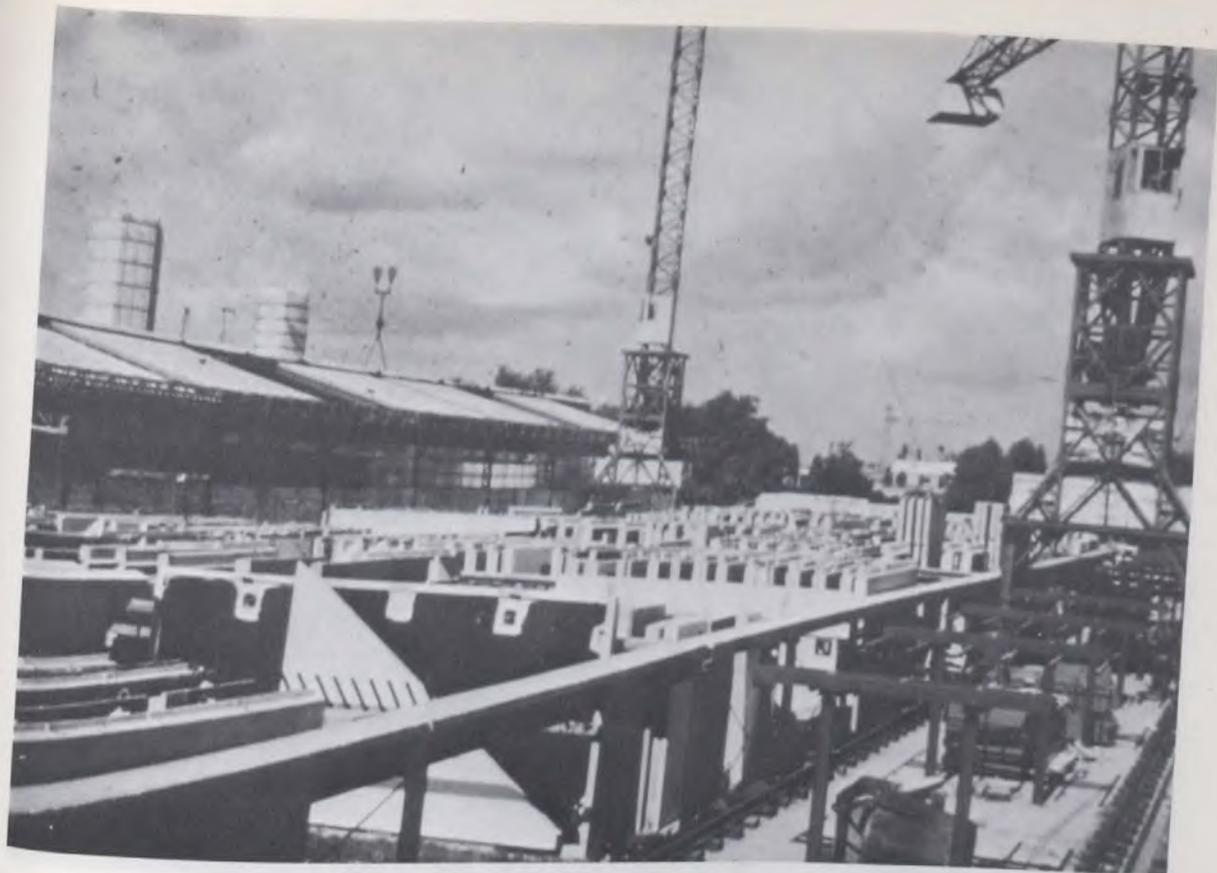
Stockage de réserve : storage yard.  
 Soudure : welding shop. Assemblage :  
 assembly. Ferrailage : steel-fixing.  
 Façonnage : bar-bending. Menuiserie :  
 joiners' shop. Magasin : storeroom.  
 Mécanique : fitters' shop. Chaufferie :  
 heating plant. Transfo : transformer.  
 Compresseurs : compressors. Centrale



à béton : concrete mixing plant.  
 Réfectoire : canteen. Bureaux : offices.  
 Vestiaires : cloakrooms. Cloisons,  
 refends, façades : partitions, division  
 walls, façades. Blocs, escaliers, acro-  
 tères : stairs, coping. Gardien : gate-  
 keeper. Ragraage : check point.



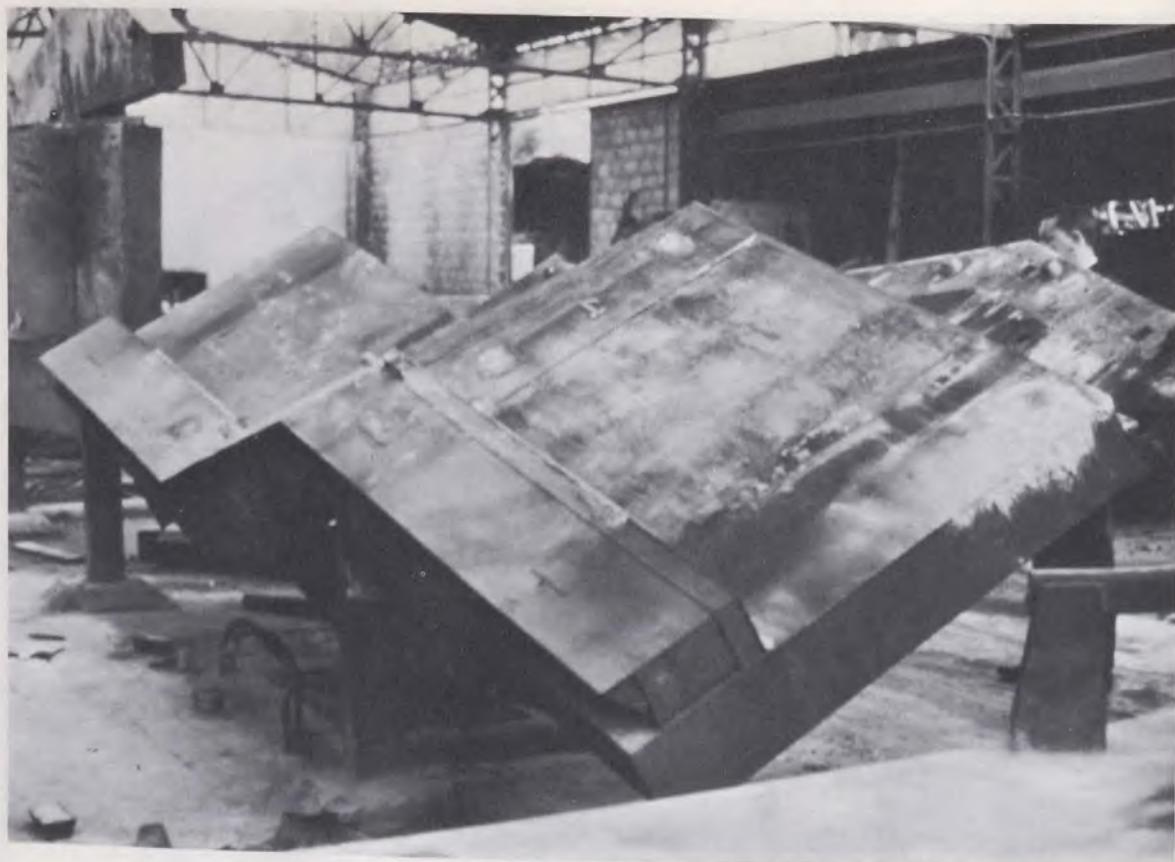
Plan d'une usine de 500 à 750 appartements par année



Usine de Villeneuve-le-Roi



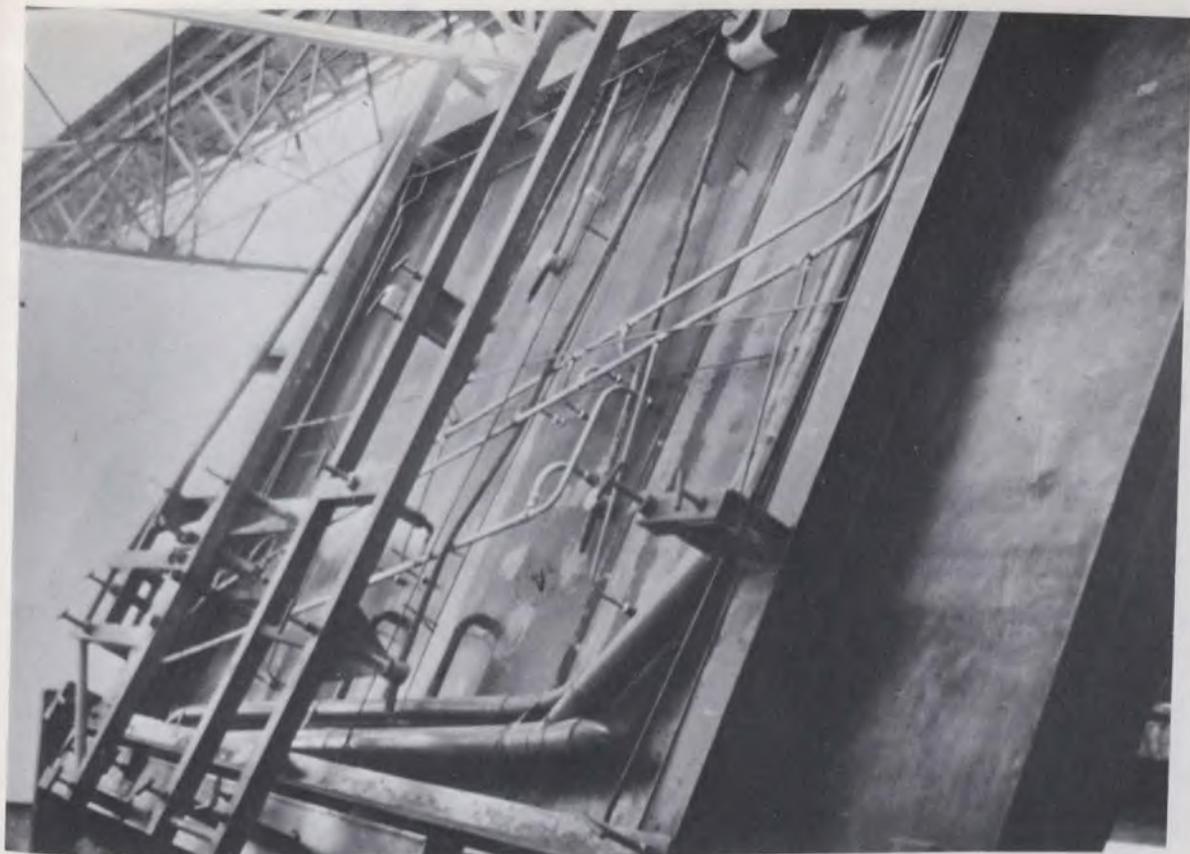
Moules à façades horizontaux



Moule à escalier



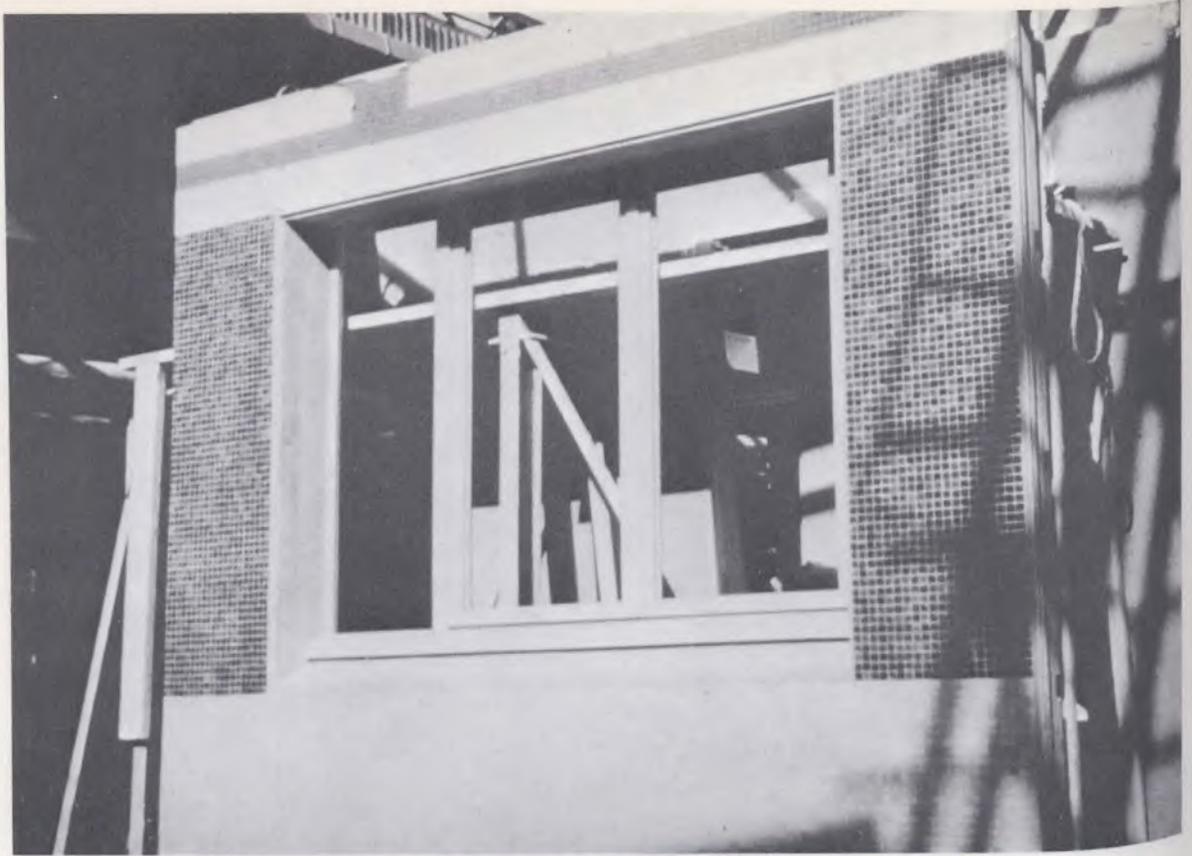
Escalier préfabriqué



Moule avec conduits de plomberie, de chauffage et d'électricité en place pour la cuisine et la salle de bain



Décoffrage d'une unité fonctionnelle



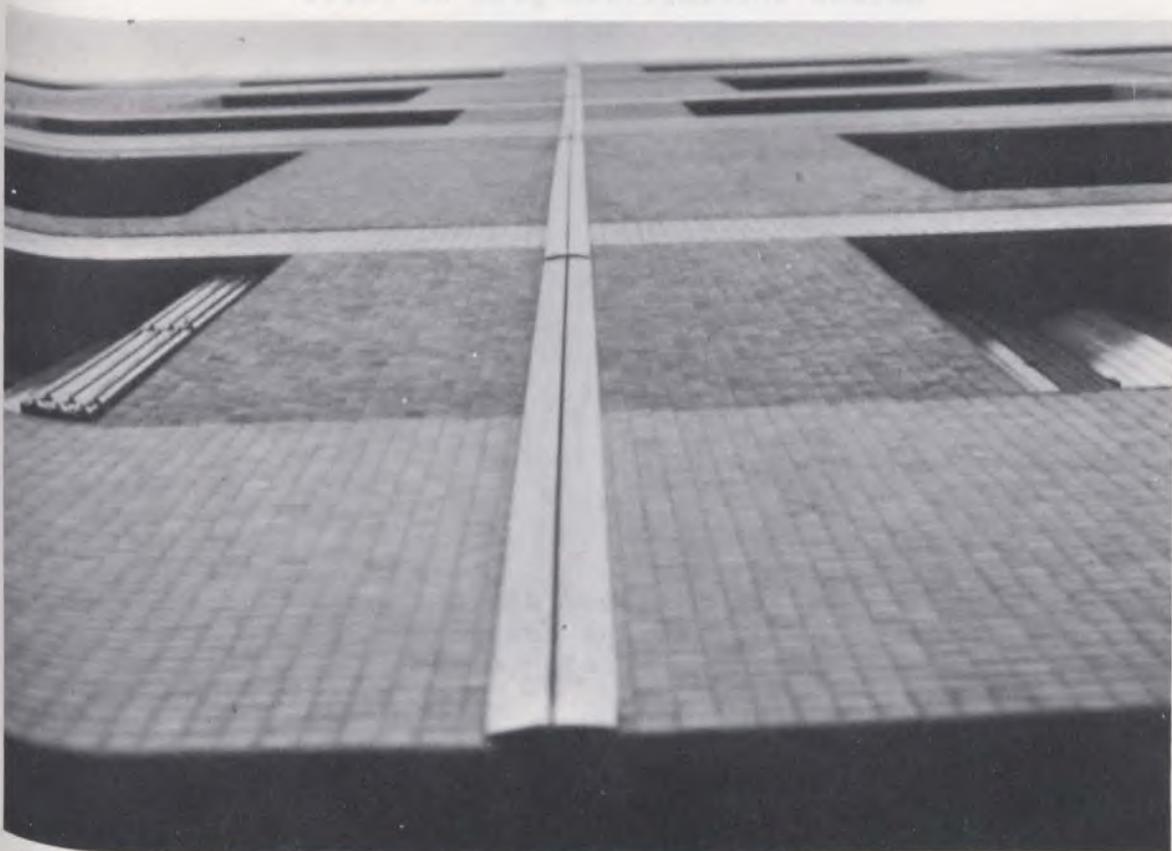
Panneau-façade



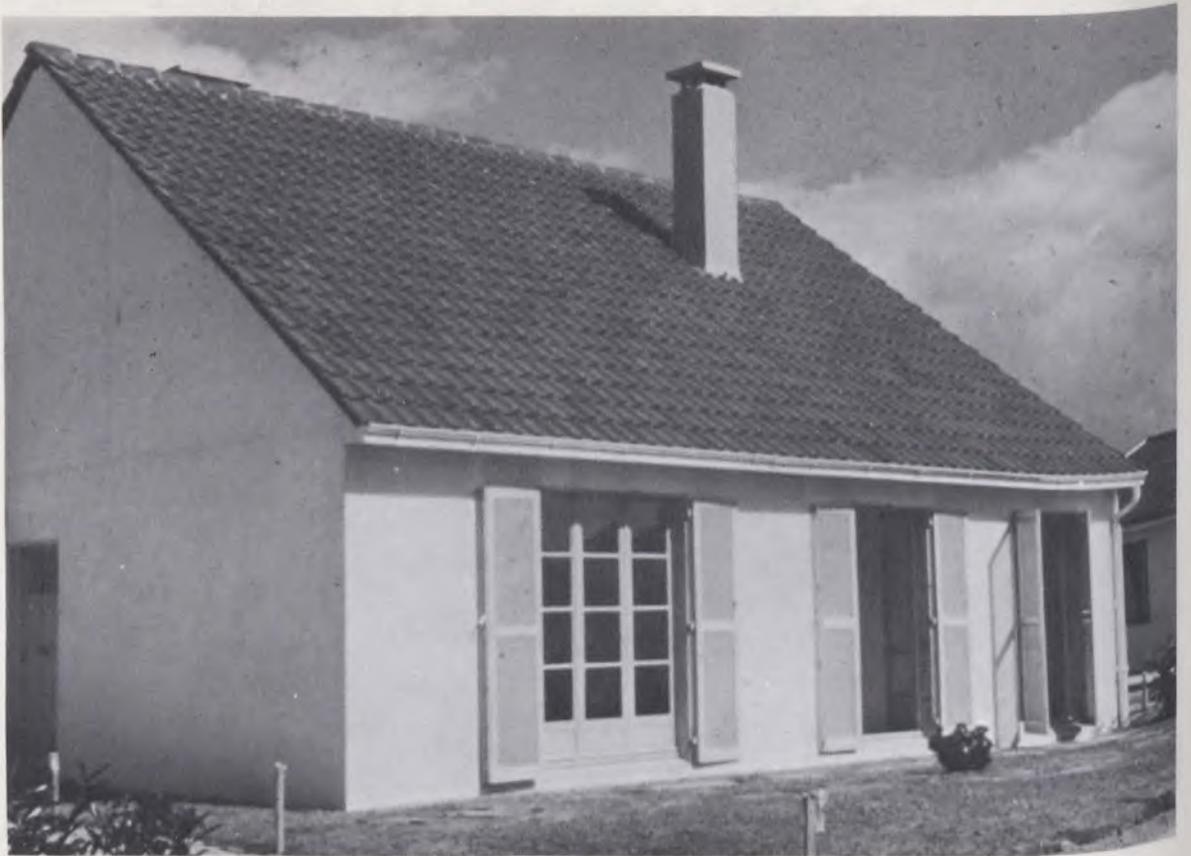
Planchers coulés en place sur coffrage-outil



Appartements à loyer modique en construction près de Paris



Appartements à loyer modique en construction près de Paris



Maison unifamiliale près de Paris

IMPRESA GENERALE COSTRUZIONI MBM s.p.a.

Impresa Generale Costruzioni MBM s.p.a.  
Trezzano sul Naviglio  
Milan, Italie

La société Balency-MBM a mis sur pied une organisation industrielle pour la production de logements en recourant aux méthodes et aux techniques industrielles les plus avancées et en se servant de moyens mécaniques et de matériaux modernes.

Elle est d'avis que la meilleure technique actuelle est la préfabrication de panneaux-murs porteurs au moyen d'un bon outillage. Ces panneaux, en béton, sont complètement finis avec revêtements extérieurs, finitions intérieures, fenêtres, isolant et conduits pour l'électricité; ils ont la même longueur et la même hauteur que les pièces. De l'usine où ils sont coulés, les panneaux sont acheminés au chantier et montés au moyen de grues; ils forment une construction très solide.

De l'avis de cette société, le précochage ne saurait à lui seul constituer une technique moderne de construction: ce n'est au contraire que la première étape. La seconde étape, et de beaucoup la plus importante, réside dans l'organisation scientifique du travail et la programmation de toutes les opérations, jusqu'à la fine pointe de l'industrialisation. D'après ce concept global, l'organisation du travail assure un flot continu de production, depuis le coulage des panneaux de base jusqu'aux logements achevés, fort analogues à la continuité d'une chaîne de montage automobile.

- Réduction considérable de la main-d'oeuvre, surtout spécialisée; possibilité de former rapidement une main-d'oeuvre non spécialisée; meilleure continuité de l'emploi; plus grande sécurité pour tout le personnel; avantages divers qui peuvent se comparer à ceux d'autres industries.
- Vitesse remarquable de la construction et parachèvement des bâtiments dans les délais prévus, économisant au client des frais d'intérêt pendant la construction, et rentabilité plus rapide du bâtiment.
- Meilleure qualité qu'il n'est possible d'obtenir par les moyens traditionnels, étant donné que les parties fabriquées à la machine répondent à des normes uniformes établies d'avance, ce qui n'est pas le cas des éléments fabriqués sur le chantier. De plus, les exigences mêmes de la production industrielle imposent l'utilisation exclusive de matériaux choisis avec soin, de crainte de compromettre gravement tout le procédé.
- Prévisibilité des finitions, cauchemar de la construction traditionnelle, et économie, puisque tout l'équipement est intégré dans les panneaux.
- Toutes les coques sont absolument à l'épreuve du feu. Murs extérieurs, cloisons et escaliers sont faits de matériaux ayant la plus haute cote de résistance au feu.

- La solidité du bâtiment ne s'applique pas seulement aux éléments porteurs: elle s'étend à toutes les finitions et aux parties mécaniques. La durabilité peut donc être garantie, et l'entretien reste à peu près nul durant des périodes inespérées en construction traditionnelle.
- Possibilité quasi illimitée de diversification architecturale. La valeur technologique supérieure d'un bâtiment réalisé par les procédés Balency n'empêche pas la beauté et l'esthétique.
- Possibilité pour le client de vérifier toutes les parties des bâtiments produits en série avant de conclure un contrat.
- Possibilité de réaliser des installations de toute taille pour répondre à la demande. La capacité de production peut varier de 300 logements par année (ou 150 maisons unifamiliales) à 2,000 ou plus. Avec de petites installations mobiles mais efficaces qui peuvent être déménagées d'un emplacement à un autre, aussi bien qu'avec de grandes installations permanentes, on arrive facilement au résultat désiré. La productivité, il va sans dire, est proportionnelle au placement.
- Réduction du prix de revient (temps de la main-d'oeuvre, obtention et installation des services), qui l'emporte de beaucoup sur l'amortissement des installations nécessaires,

l'économie allant de 10 à 15 p. 100 par rapport au prix de revient de la construction traditionnelle.

- Elimination quasi complète des installations au chantier, puisqu'elles ont été déménagées à l'usine: elles peuvent être fort réduites et rester tout à fait rentables. La livraison des panneaux peut s'effectuer économiquement dans un rayon de 70 milles ou plus.
- La même usine peut produire des bâtiments de tout genre: immeubles à plusieurs étages, maisons unifamiliales, écoles, dortoirs, hôtels, hôpitaux, cliniques, etc. Les mêmes séries de panneaux peuvent du reste servir à la réalisation de différents plans. On peut à la fois répondre aux exigences des marchés à prix modique, des marchés à prix moyen, des marchés de luxe en variant les dimensions, les formes et les finitions.

Dans le système Balency-MBM, le producteur se représente le bâtiment réalisé à partir d'éléments simples, le plus souvent des dalles fabriquées hors du chantier et ensuite assemblées et montées à pied d'oeuvre.

Ces éléments, en plus de définir le volume du bâtiment et de satisfaire aux exigences esthétiques, suivant la place qu'ils occupent dans la construction, la forme et les matières avec lesquelles ils sont réalisés, contribuent à la stabilisation, à l'isolement thermique et phonique et remplissent d'autres rôles secondaires.

### Caractéristiques du système Balency-MBM

Les bâtiments sont entièrement ou partiellement réalisés au moyen de panneaux-murs préfabriqués dans des moules verticaux et normalement supportés par des assises de plancher horizontales coulées à pied d'oeuvre.

Ces panneaux sont en béton armé de treillis métalliques et de tiges de fer soudées.

Ils sont produits dans des usines possédant un équipement spécial; après durcissement, ils sont transportés au chantier. Leur montage se fait à l'aide d'étais inclinés réglables. Vient ensuite le coulage du plancher en béton, de pleine grandeur, qui sert d'assise. Ce plancher se coule sur caisson de manière à englober toutes les têtes de panneaux et les fers d'armature en saillie, assurant à l'ensemble une solidité monolithique par liaison des éléments verticaux et horizontaux. Les scellements au mortier de ciment parachèvent les liaisons verticales entre les panneaux, tandis que la continuité de l'armature d'acier, avec soudure solide des joints, est assurée aux endroits où s'exercent les forces de traction.

#### Eléments préfabriqués

Eléments-murs intérieurs - de la hauteur de l'étage du bâtiment et variant en longueur à partir de moins d'un mètre jusqu'à environ 6 mètres. Leur épaisseur est adaptée

aux exigences de stabilité et au degré d'isolation thermique et phonique désiré. Les conduits et les boîtes de la filerie électrique sont intégrés dans la paroi. On prévoit aussi des points d'attache pour les chambranles de porte, ou les chambranles mêmes sont intégrés dans le panneau. Le Tableau 1 représente un panneau assujéti à des contraintes de compression seulement. L'armature d'acier est en général prévue pour répondre aux besoins du levage et du transport, indépendamment des tiges à prévoir pour assurer la liaison avec le reste de la structure.

Le Tableau II illustre un panneau conçu pour assurer le contreventement, ou qui peut être assujéti à des contraintes de traction. La principale armature verticale est conçue pour chevaucher celle du panneau sous-jacent et y être soudée.

Les panneaux-murs extérieurs comprennent:

- une couche extérieure de béton armé d'une épaisseur minimale de 5 cm (à l'exclusion du revêtement éventuel), sur laquelle le revêtement est collé;
- une épaisseur de polystyrène expansé qui sert d'isolant thermique, d'une épaisseur variant de 2 à 3.5 cm, selon les besoins;
- une couche intérieure de béton armé qui joue le rôle d'ossature, d'une épaisseur minimale de 10 cm.

La couche extérieure, supportée par la couche intérieure, y est reliée par une armature renforcée. On laisse,

au besoin, des ouvertures pour les fenêtres dans ce panneau-mur. Le Tableau III représente un panneau-mur extérieur type.

Ces panneaux, en général, ne sont assujétis qu'à des contraintes de compression. Pour assurer la stabilité du panneau lui-même, la principale armature verticale est cependant conçue selon les mêmes exigences que celles du panneau du Tableau II.

Blocs fonctionnels - Pour assurer l'équipement des logements, on fabrique différents genres de blocs (toujours autonomes), soit des descentes à déchets, des blocs pour les panneaux verticaux des systèmes d'électricité et de chauffage, etc.

Le Tableau IV illustre, par exemple, un bloc qui constitue le mur de division entre la salle de bain et la cuisine.

Il incorpore des tuyaux pour l'élimination des vapeurs du chauffe-eau au gaz, des gaines de ventilation pour la salle de bain et la cuisine, une cheminée pour des fourneaux éventuels. Il comprend aussi tous les tuyaux d'amenée d'eau chaude et d'eau froide et de vidange de la salle de bain et de la cuisine, et les ouvertures pour le passage de la filerie.

Les éléments de limons d'escaliers - comprennent le plancher attaché, à un bout, aux panneaux-façades et fixés à

l'autre aux panneaux de l'étage (coulés sur place). Les marches sont également précoulées comme on le voit au Tableau V.

Procédés de fabrication - Les parties sont préfabriquées dans des moules métalliques dont les surfaces de contact sont chauffées à 90 ou 95°C au moyen d'un serpentín à eau chaude, qui les garde à une température de 85 à 90°C.

A ces températures, la prise du béton se trouve accélérée et, au bout d'une période allant de deux à quatre heures selon l'épaisseur de l'élément, on peut procéder au démoulage. Cette opération n'impose pas aux panneaux de grandes contraintes de distorsion, toutes les contraintes imposées par le poids réel du panneau lui-même étant absorbées par l'armature d'acier qui résiste à la traction. C'est pourquoi les moules sont de préférence verticaux et si, aux fins du coulage, on doit les mettre en position horizontale on les ramène ensuite à la verticale au moyen de vérins hydrauliques.

Une fois démoulés, les éléments passent dans la zone d'inspection et sont empilés à la verticale sur l'aire de stockage où le séchage se termine sur une période minimale de dix jours.

### Montage

Une fois les fondations terminées par des méthodes adaptées à la nature du terrain et le plancher coulé, on procède à l'aménagement du bâtiment à réaliser. Dans la pratique,

les tracés sont reportés sur le plancher à l'échelle de la construction elle-même. Pris sur les remorques par la grue à tour, les panneaux sont placés sur le tracé et soutenus par des coins en duraluminium. Leur stabilité est ensuite temporairement assurée par des étais inclinés réglables attachés aux panneaux et au sol au moyen de tire-fonds du genre qu'on utilise sur les chemins de fer. Les panneaux sont ensuite alignés par le déplacement des coins et des étais inclinés. On procède ensuite au scellement des joints horizontaux avec un mortier de ciment épais. Les joints verticaux se coulent par le haut, au mortier plastique. On coule les planchers sur des caissons de contreplaqué aux dimensions de l'espace occupé par les panneaux verticaux. Avant le coulage, les fers qui excèdent en tête de panneau sont repliés à l'épaisseur du plancher et on fait tous les raccords d'électricité et de chauffage à intégrer dans les planchers. On insère également dans les planchers les douilles qui recevront les tire-fonds servant à bloquer le pied des étais.

#### Stabilité de la charpente

Les dalles préfabriquées sont liaisonnées pour former une structure en forme de boîte.

Les éléments de liaison sont ainsi faits qu'on en reconnaît les séries dans tous les secteurs de la construction à réaliser; ils peuvent être représentés comme dans le Tableau VI.

Reportons-nous à ce tableau et supposons que la dalle (a) est attachée au sol. On voit qu'une liaison comme celle qui existe entre les murs (b) et (c), non alignés et attachés au bas au moyen de deux paires de charnières, et la dalle (d), ne laisse à cette dalle aucune liberté de mouvement, de sorte qu'on a réalisé une construction stable en forme de boîte. Un agencement comme celui que représente le Tableau VI peut donc assurer l'équilibre des forces, quelle qu'en soit la direction dans l'espace. La direction des dalles et des charnières et la nécessité de rendre valable la disposition idéale des liaisons dans l'espace ou seulement dans des plans ou des directions déterminées autour d'axes de rotation déterminés, finis ou infinis, dépendront de la direction, du sens et de la nature de ces forces.

C'est donc dire qu'on étudie le détail des liaisons dans chaque cas. Il n'en existe cependant que deux types de base:

- (a) à charnières
- (b) à supports rigides.

La "charnière" se définit comme une liaison capable de transmettre des forces de cisaillement, avec ou sans intervention de forces normales.

Le support "rigide" se définit comme une liaison capable de transmettre des forces de cisaillement seulement à l'intervention des forces normales suffisantes.

### Diagrammes de stabilité

Le Tableau VII illustre une partie type d'un bâtiment construit par les techniques Balency-MBM. (Les Tableaux VIII, IX et X représentent des coupes types horizontales et verticales du Tableau VII).

On peut représenter le diagramme de stabilité comme dans le Tableau XI, où il est possible d'identifier, au moyen de coupes soit parallèles, soit orthogonales à la façade, des coupes comme celles du Tableau XII. Les liaisons représentées peuvent être des charnières véritables ou simplement des supports rigides.

Lorsque la liaison (a) du Tableau XII ne doit réagir qu'à des forces verticales, de haut en bas, il suffit de prévoir un simple support rigide. Dans la pratique, cette liaison est réalisée comme dans le Tableau XIII.

La liaison (b) est toujours une charnière véritable (Tableau XIII).

Lorsque, d'autre part, des forces verticales s'exercent de bas en haut, la liaison (a) illustrée dans le Tableau XII devient une charnière véritable qui peut transmettre une force de traction (Tableau XIV).

La liaison (c) peut être considérée comme un support rigide lorsque des forces verticales s'exercent de haut en bas. Elle peut être réalisée comme l'illustre le Tableau XV.

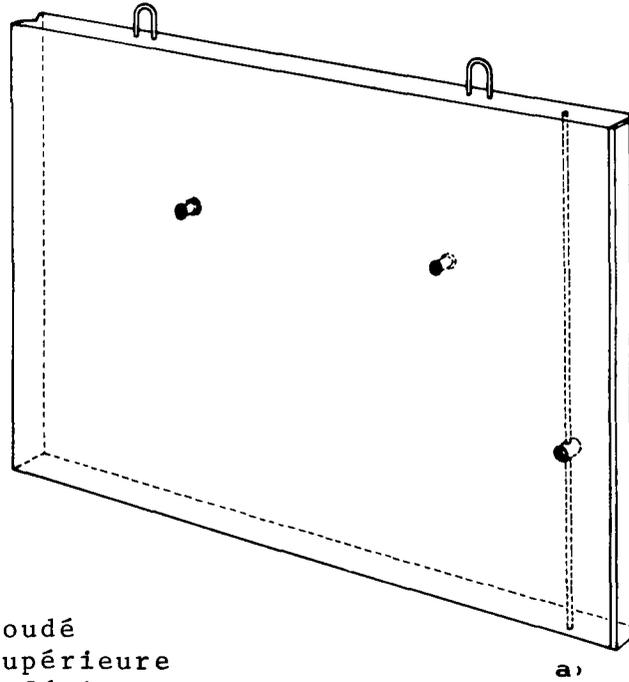
Si, par contre, les forces verticales s'exercent de bas en haut, les fers de liaison du panneau inférieur excèdent l'assise du plancher et sont soudés aux fers correspondants du panneau supérieur comme dans le Tableau XVI.

Les forces combinées de cisaillement qui pèsent sur le pied du panneau (en considérant la combinaison des forces qui agissent sur tout l'étage du bâtiment) sont absorbées par les forces de friction qui s'exercent, par l'action correspondante des charges verticales, entre les extradados des planchers et l'assise de mortier de scellement et le panneau vertical superposé. En l'absence de charges verticales, la force de cisaillement est absorbée par un élément d'armature disposé comme dans les Tableaux XIV et XVI.

(On calcule que chacun des panneaux n'absorbe que les composantes des forces de cisaillement en direction de la grande dimension horizontale du panneau lui-même.)

TABEAU I

PANNEAU INTÉRIEUR assujéti  
seulement à des contraintes  
de compression



1. Treillis soudé
2. Armature supérieure
3. Armature inférieure
4. Crochets de levage
5. Douilles d'insertion des vis
6. Enfoncement pour boîte de sortie d'électricité
7. Conduits de filerie électrique
8. Montant de porte

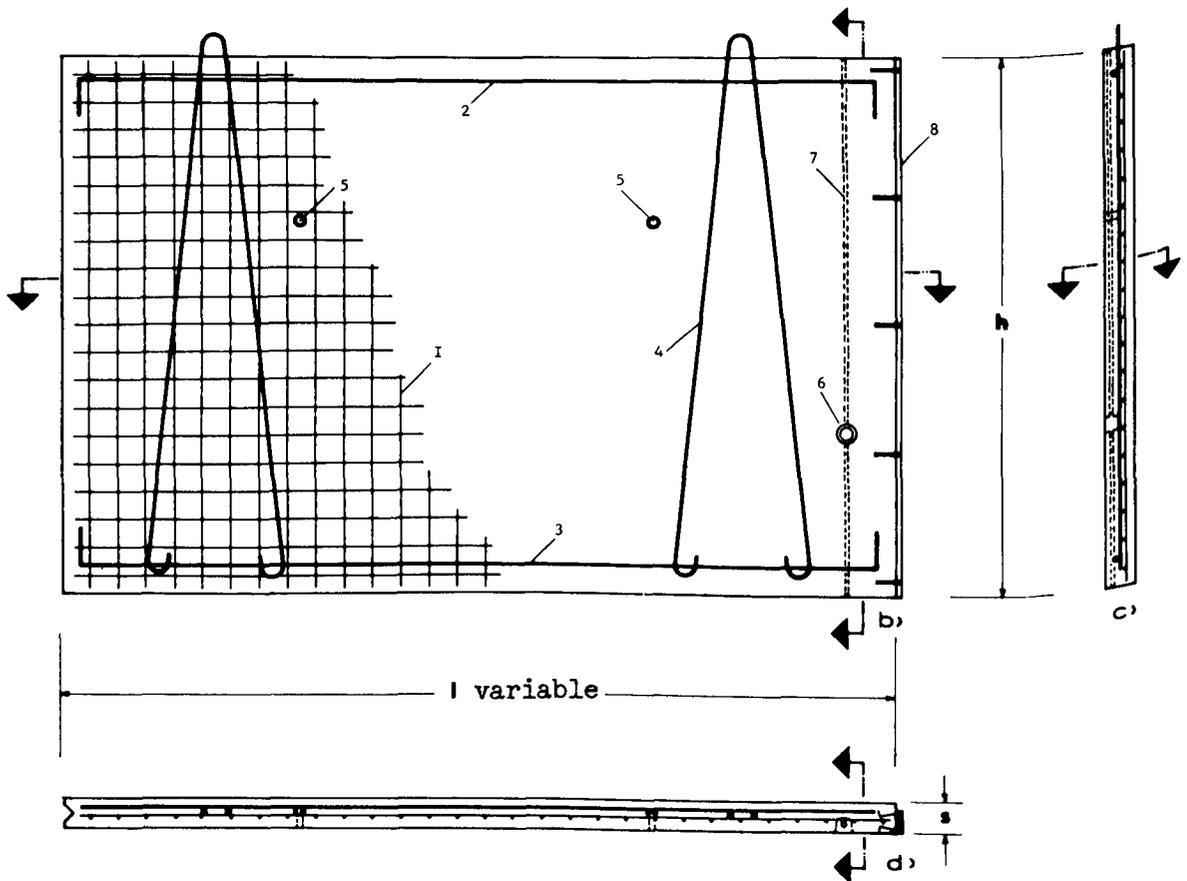
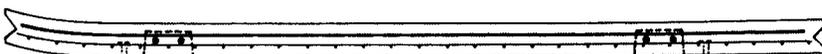
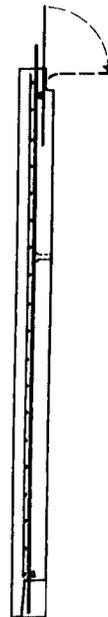
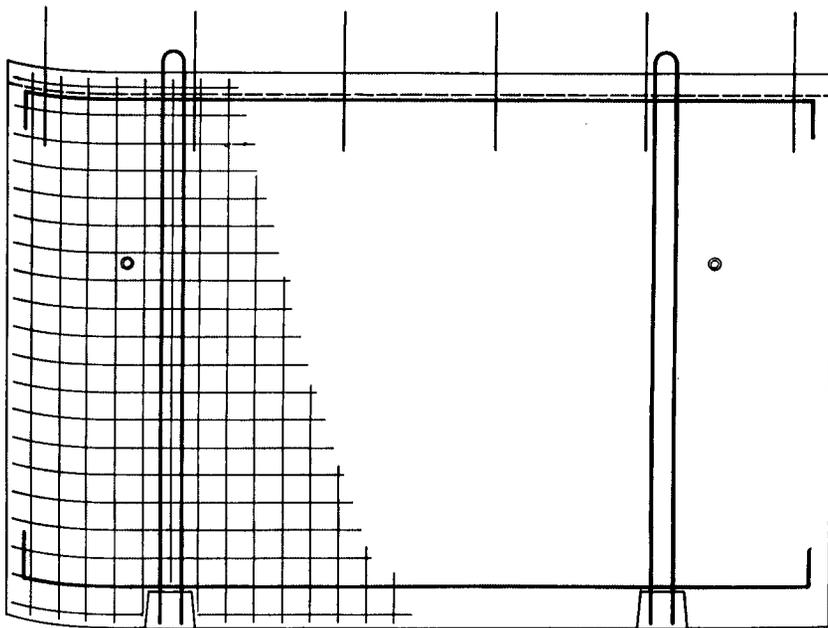
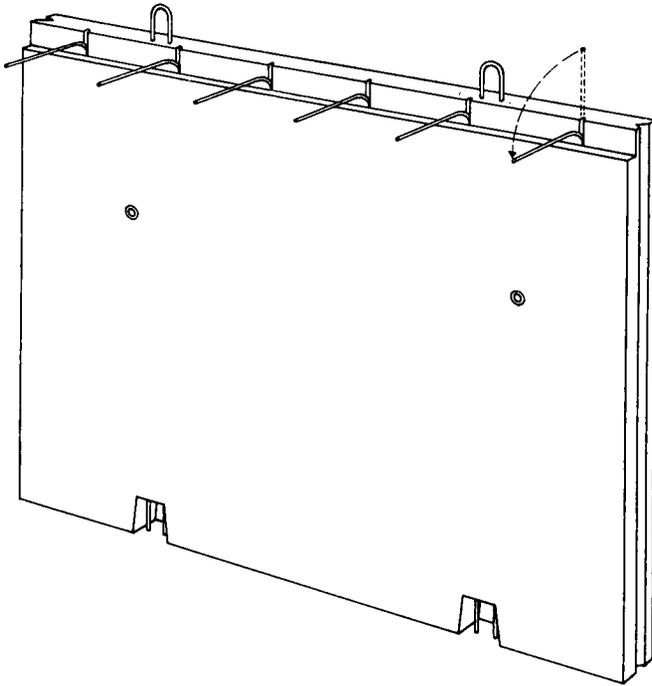
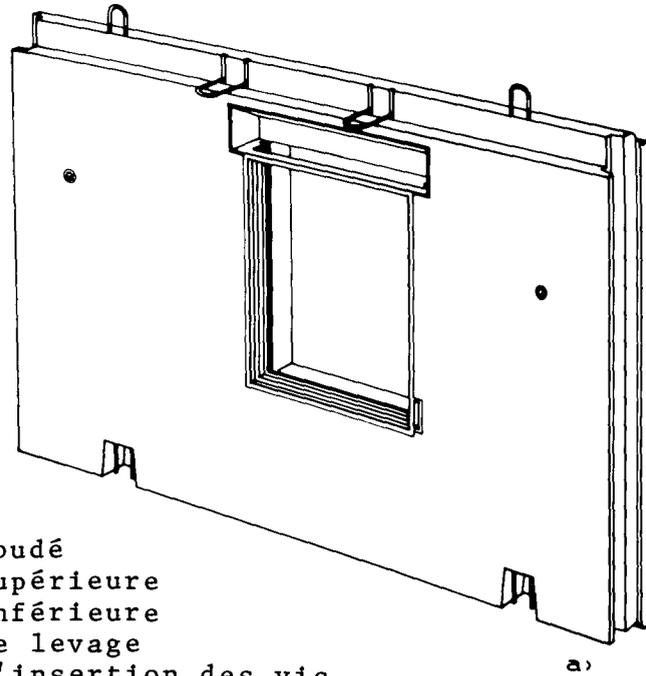


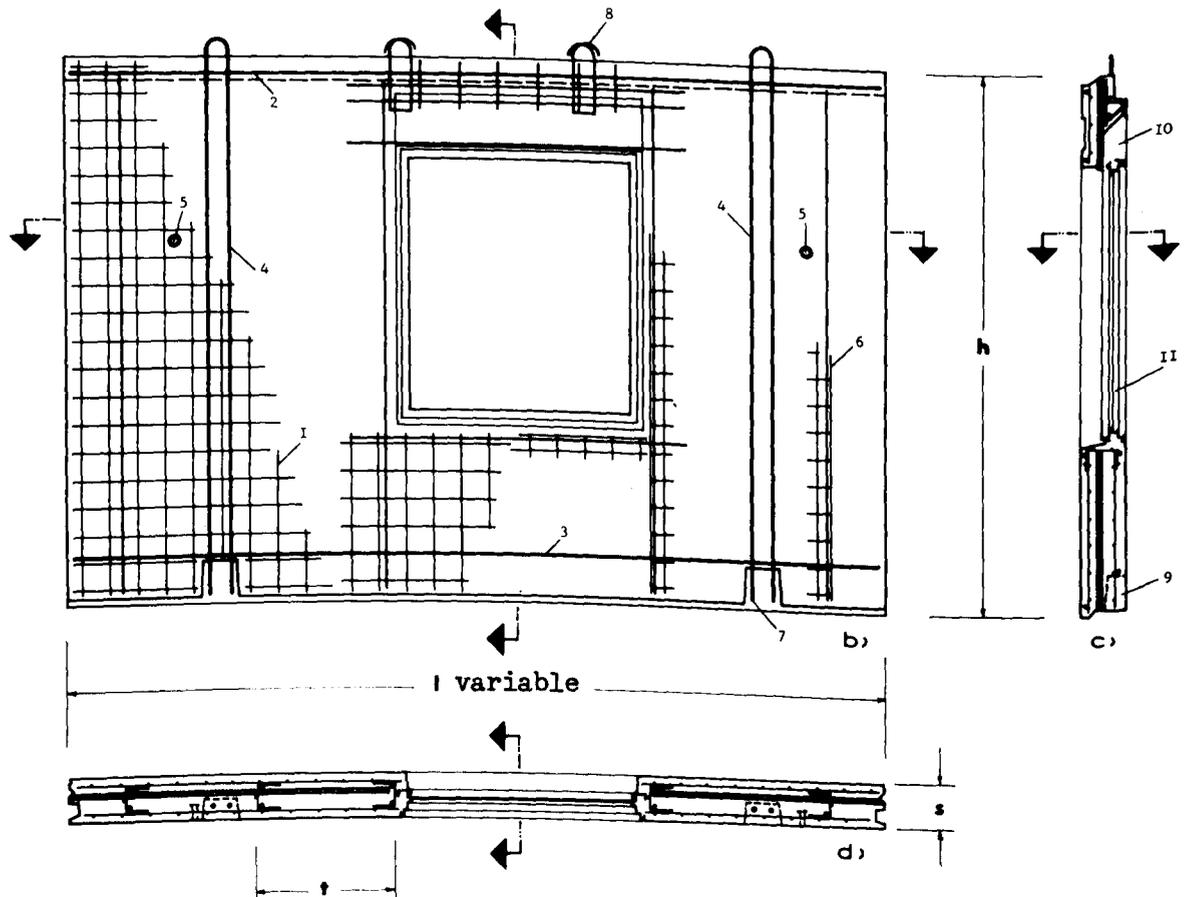
TABLEAU II

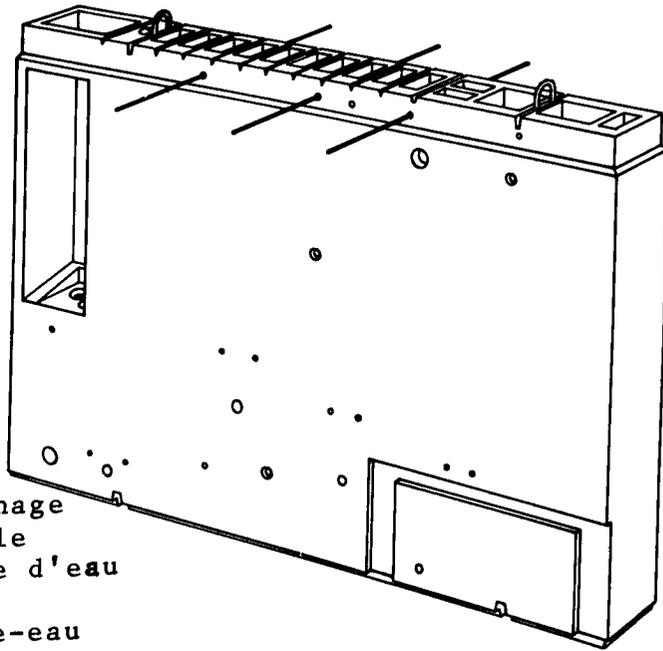
PANNEAU INTÉRIEUR contreventé





1. Treillis soudé
2. Armature supérieure
3. Armature inférieure
4. Crochets de levage
5. Douilles d'insertion des vis
6. Armature de cintre
7. Armature à souder au chantier
8. Armature d'ancrage au plancher
9. Fenêtre de soudage
10. Fenêtre de prise
11. Châssis de fenêtre





- 1. Chambre d'inspection
- 2. Colonne de drainage
- 3. Conduite pluviale
- 4. Gaine de colonne d'eau
- 5. Event d'égout
- 6. Event de chauffe-eau
- 7. Conduits de ventilation, cuisine
- 8. Conduits de ventilation, salle de bain
- 9. Conduits de ventilation collectifs
- 10. Conduit collectif de fumée
- 11. Cheminée
- 12. Tuyaux d'eau froide

- 13. Tuyaux d'eau chaude
- 14. Descente pluviale
- 15. Colonne d'eau
- 16. Egot rapide
- 17. Conduites d'eau, cuisine
- 18. Enfoncements pour scellement
- 19. Insertion et inspection de cheminée

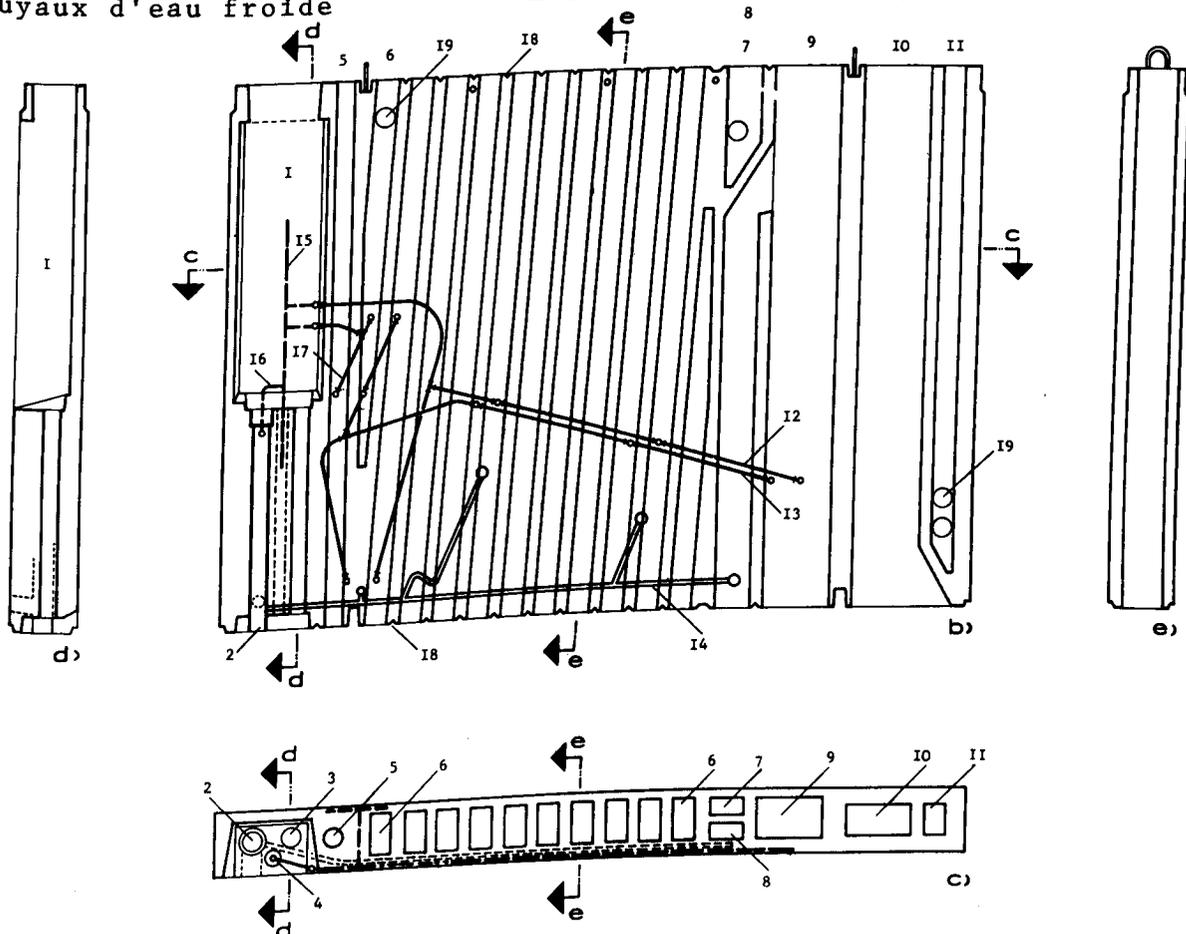
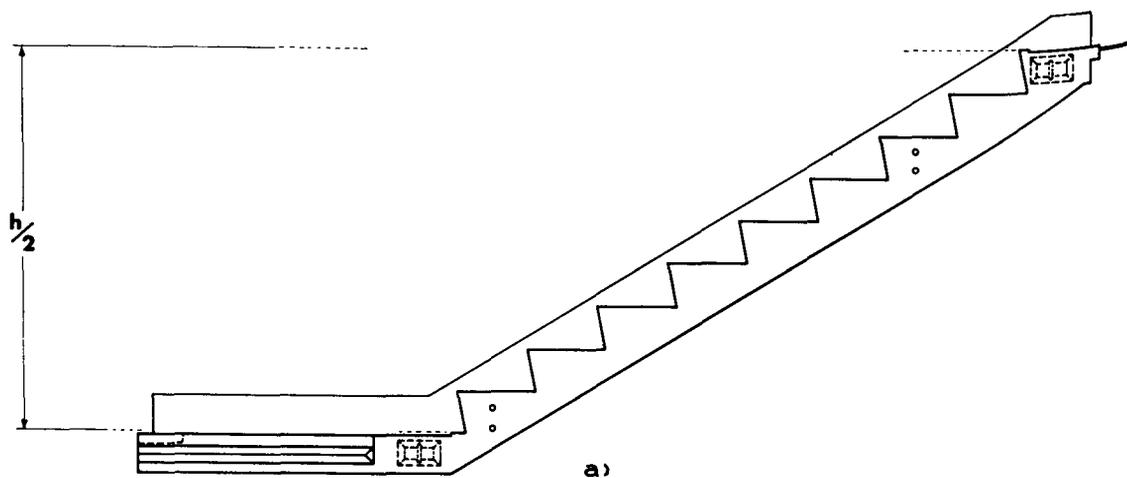


TABLEAU V

PANNEAU DE LIMON D'ESCALIER



1. Crochets de décoffrage et de transport
2. Crochets-repères
3. Fers de liaison fixes
4. Encoche pour fers de mur
5. Fers d'attache de rampe
6. Espaceur

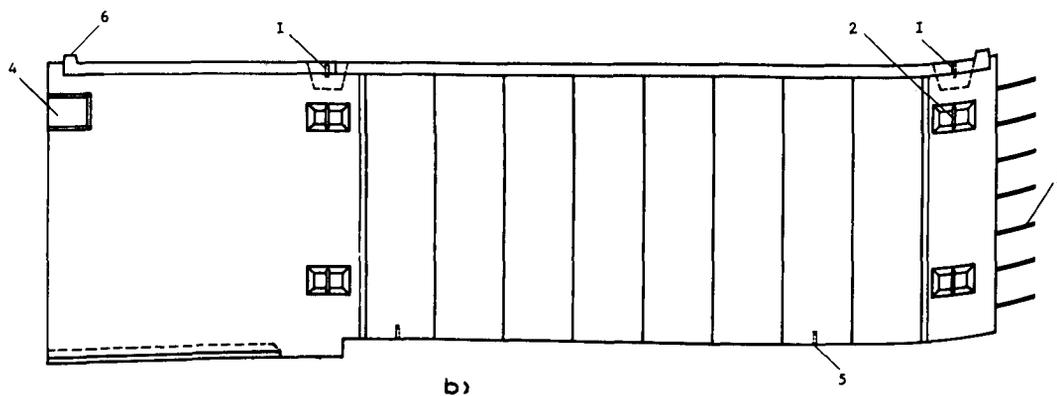
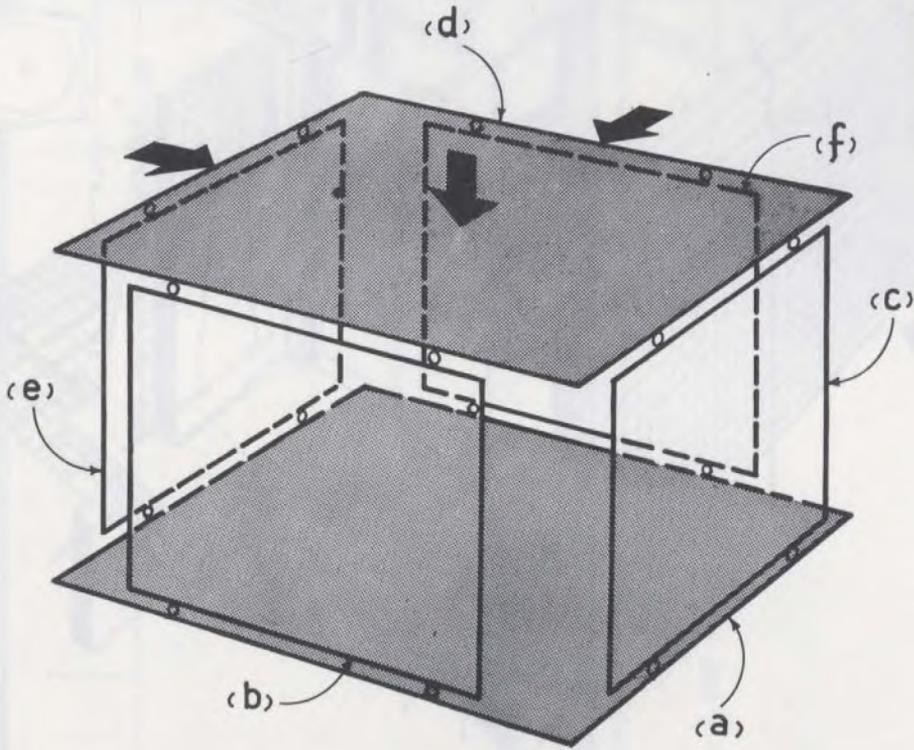


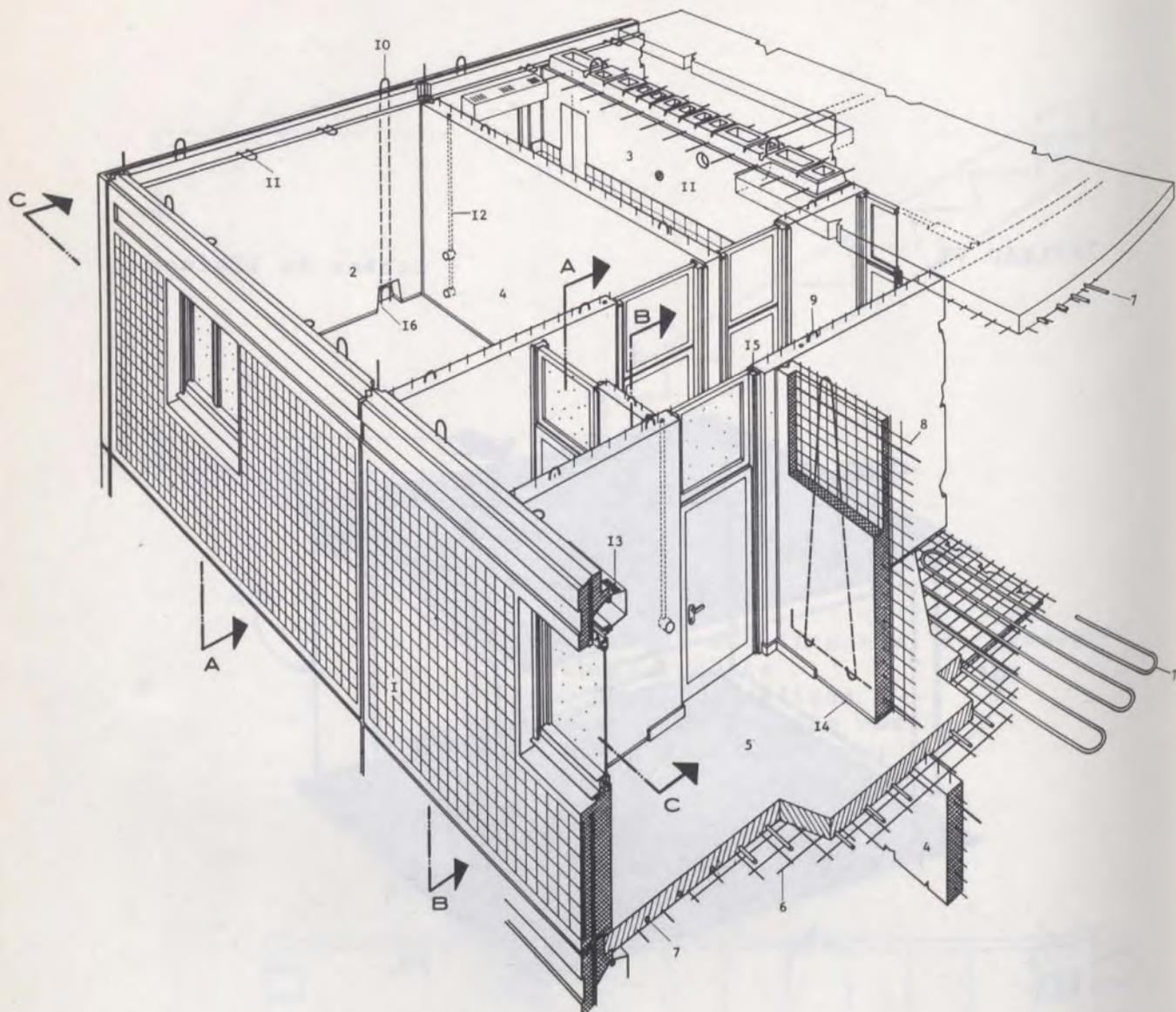
TABLEAU VI

Schéma de liaison



TABEAU VII

EXEMPLE DE TYPE DE CONSTRUCTION -  
Coupe et perspective



1. Panneau extérieur
2. Panneau-boutisse extérieur
3. Bloc fonctionnel
4. Panneau intérieur
5. Plancher en béton coulé sur place
6. Treillis d'armature soudé
7. Serpentin de chauffage
8. Treillis d'armature soudé
9. Armature en saillie pour ancrage au plancher
10. Armature continue
11. Armature d'ancrage au plancher
12. Gaine de filerie électrique
13. Gains d'adduction d'air
14. Scellement horizontal au mortier
15. Montant de porte incorporé dans le panneau
16. Fenêtre de soudage de l'armature continue

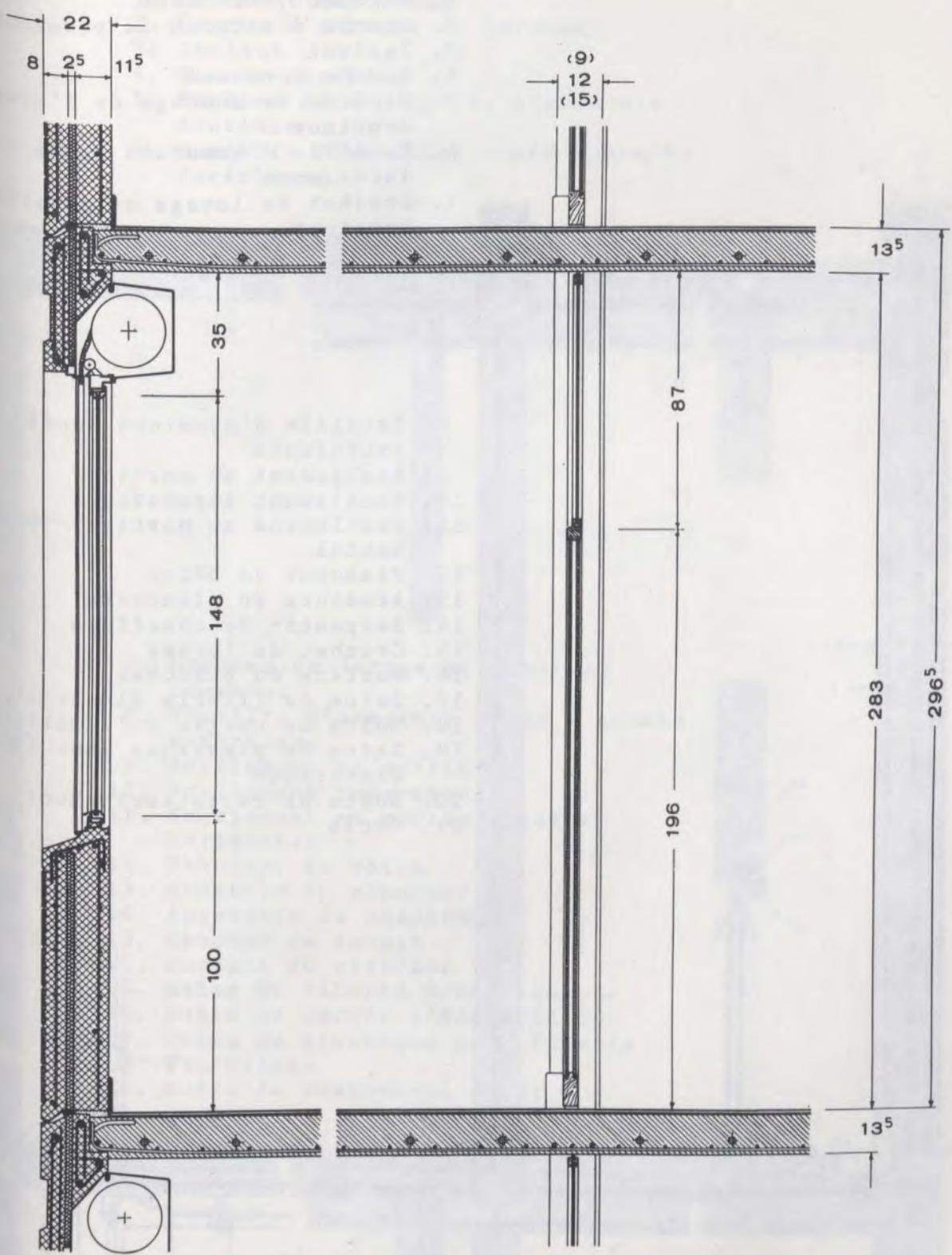
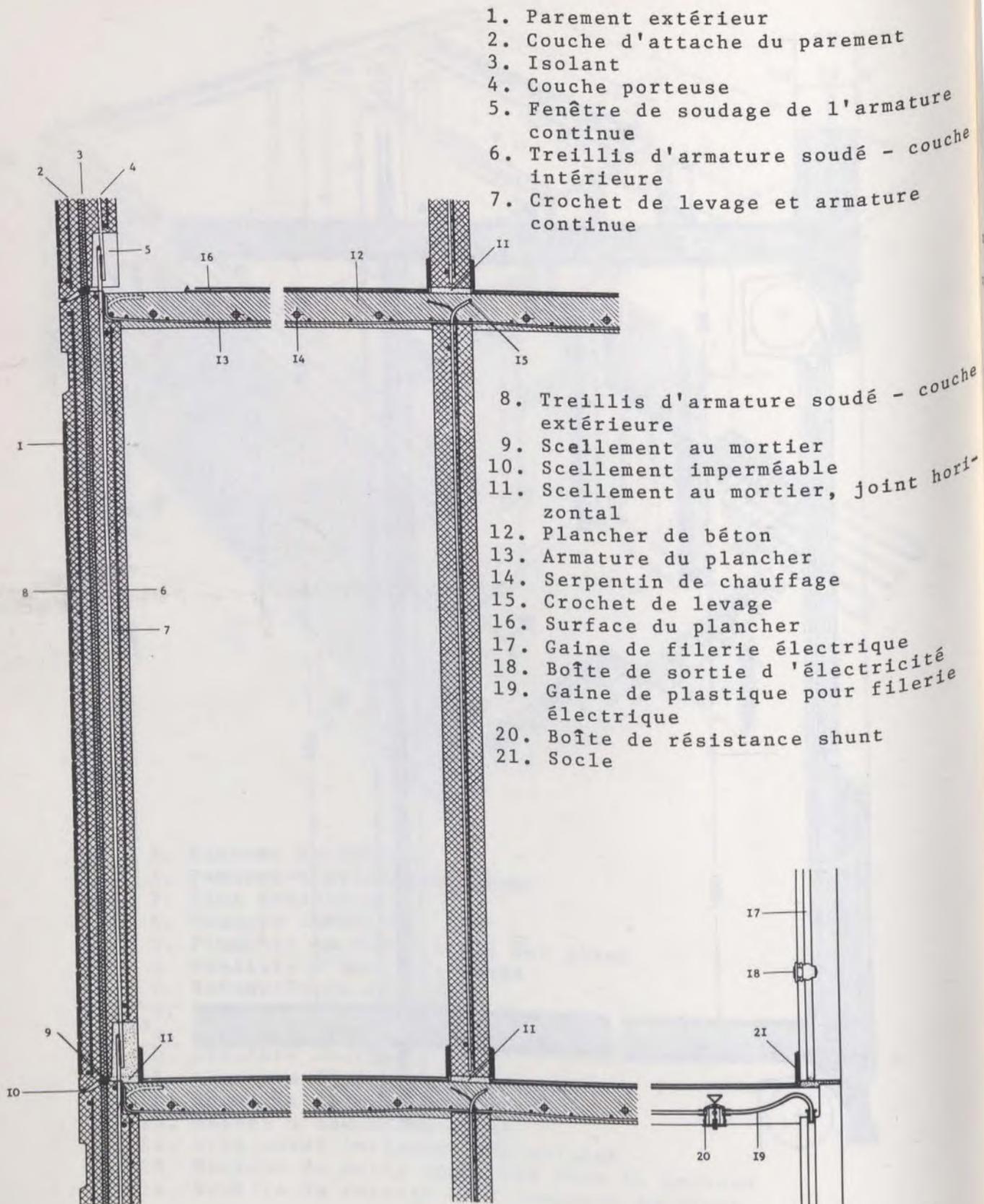
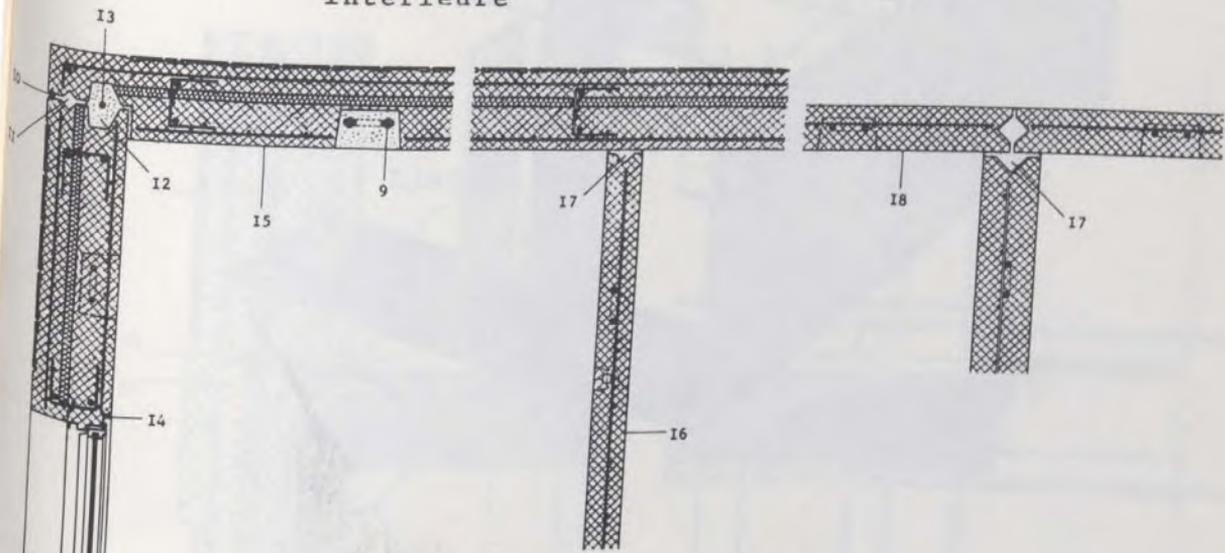


TABLEAU IX

COUPE B-B DU TABLEAU VII



1. Parement extérieur
2. Couche d'attache du parement
3. Isolant
4. Couche porteuse
5. Fenêtre de soudage de l'armature continue
6. Treillis d'armature soudé - couche intérieure



7. Crochet de levage et armature continue
8. Treillis d'armature soudé - couche extérieure
9. Scellement au mortier
10. Scellement imperméable
11. Scellement au mortier, joint horizontal
12. Plancher de béton
13. Armature du plancher
14. Serpentin de chauffage
15. Crochet de levage
16. Surface du plancher
17. Gaine de filerie électrique
18. Boîte de sortie d'électricité
19. Gaine de plastique pour filerie électrique
20. Boîte de résistance shunt
21. Socle

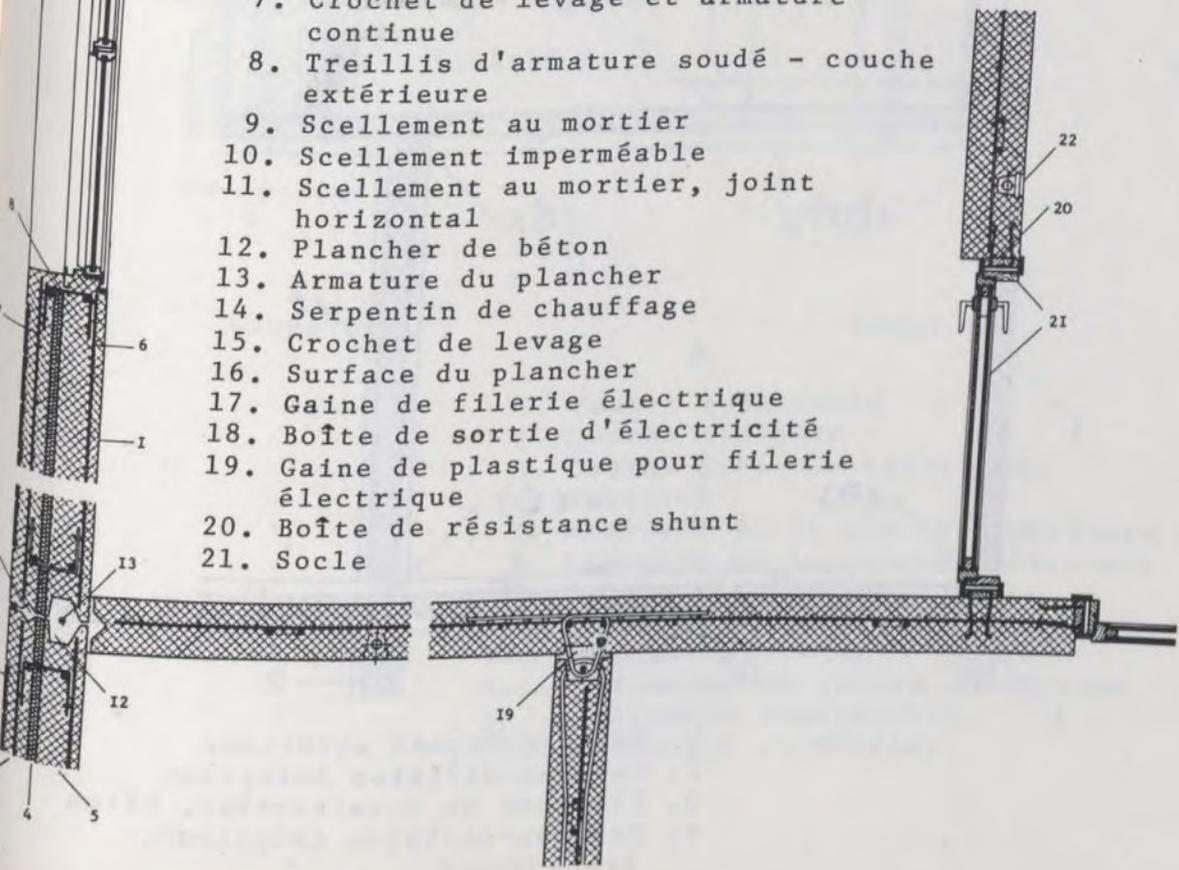


TABLEAU XI

SCHEMA MONTRANT LA STABILITE DE LA STRUCTURE COMME AU TABLEAU VII

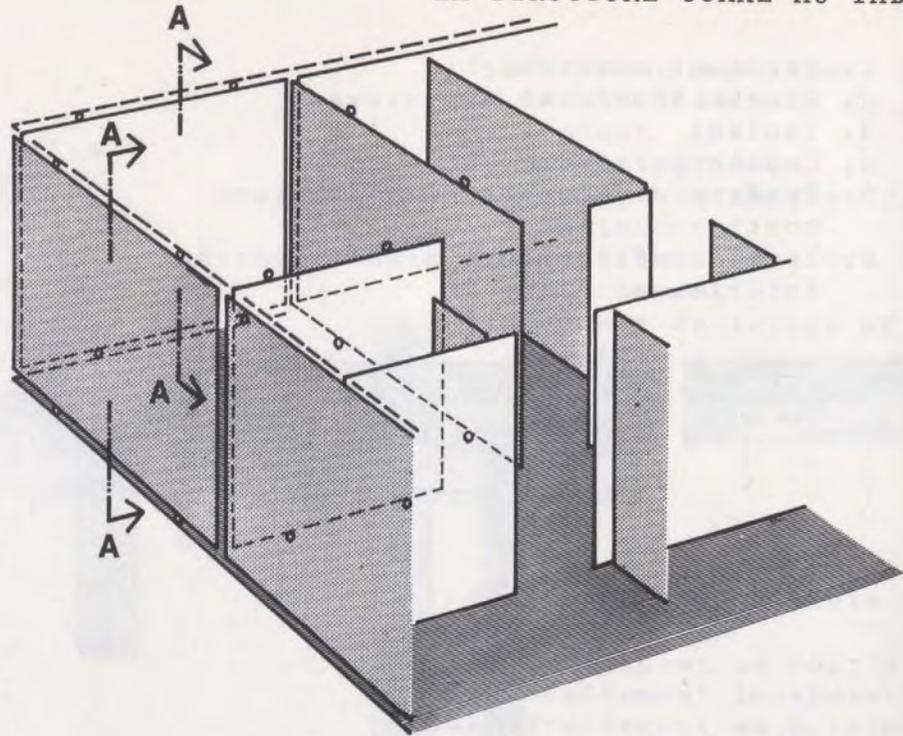
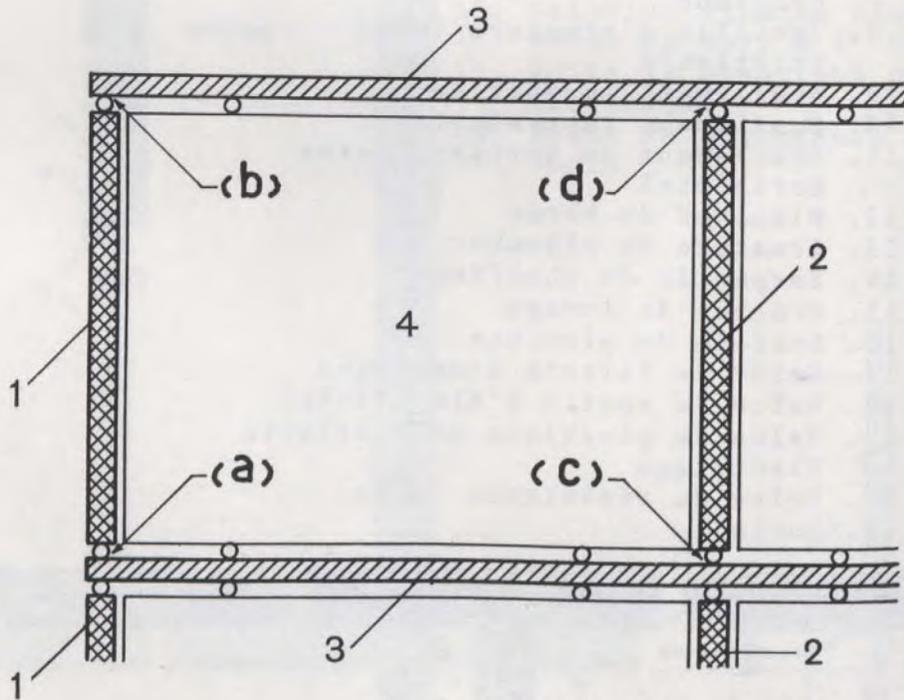


TABLEAU XII

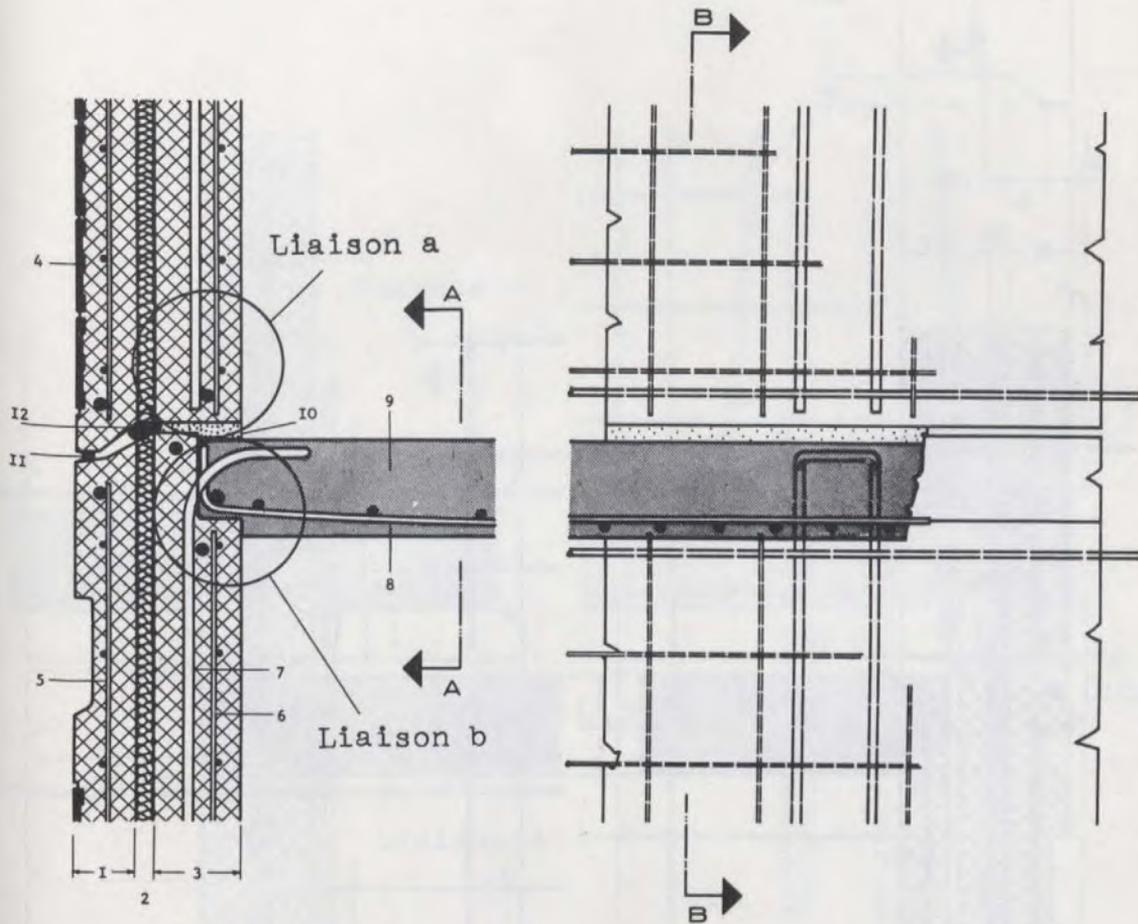
COUPE A-A DU SCHEMA DU TABLEAU XI



1. Panneau-façade extérieur
2. Panneau-division intérieur
3. Plancher en construction, béton
4. Panneau-division intérieur, transversal

TABLEAU XIII

EXÉCUTION DES LIAISONS REPRÉSENTÉES AU TABLEAU XII



Coupe B-B

Coupe A-A

1. Couche extérieure
2. Couche isolante
3. Couche porteuse intérieure
4. Parement
5. Armature de la couche extérieure
6. Armature de la couche intérieure
7. Crochet de levage
8. Armature du plancher
9. Plancher de béton
10. Scellement de joints au mortier
11. Scellement imperméable
12. Scellement au mortier

TABLEAU XIV

EXÉCUTION DES LIAISONS REPRÉSENTÉES AU TABLEAU XII  
(Liaison (a) assujétie à traction)

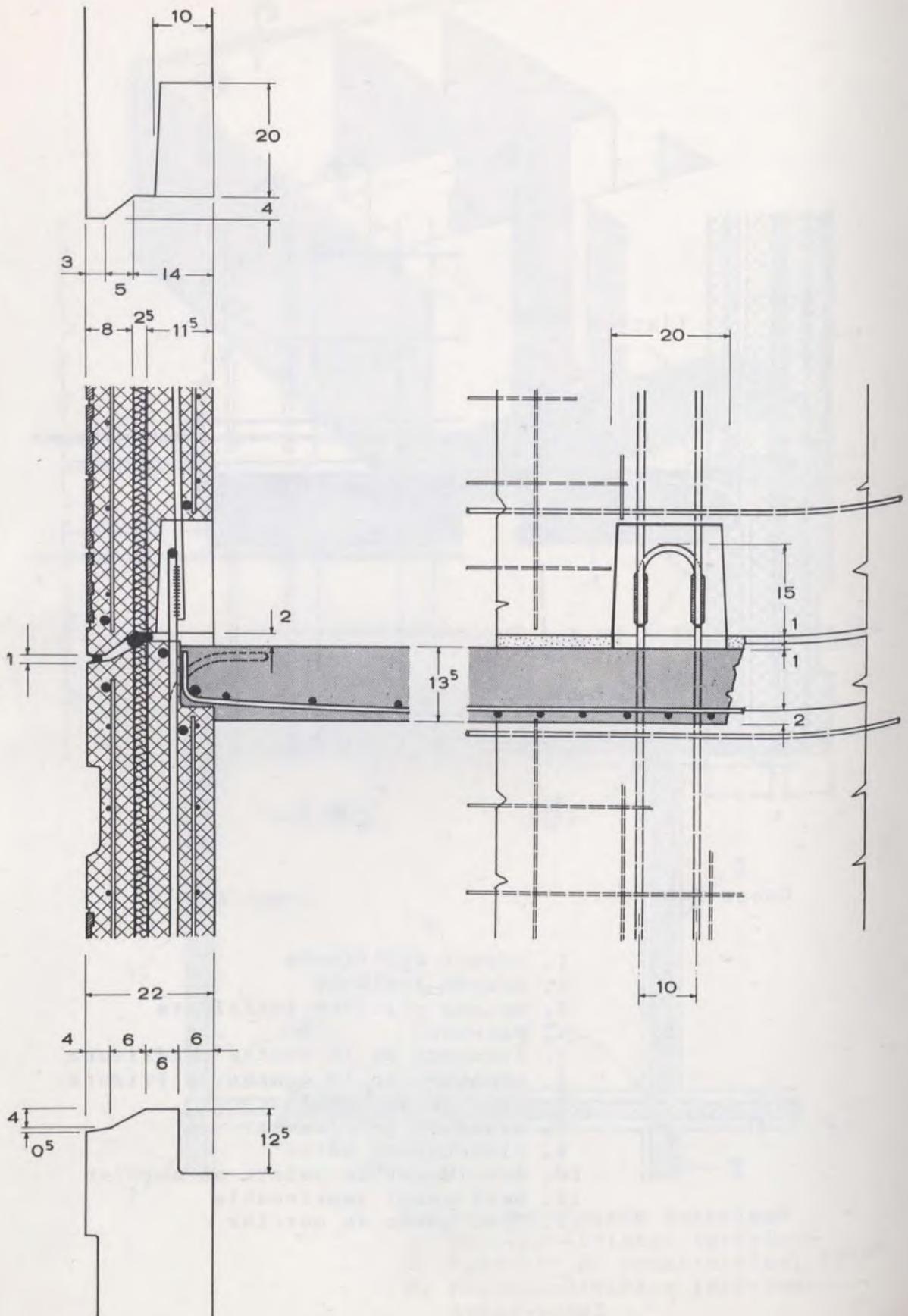
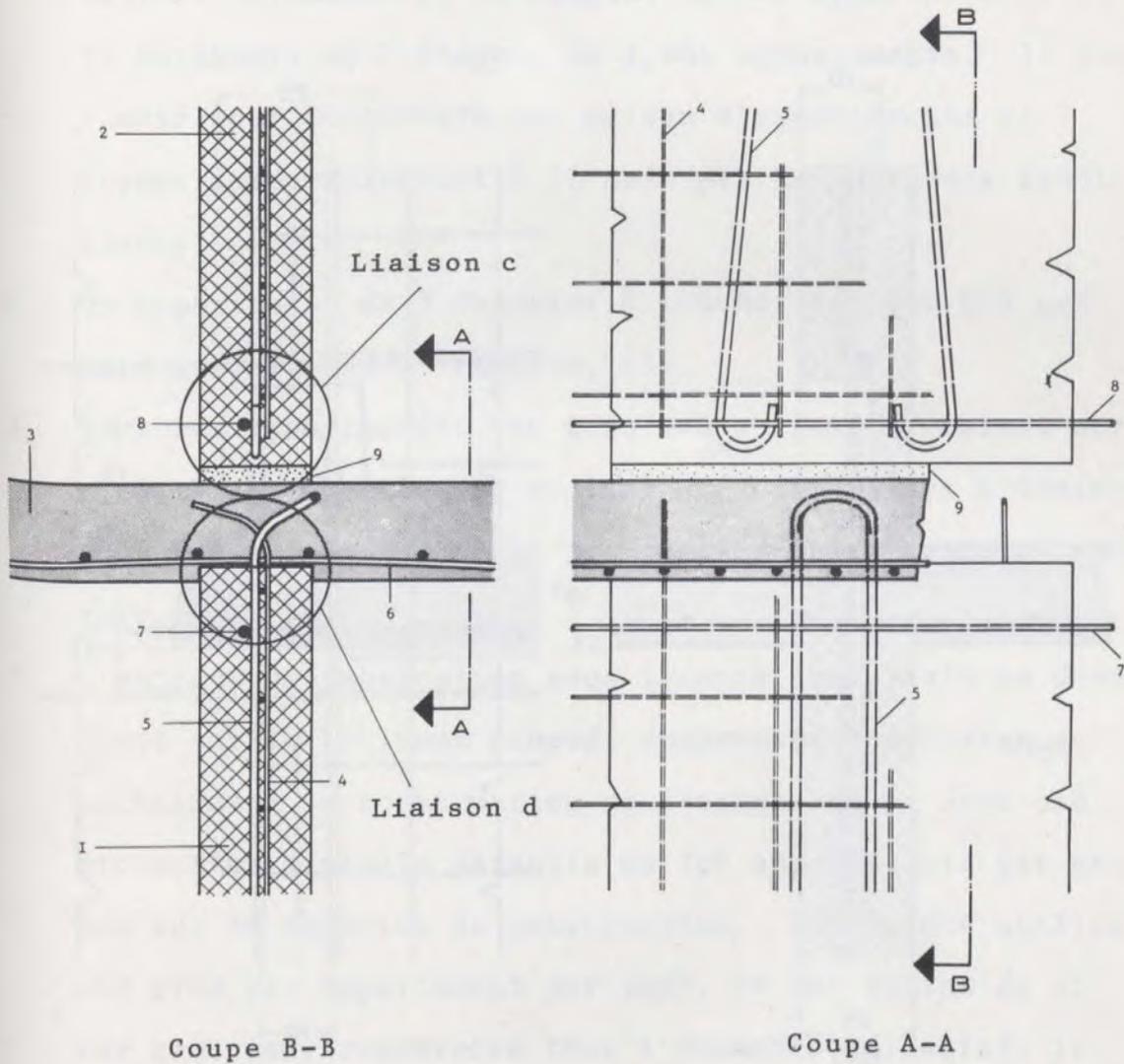


TABLEAU XV

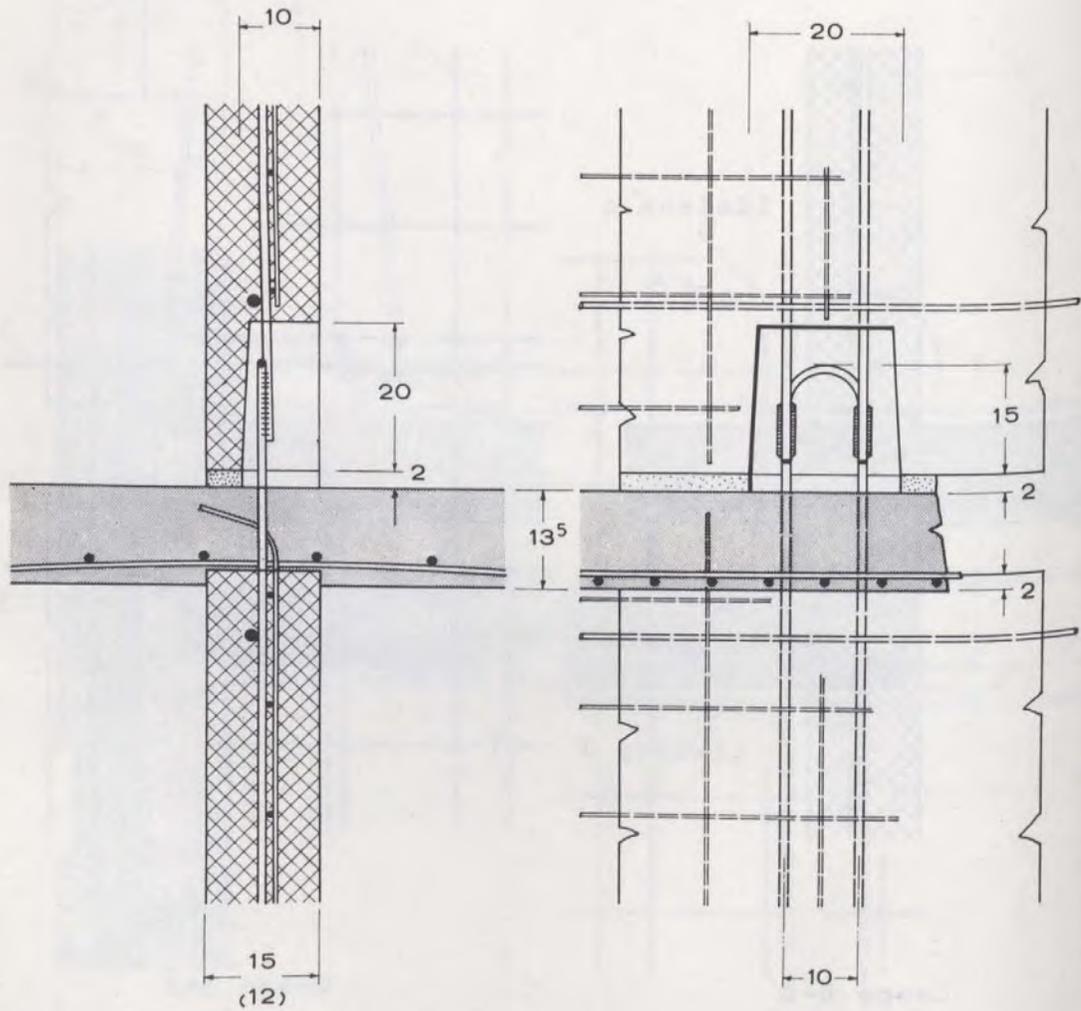
EXÉCUTION DES LIAISONS REPRÉSENTÉES AU TABLEAU XII



- 1. Panneau inférieur
- 2. Panneau supérieur
- 3. Plancher
- 4. Armature du panneau
- 5. Crochet de levage
- 6. Armature du plancher
- 7. Armature du panneau supérieur
- 8. Armature du panneau inférieur
- 9. Joints de scellement

TABLEAU XVI

EXÉCUTION DES LIAISONS REPRÉSENTÉES AU TABLEAU XII  
(Liaison (c) assujétie à traction)

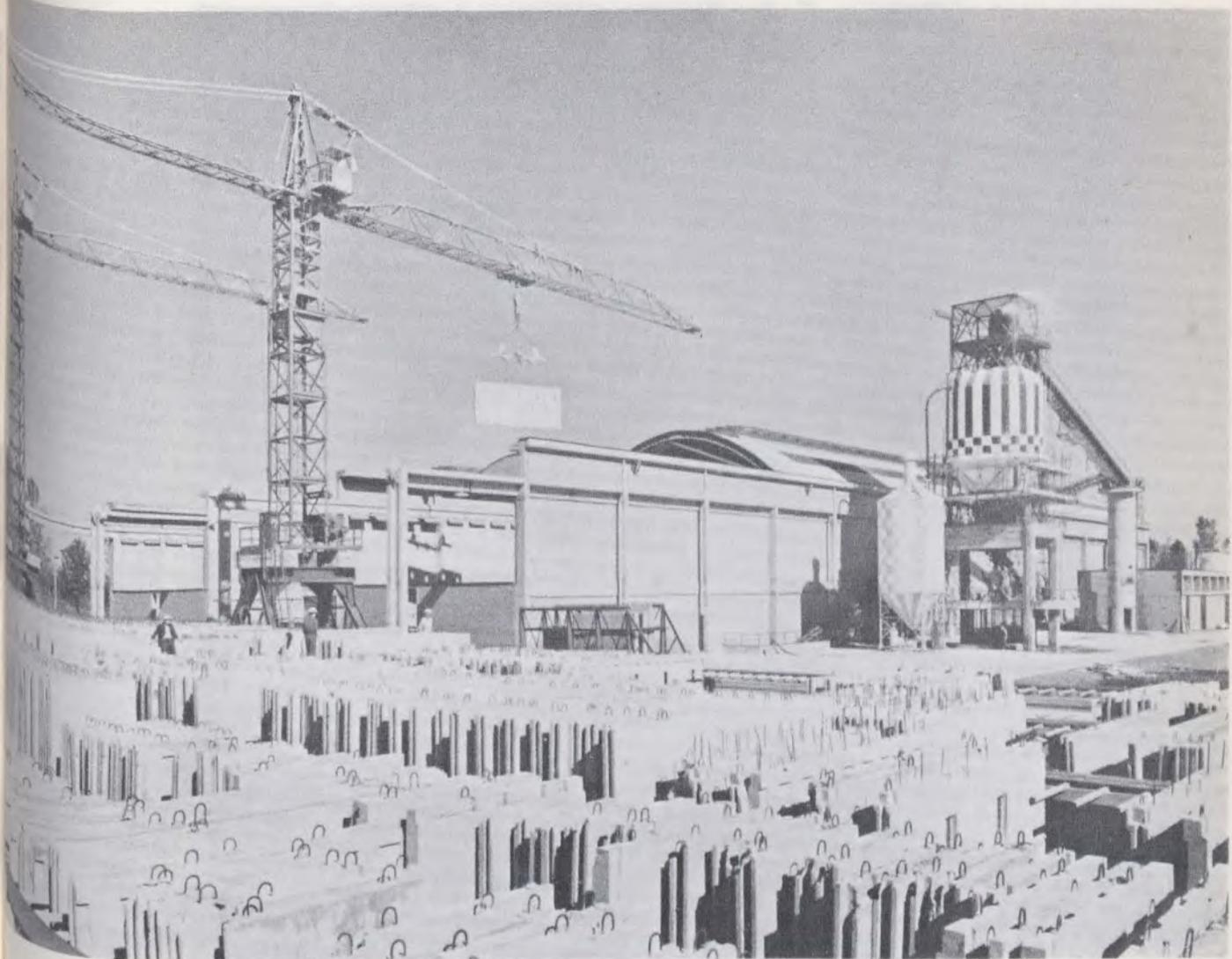


Observations générales

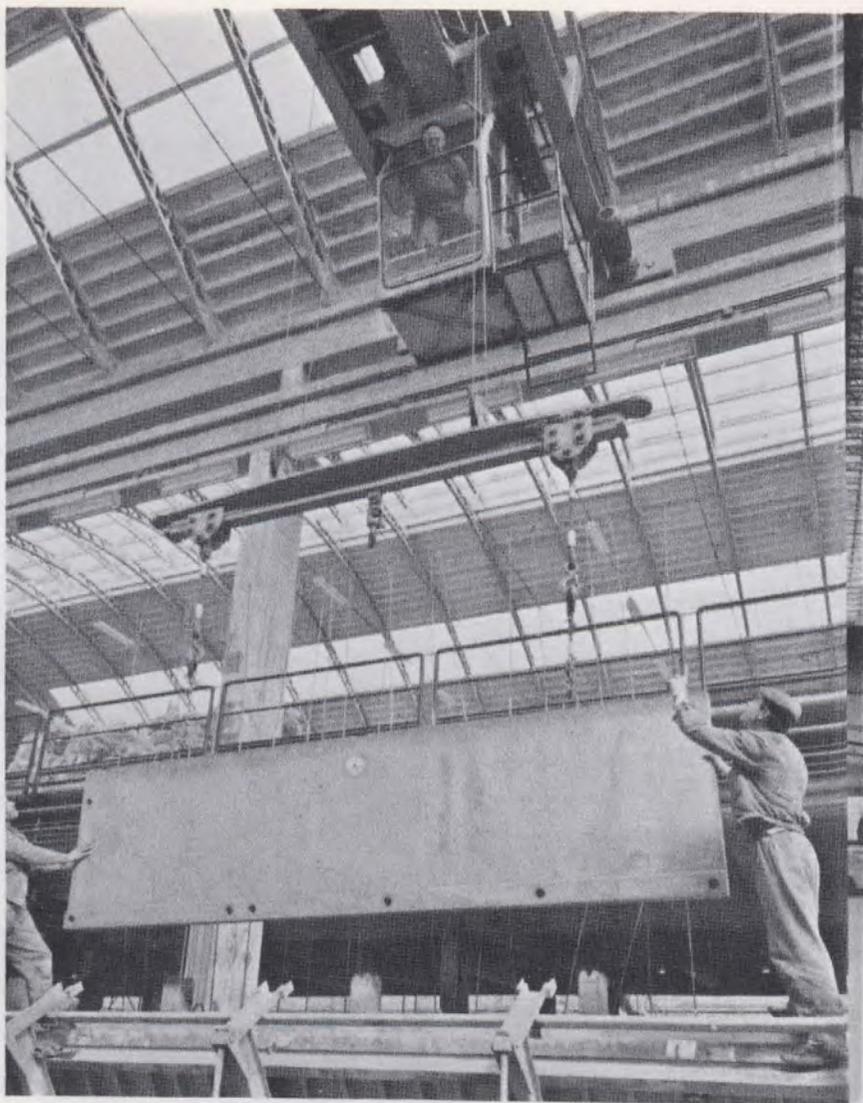
1. Le chantier de construction que nous avons visité à Baggio, près de Milan, était celui de 1540 appartements, soit 12 bâtiments de 10 étages, de 480 appartements, et 15 bâtiments de 7 étages, de 1,060 appartements. Il faut 7 mois pour construire une maison d'appartements de 7 étages comparativement à 18 mois par les méthodes traditionnelles.
2. Un appartement de 3 chambres à coucher se loue \$65 par mois et celui de 2 chambres, \$38.
3. Tous les appartements que nous avons visités étaient destinés à se louer à prix modique et les cuisines n'étaient équipées que d'un évier. Il n'y avait ni armoire ni comptoir.
4. L'entente de fabrication sous licence comportait un droit fondé sur le bâtiment achevé, comprenant l'assistance technique à la construction de l'usine, et il faut une production minimale garantie de 400 appartements par année sur le chantier de construction. La société utilise une grue par appartement par jour, et une équipe de 25 par grue pour construire tout l'ensemble collectif, 18 hommes sont affectés au montage, 7 à la finition et 2 à l'approvisionnement.



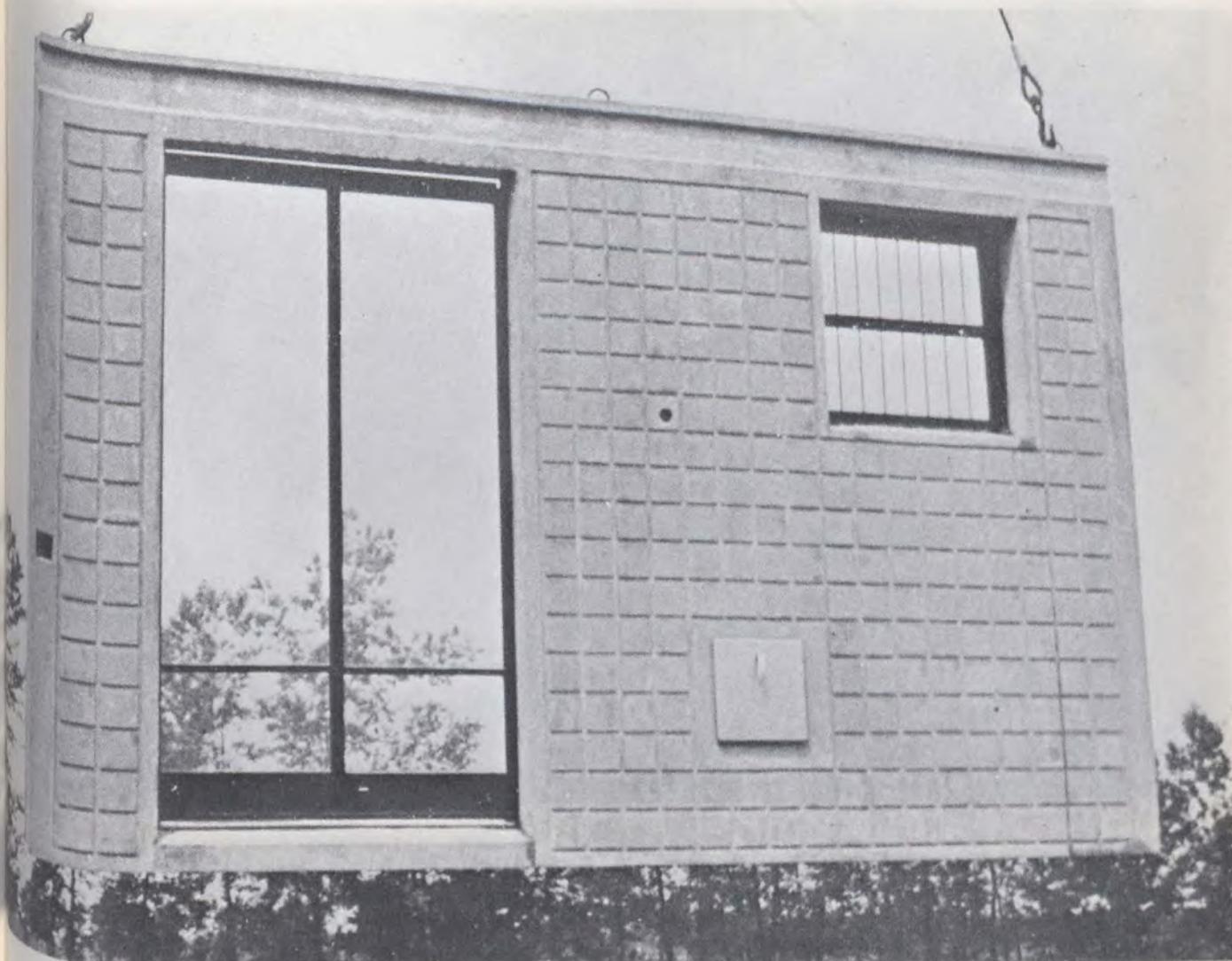
La rapidité de la construction est attribuable à la simplicité des opérations de chantier (chaque grue permet de monter 1-2 appartements non finis par jour), et au peu de travaux de finition. Des bâtiments comme ceux-ci, en construction dans le voisinage de Milan, peuvent accueillir les locataires moins de 7 mois après le début de mise en place des fondations, tandis qu'il aurait fallu de 18 à 20 mois pour un excellent chantier traditionnel. En conséquence, le client bénéficie d'une réduction appréciable des coûts, parce que les intérêts passifs sont moins élevés et que l'immeuble lui rapporte plus tôt, sans compter l'épargne en frais d'entretien, étant donné l'amélioration technique incontestable et la solidité des travaux de finition.



L'usine MBM de Trezzano sul Naviglio, près de Milan, produira de 2,000 à 2,200 appartements par année lorsqu'elle sera achevée. La première moitié, qui fonctionne depuis avril 1964, produit quatre appartements par jour. La production de panneaux pré-coulés, leur entreposage dans des cours spécialement équipées, leur expédition au chantier au moment voulu, leur montage et leur finition sont soigneusement planifiés. Le département des programmes et des méthodes détermine la distribution la plus efficace du travail et obtient l'équipement nécessaire à chaque opération.



Toutes les phases de la production sont mécanisées le plus possible, afin de réduire la main-d'oeuvre et d'améliorer la qualité du produit, tout en permettant à l'entreprise de construction de s'adapter aux besoins des architectes et des divers clients. Le décoffrage des panneaux, en l'occurrence un plancher de balcon, s'effectue à l'aide d'une grue, le couvercle du moule s'ouvrant à l'aide de vérins hydrauliques.



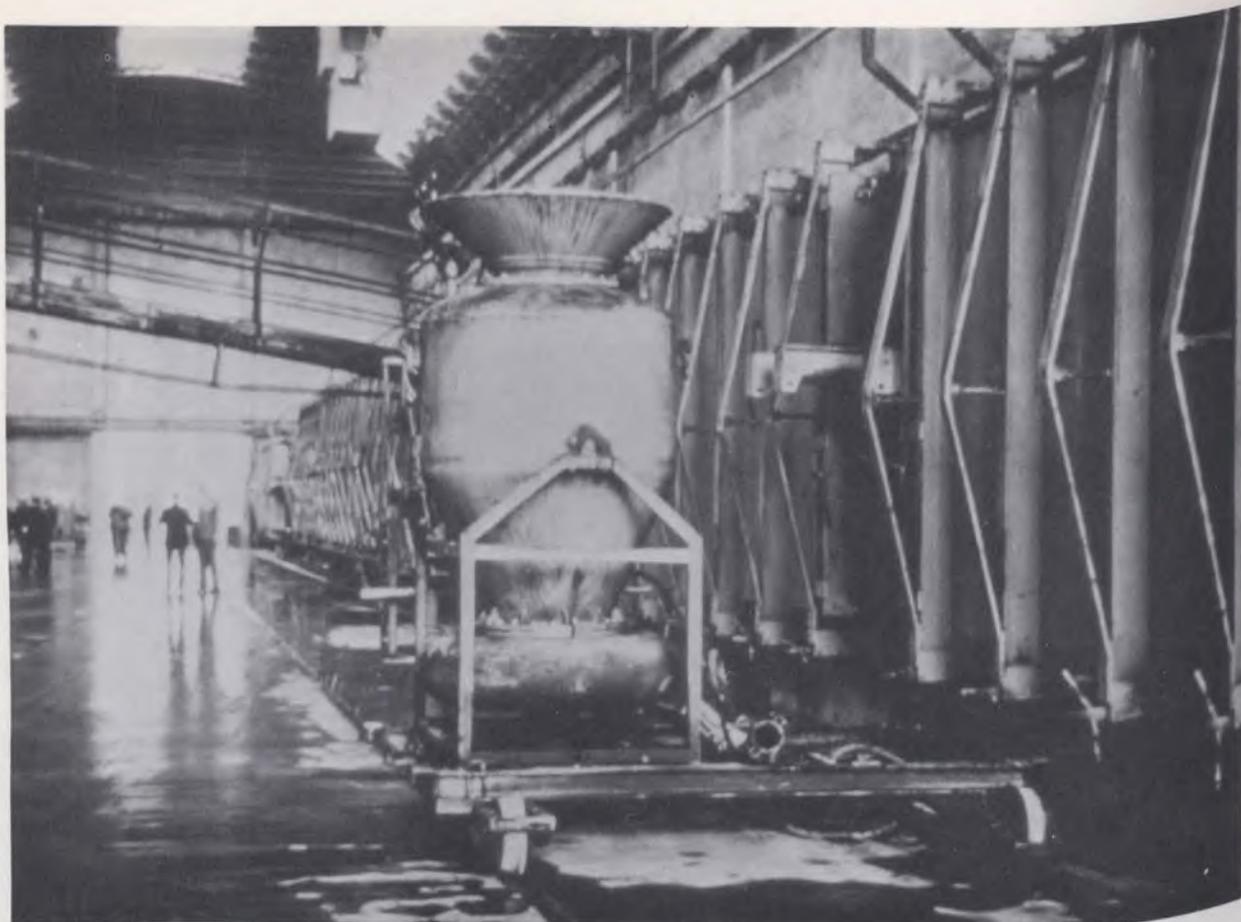
Les panneaux porteurs en béton, fabriqués en usine, sont complètement finis et comportent tous les éléments mécaniques nécessaires. Les dimensions peuvent varier selon les plans.

La grande pesanteur des panneaux assure un bon isolement phonique de masse, tandis que l'isolant thermique encastré en améliore grandement les propriétés thermiques.

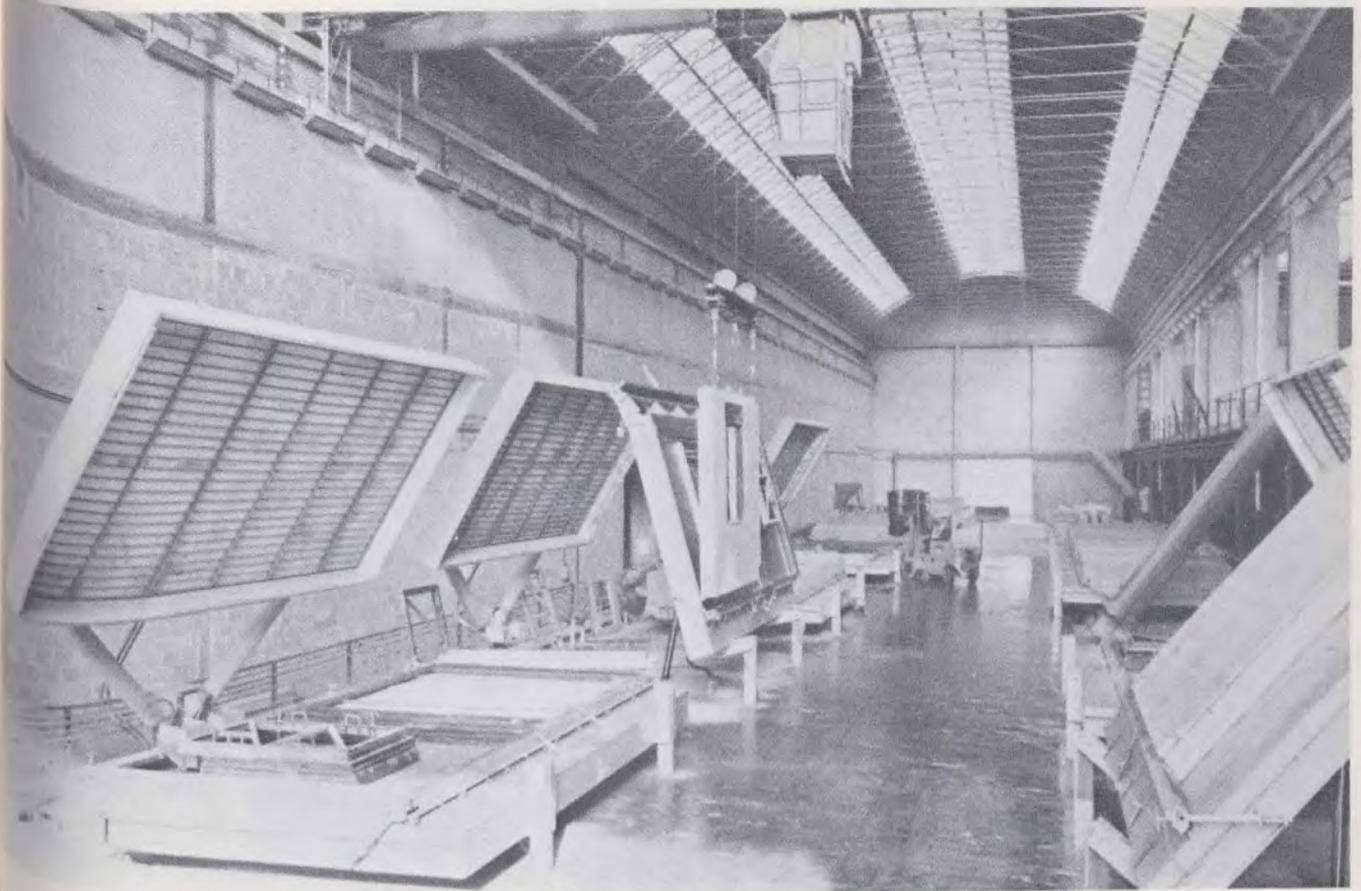
La production étant transportée du chantier à l'usine, le montage au chantier devient presque indépendant du temps; la production est aussi entièrement mécanisée.

Ce qu'il y a de fondamentalement important, c'est que la production se fait à la machine, la seule conduite directe ou indirecte (automatisation) de la machine étant confiée à l'homme.

Ainsi, toutes les étapes de la production sont calculées scientifiquement et l'on obtient une industrialisation complète des métiers de la construction, qui s'accompagne d'une réduction appréciable des coûts de production et d'une utilisation plus efficace de la main-d'oeuvre et des matériaux.



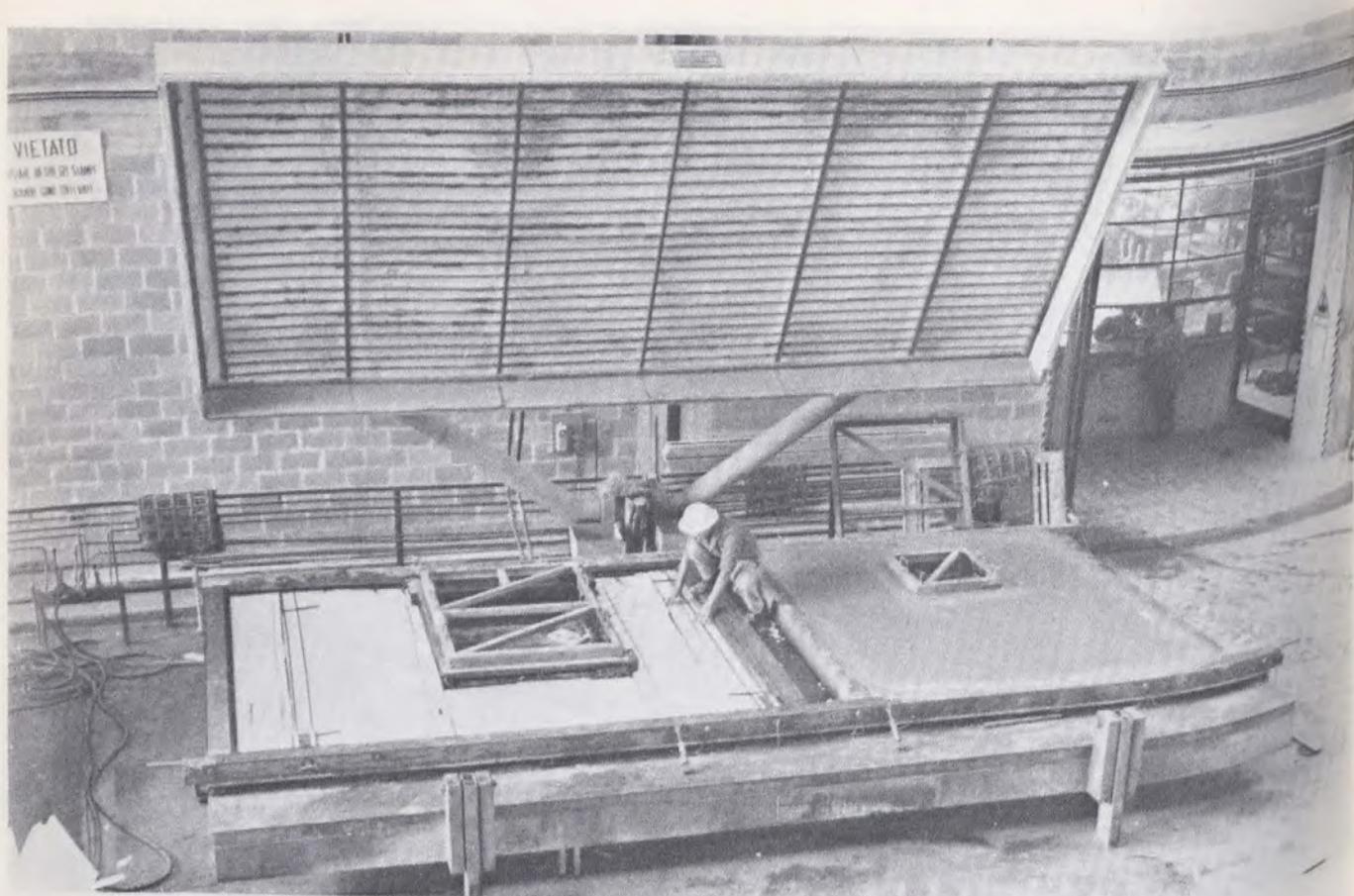
Des machines à couler polyvalentes servent à couler les panneaux-murs intérieurs. Ces machines se règlent facilement à diverses longueurs, hauteurs et épaisseurs. Un côté de la machine est actionné par des vérins hydrauliques, pour faciliter la mise en place de l'acier d'armature et, plus tard, le décoffrage du panneau. Le béton, transporté par chariot à fourche de la centrale à béton passe par une pompe qui remplit les moules par le bas. Cette méthode, combinée à la vibration, permet de produire des panneaux présentant deux surfaces parfaitement lisses. La machine est chauffée à l'eau chaude pour accélérer le séchage du béton. On peut ainsi démouler les panneaux deux ou trois heures après la coulée. Les montants de porte et les conduits de filerie électrique sont coulés à même. Pour le décoffrage, on utilise soit un pont roulant intérieur, soit une grue extérieure à tour, selon les conditions, comme la complexité de la production et le climat.



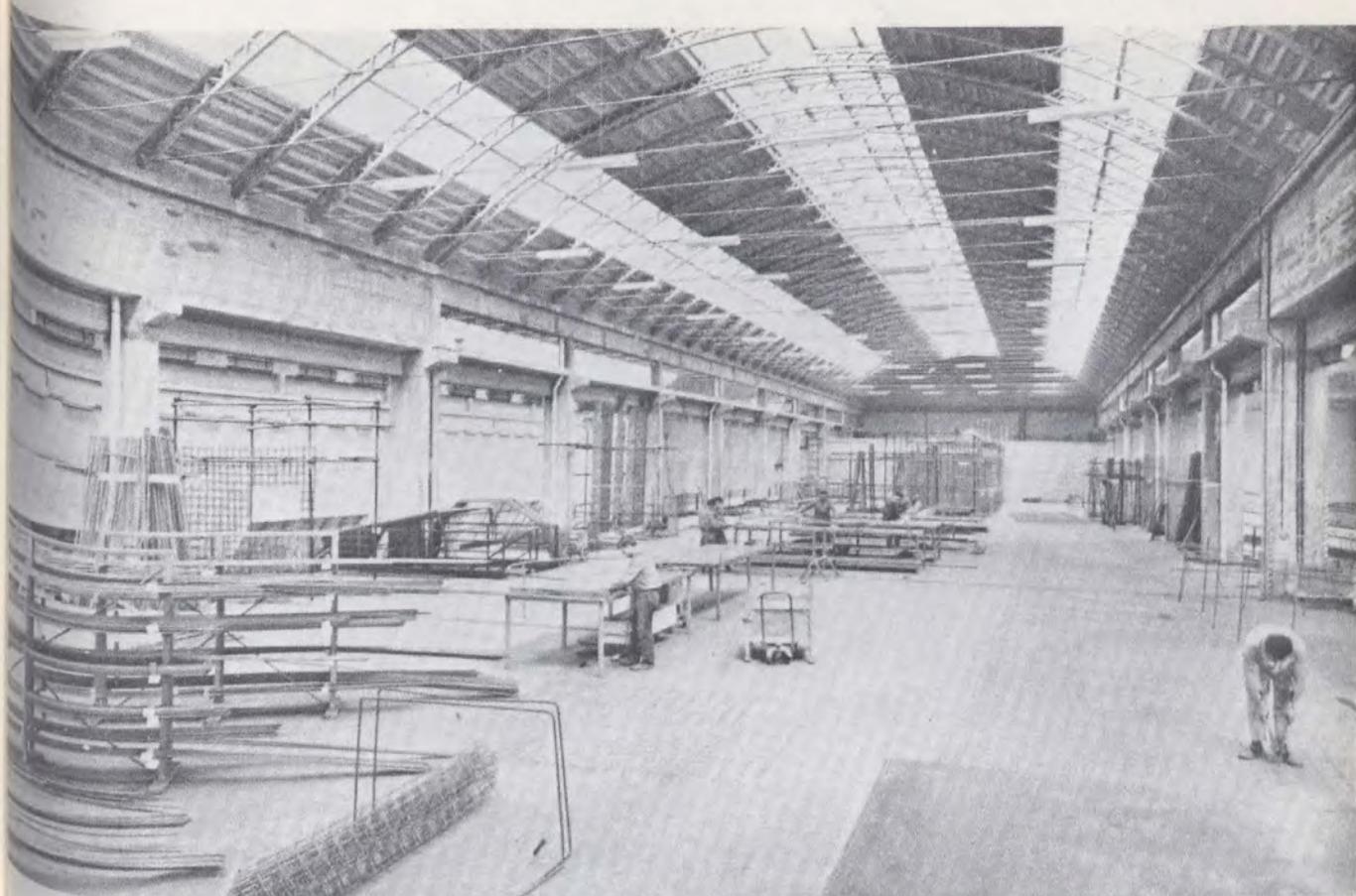
On se sert de moules horizontaux pour couler les panneaux-murs extérieurs. Ces panneaux sont formés d'un parement extérieur pris dans le béton, d'une feuille d'isolant rigide et d'une couche porteuse de béton plus le matériau de finition intérieure. Les châssis de fenêtre et les conduits d'électricité sont également encastrés. Le parement extérieur peut être de brique, de mosaïque, de marbre, de gaillons, d'agrégat, de béton coloré, etc.

Comme les moules verticaux, les moules horizontaux sont réglables. La table et le couvercle du moule sont chauffés par circulation d'eau chaude et actionnés par des vérins hydrauliques. Les vérins lèvent le moule à la verticale; le démoulage peut se faire quatre heures après la coulée.

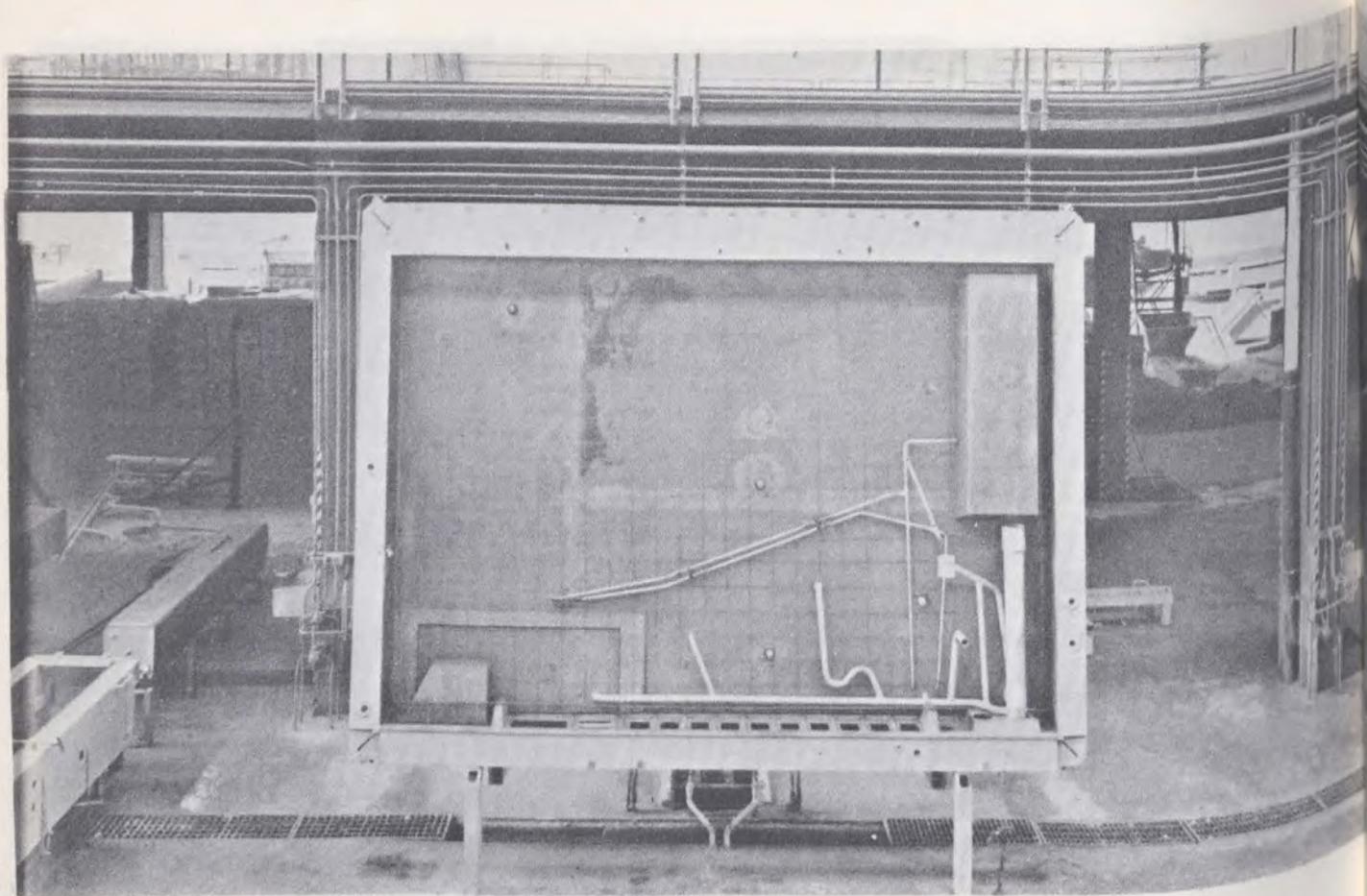
Chaque panneau est classé et transporté à l'aire d'inspection où on le nettoie et on corrige les petits défauts, de sorte qu'aucun travail de finition n'est requis au chantier.



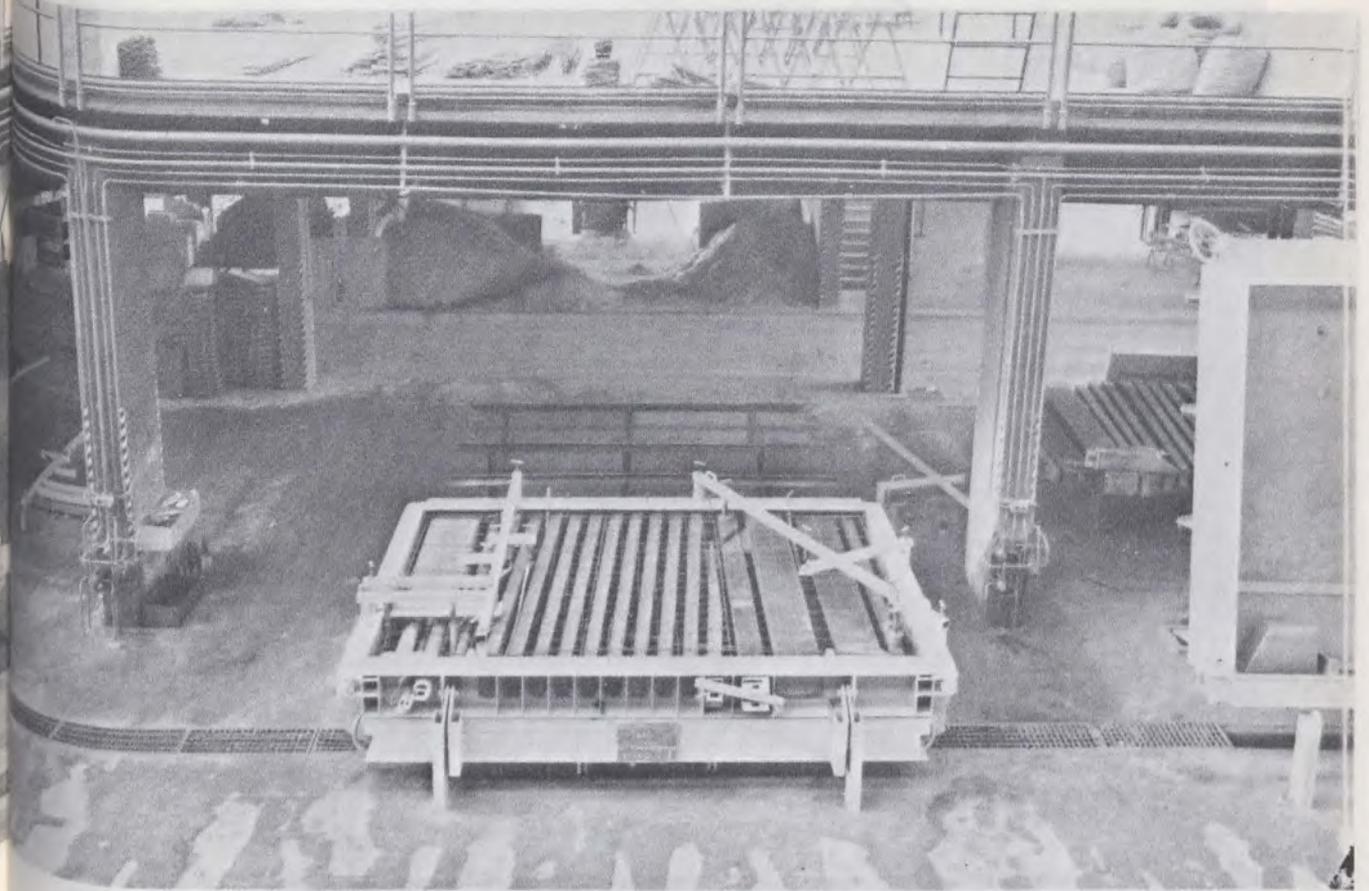
Une feuille continue de polystyrène, intégrée dans les panneaux-façade ou déposée sur le revêtement, enveloppe tout l'immeuble sans la moindre solution de continuité et assure un isolement complet.



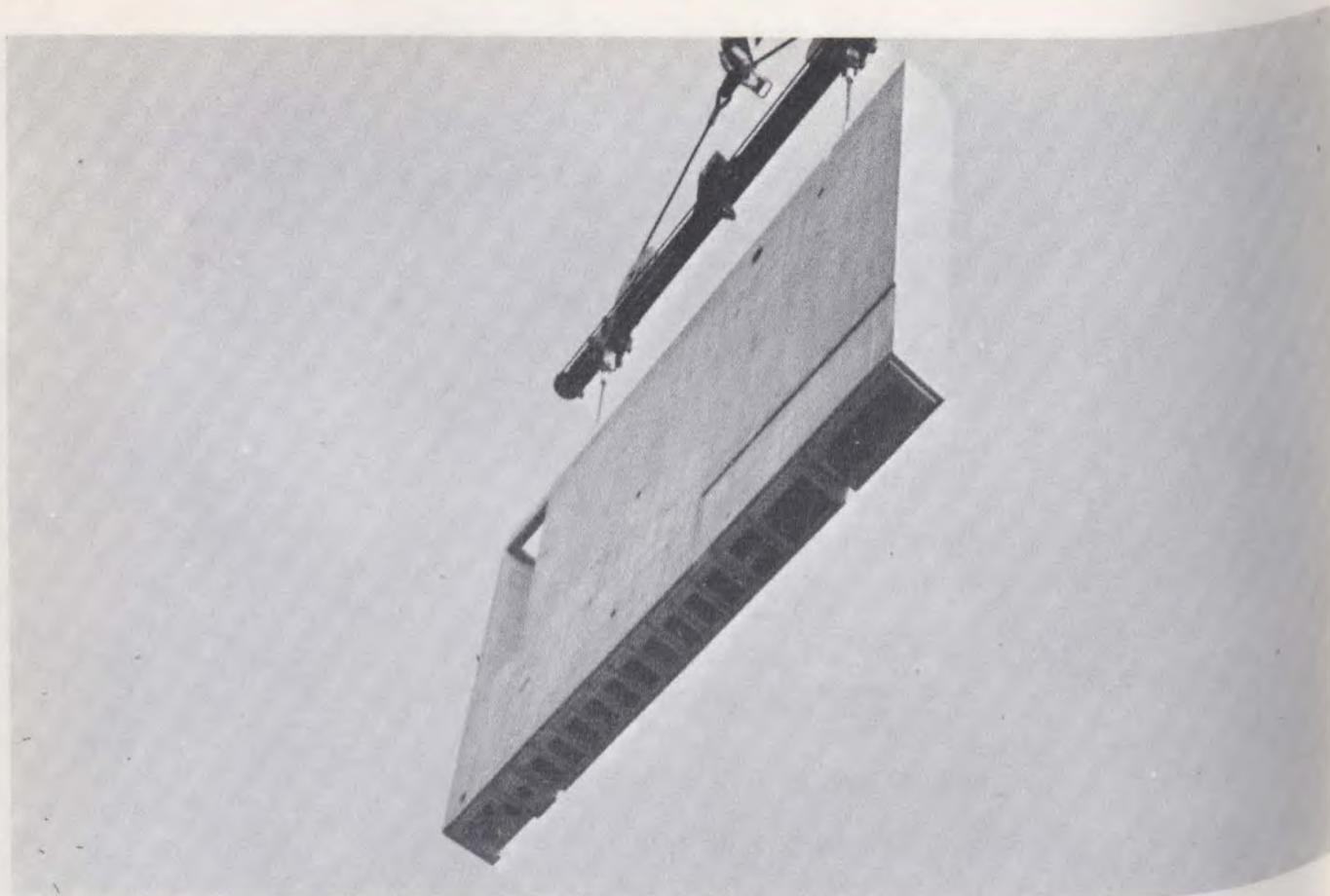
Les armatures sont réalisées au rez-de-chaussée du hall central. A l'arrivée, le matériau est pris par une grue et déposé sur le plateau de stockage. Après transformation, il est réparti entre les moules.



Les conduits d'acier laminé pour l'eau chaude et l'eau froide sont disposés dans le moule (en position verticale dans la vignette) du côté de la chambre de bain. Les tuyaux d'égout sont reliés à une section de la colonne verticale d'égout. Les raccords entre les étages se feront au moyen de tuyaux de raccordement en plastique. Les tuyaux qui doivent résister à des pressions ont des raccords soudés permettant la capillarité.



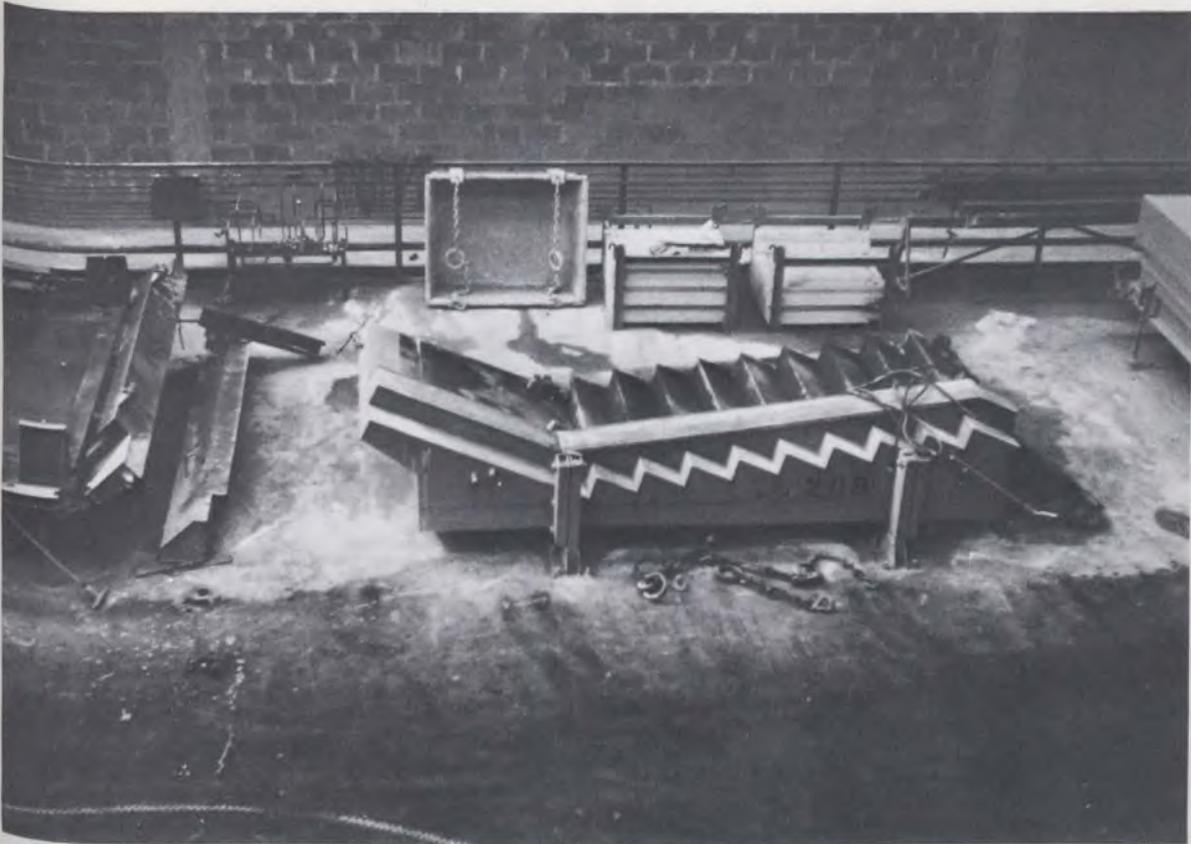
La préparation du moule que montre la photographie précédente est terminée; on peut commencer la coulée. Les gabarits placés sur le moule soutiennent les installations du côté cuisine. Les douilles des conduits de ventilation seront enlevées dès que le béton sera pris.



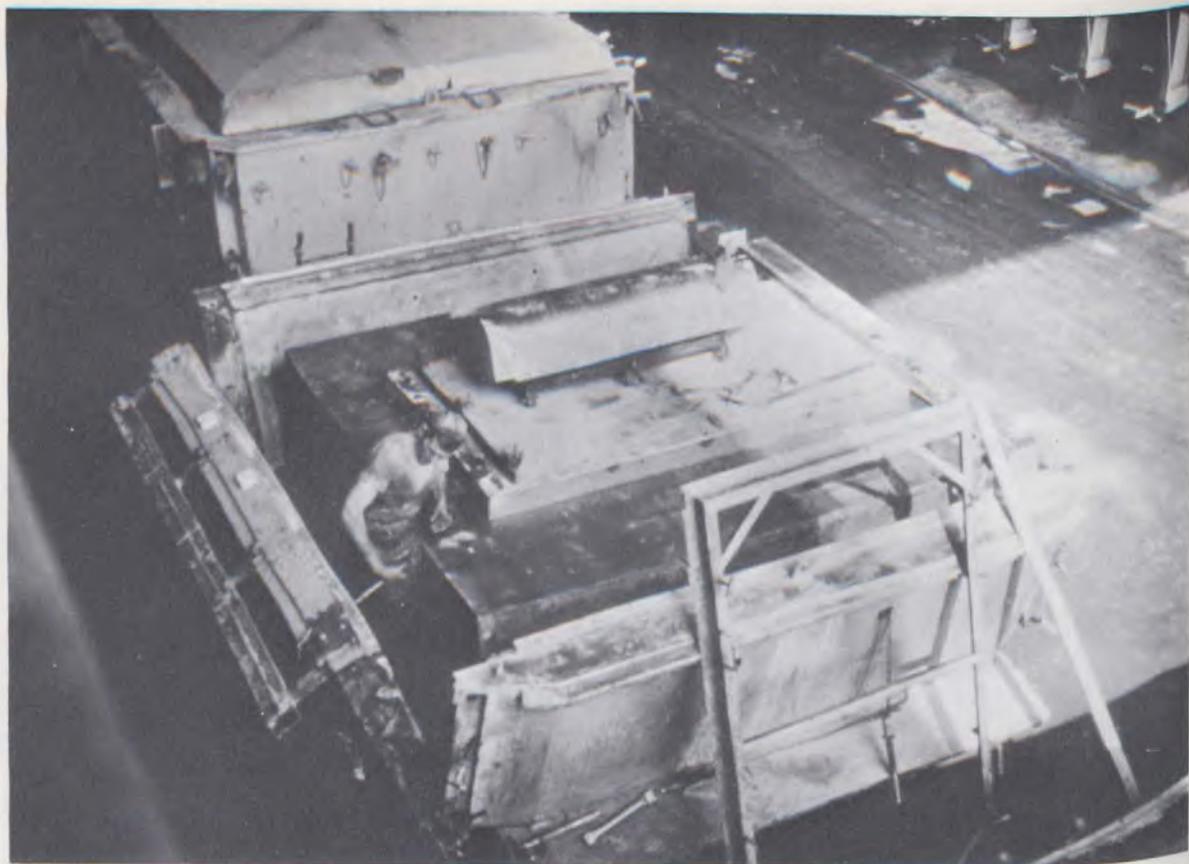
Le panneau coulé dans le moule représenté dans les photographies précédentes pèse presque 7 tonnes. Il est possible, par d'autres méthodes, d'intégrer les conduits d'eau et d'égout de façon plus simple et d'obtenir ainsi des panneaux plus légers.



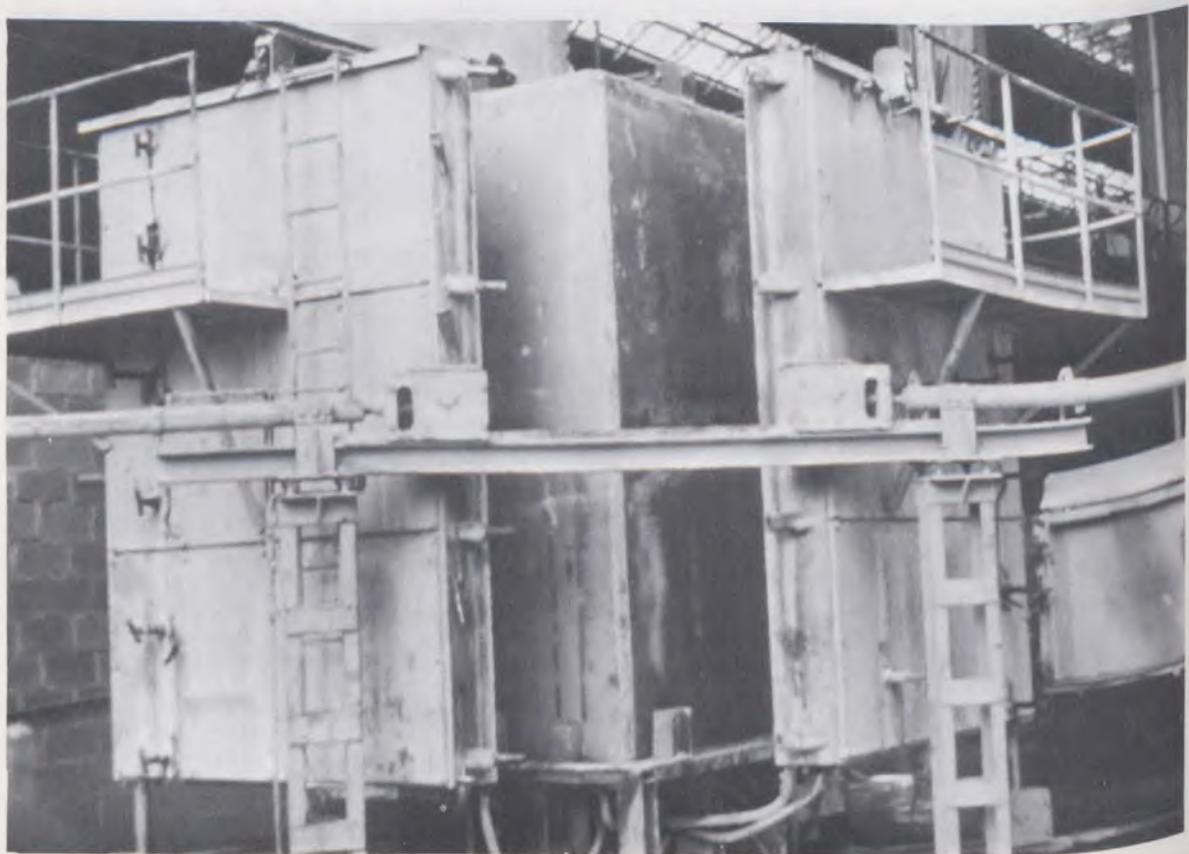
Table de coulage montrant les ouvertures de fenêtre et le carrelage de céramique déposé sur le fond du moule



Moule à escalier



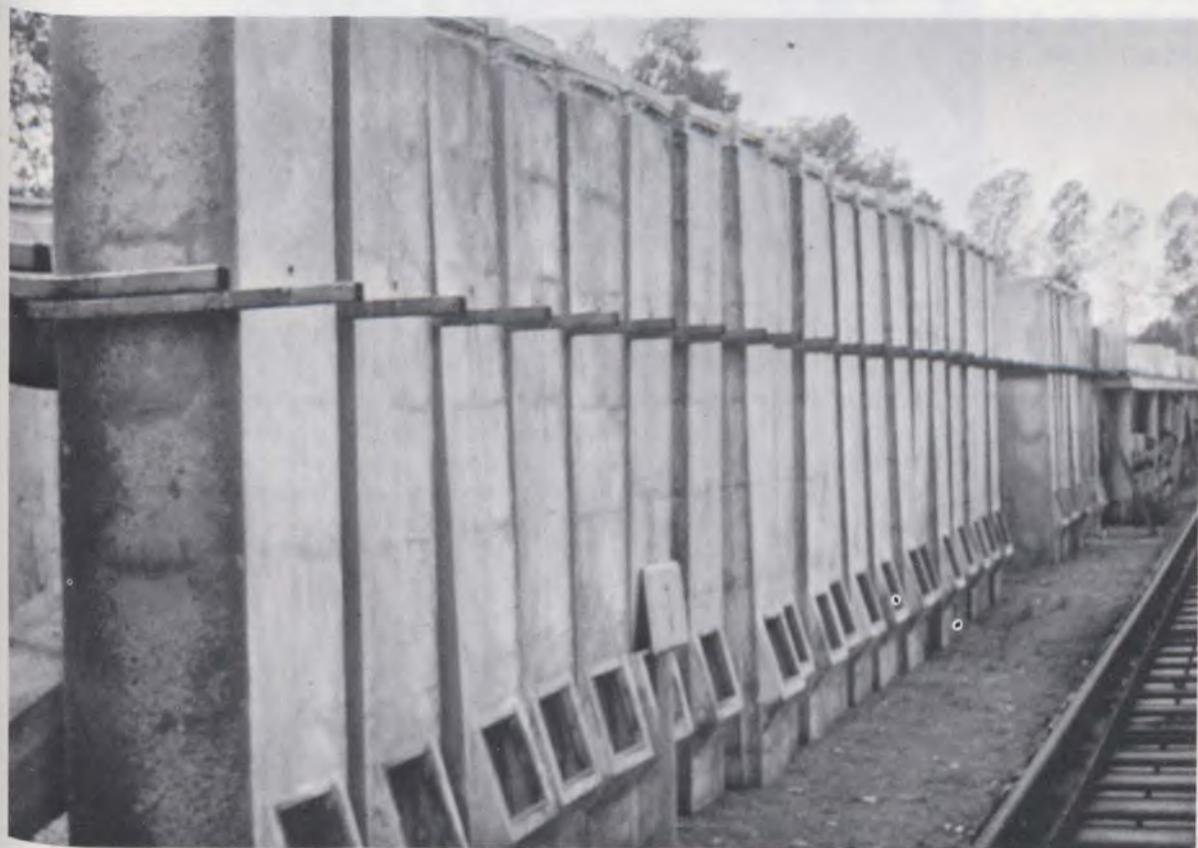
Moule à balcon



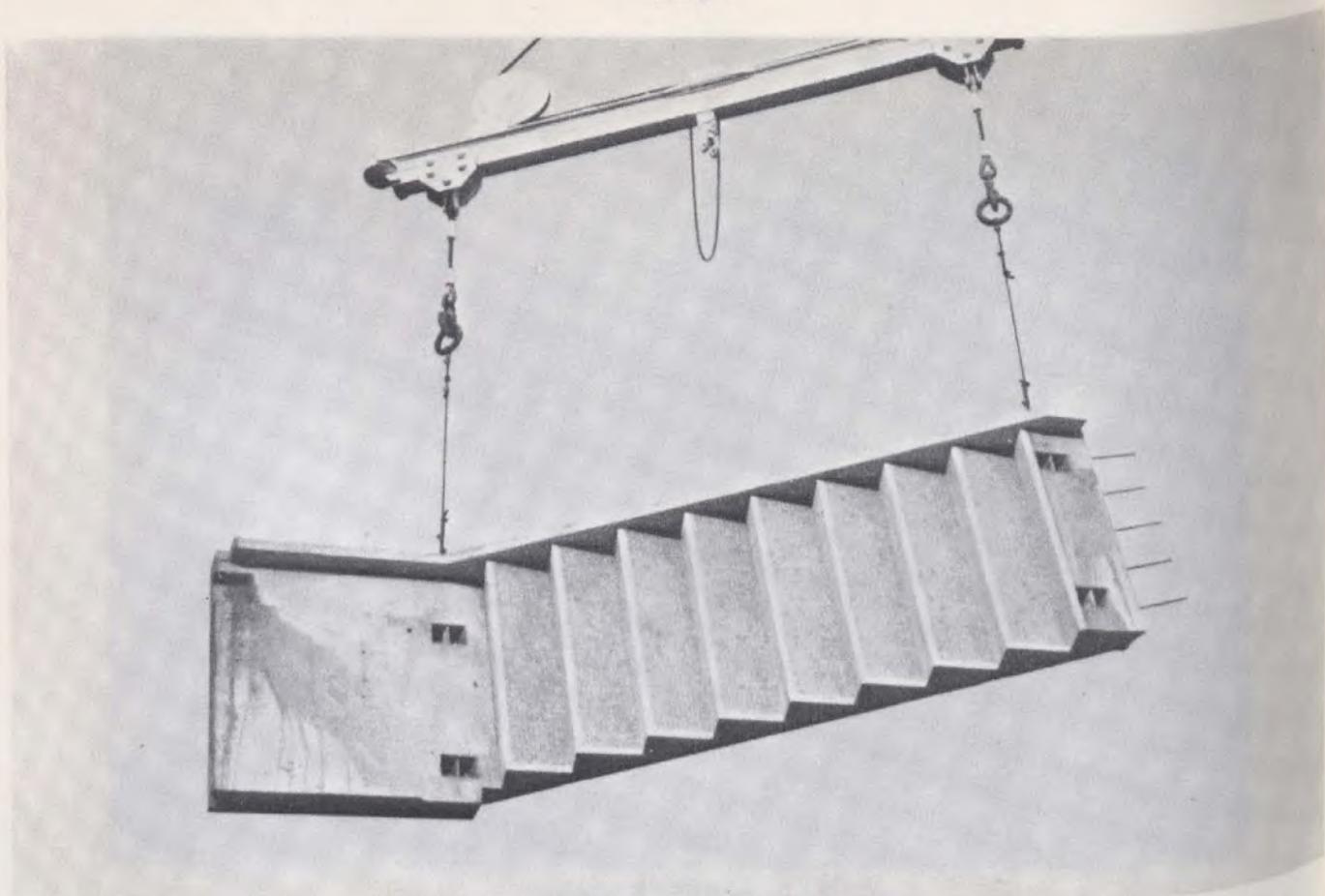
Moule à cage d'ascenseur



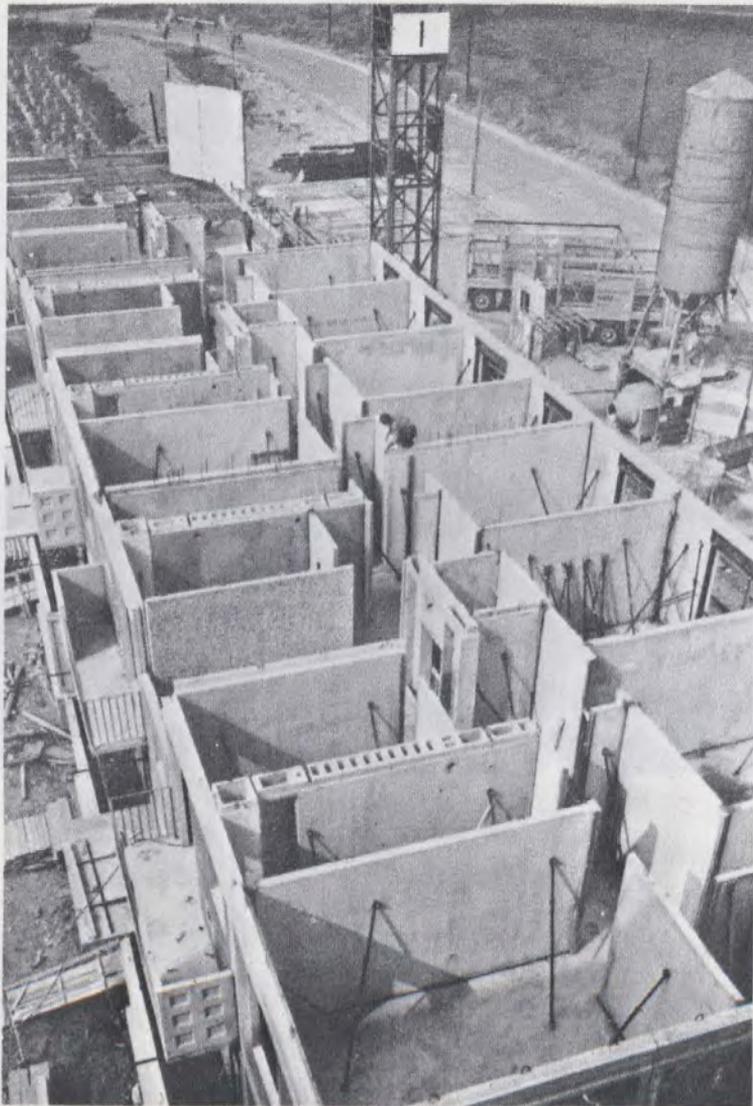
Cage d'ascenseur



Descente à déchets



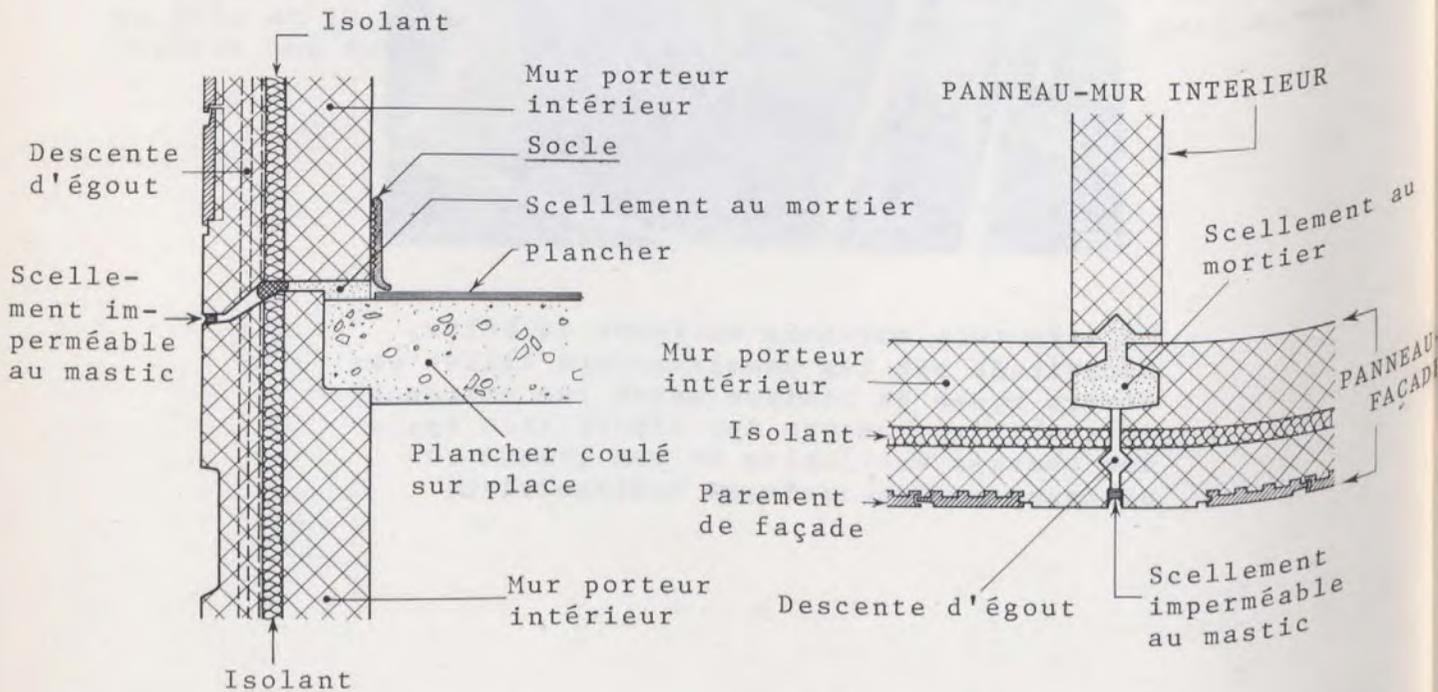
Le parement d'escalier peut varier. Ici, la marche est en carrelage de grès et la contremarche en marbre. Le parement des paliers sera réalisé une fois l'escalier en place.



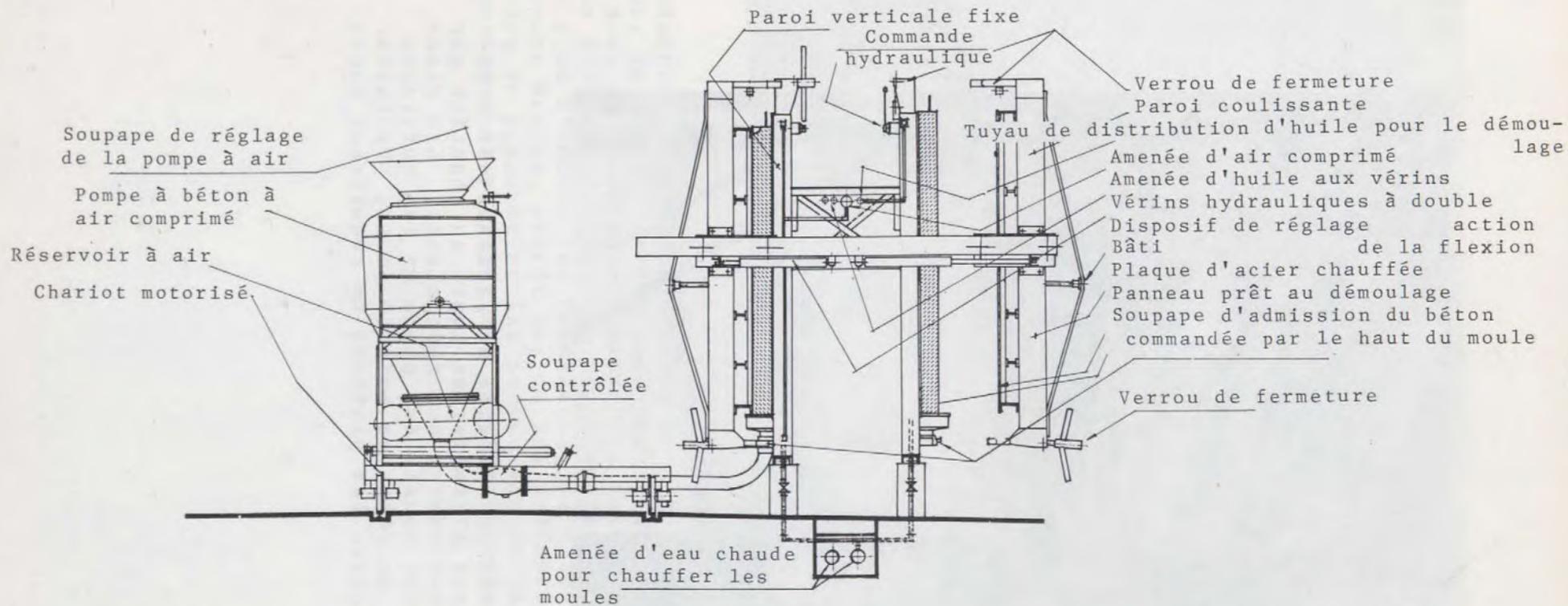
La structure autonome en forme de boîte, constituée par les panneaux-murs reliés par divers types de liaison selon les exigences de stabilité, assure une répartition égale des charges verticales et une grande résistance aux contraintes horizontales.



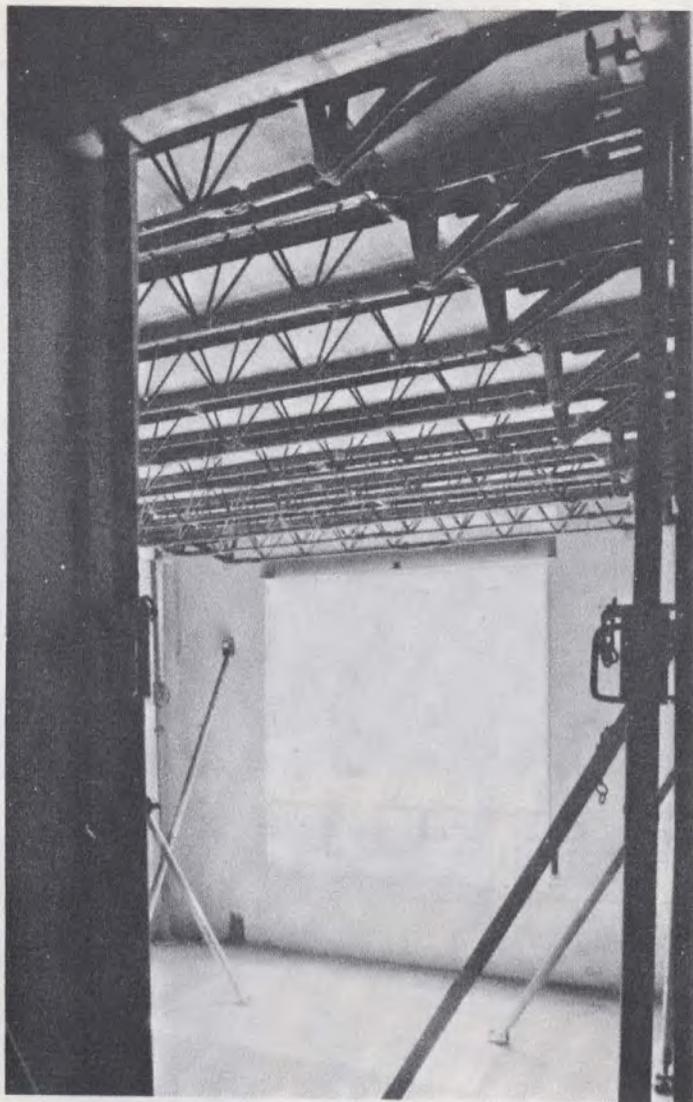
Installation d'un balcon



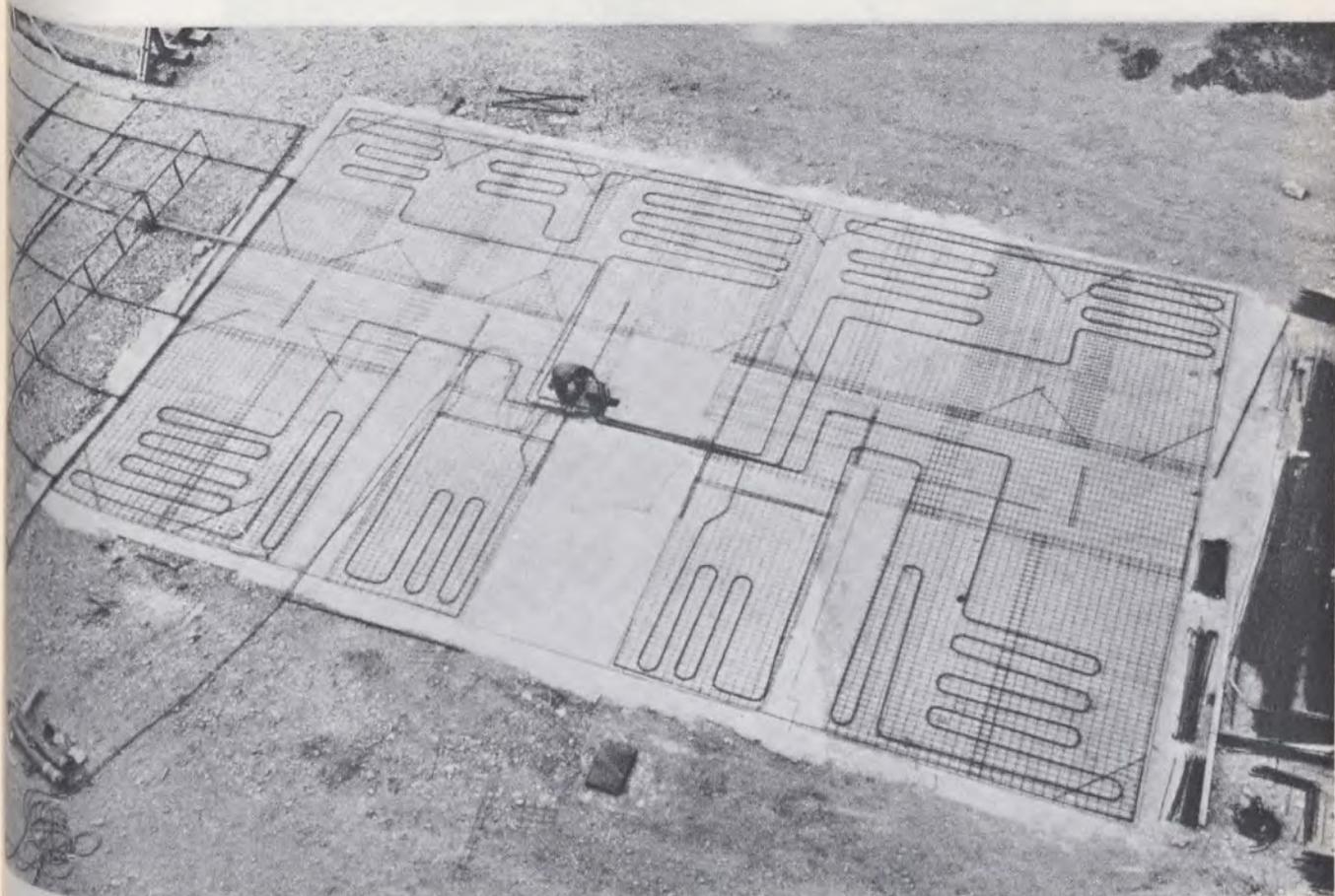
Les joints intérieurs et extérieurs, comme tous les détails techniques de la maison, sont minutieusement étudiés. Comme on le voit sur le dessin, le joint de façade comporte une double fermeture: la première en plastique et la seconde en béton, avec un conduit de drainage entre les deux. Les joints intérieurs sont de différents genres, selon les exigences de stabilité.



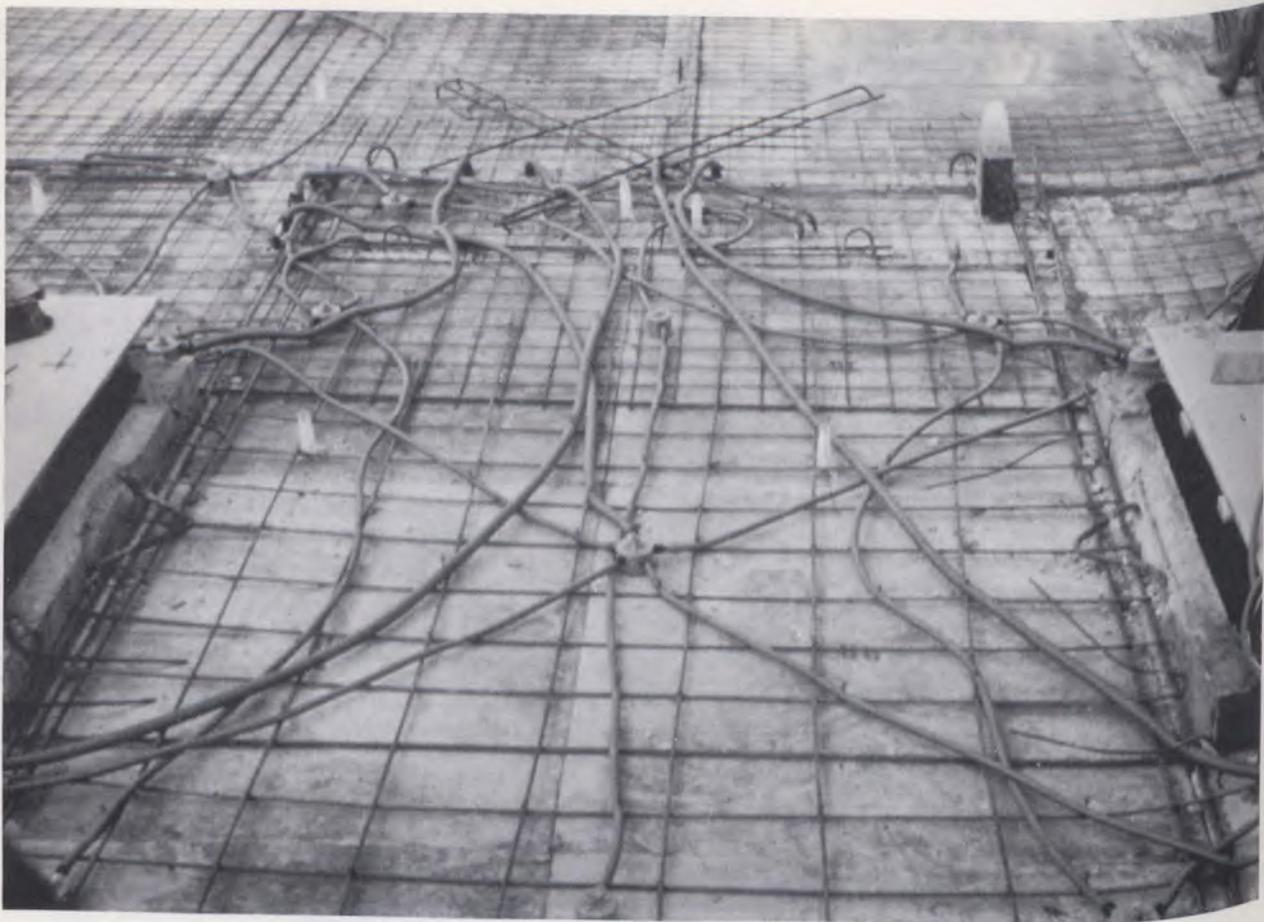
Afin de prévenir la formation de bulles d'air à la surface du panneau précoulé, on pompe le mélange de béton dans le moule vertical par le bas. Le béton pompé a ainsi moins tendance à se séparer que le béton déversé par un tuyau. Les rares imperfections de surface sont faciles à retoucher à l'enduit (spackle) et à la peinture.



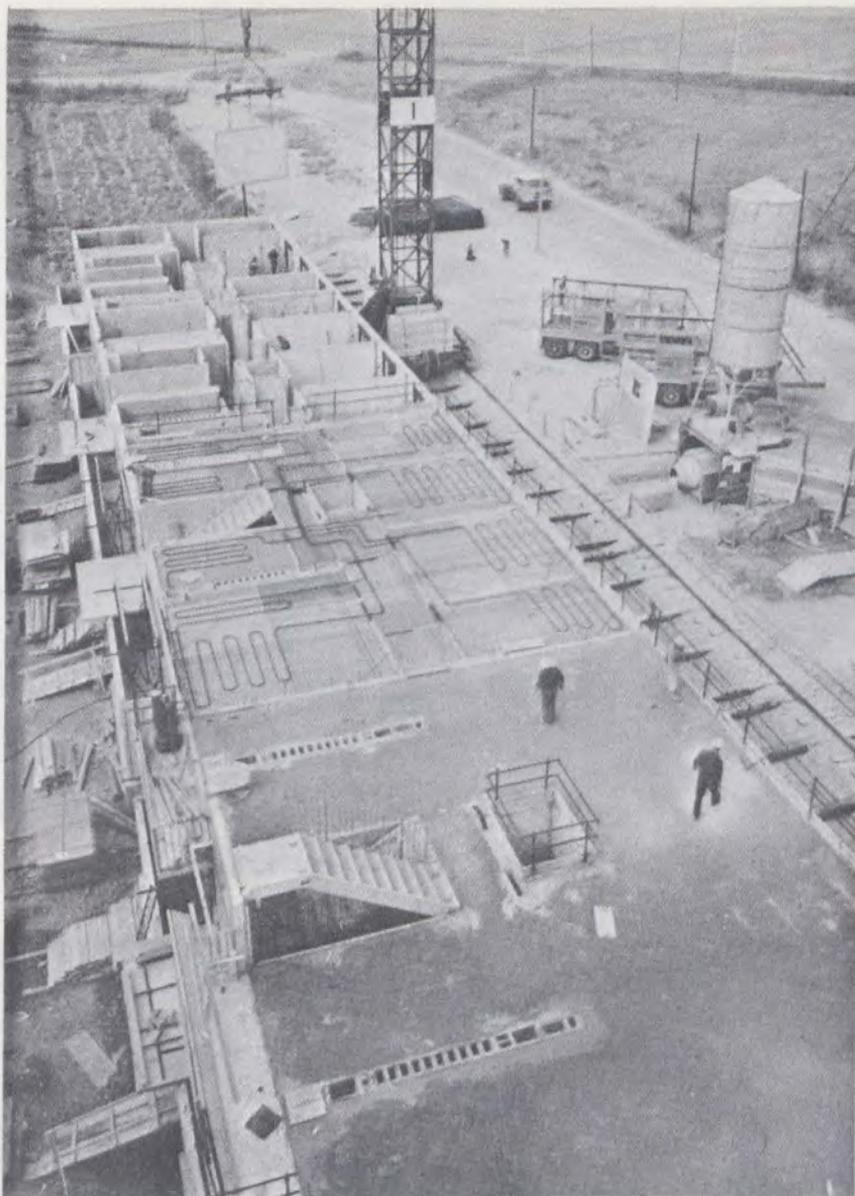
Le caisson de l'assise du plancher est construit dans l'atelier et monté au chantier par une main-d'oeuvre non spécialisée. Les planchers sont coulés sur place et les coffrages restent en place au moins 8 jours. Parfaitement lisses, les plafonds ne requièrent aucun enduit.



Pour industrialiser la production de l'équipement technique du bâtiment, la société préfabrique des unités complètes qui, insérées dans la fondation du plancher, éliminent du coup les raccords délicats. C'est une des raisons pour lesquelles elle coule à pied d'oeuvre les fondations, du moins dans les maisons à plusieurs étages, plutôt que de les préfabriquer en usine. L'armature du plancher et les serpentins de chauffage pour deux appartements sont préparés sur un gabarit spécial au chantier même.



Les conduits d'électricité et les boîtes de sortie sont coulés dans la dalle-plancher. La filerie est préassemblée, insérée dans un conduit de plastique et reliée aux boîtes de sortie, prête à être placée dans le coffrage.



La grue à tour se déplaçant sur rails est la plus pratique pour l'érection d'immeubles à plusieurs étages. Chaque grue peut monter la coque complète d'un ou deux appartements par jour. L'élément-caisse formé par les panneaux-murs extérieurs et intérieurs reliés par divers types de liaisons selon les exigences assure une répartition égale des contraintes verticales en même temps qu'une résistance maximale aux forces horizontales, même dans les régions exposées aux secousses sismiques. Des supports attachés à des pièces en plastique insérées dans les dalles et les panneaux supportent les panneaux provisoirement. Les dalles peuvent être préfabriquées ou coulées sur place. Le coulage sur place est préférable pour les bâtiments à plusieurs étages: il laisse plus de latitude dans la composition, donne des structures monolithiques et permet d'intégrer la filerie électrique et l'équipement de chauffage par radiation préassemblés. En l'occurrence, le coffrage est facilement monté et donne des plafonds parfaitement lisses, n'exigeant aucune finition.



Installation des escaliers



Panneau-façade prêt pour l'expédition

SICOP COIGNET s.p.a.

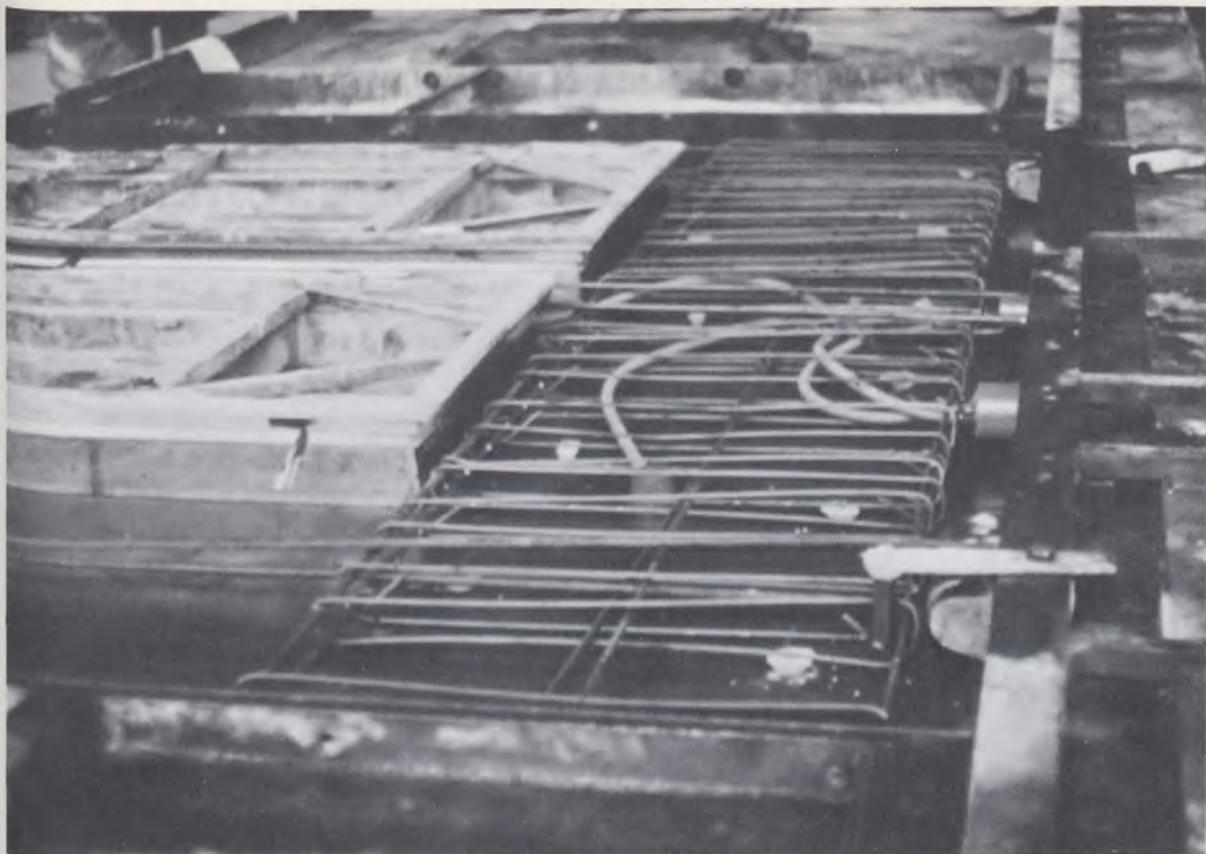
Sicop-Coignet s.p.a.  
Bubbiano, Italie.

SICOP COIGNET s.p.a.

Dans la matinée du 20 septembre, la Mission a visité l'usine et l'un des chantiers de construction du détenteur italien des procédés Coignet, la société Sicop Coignet s.p.a. de Bubbiano, près de Milan (Italie).

Elle utilise le système Coignet et possède le même genre de machines lourdes que les membres de la Mission ont vues à Paris. Le plan de l'usine est excellent et la centrale à béton est l'une des plus modernes que nous ayons vue. Le béton est livré aux bennes sur une courroie transporteuse. Cette usine, vieille de quatre ans, a coûté à la construction au-delà de \$1,500,000. L'apprêt des dalles-planchers prend une demi-heure et le séchage deux heures et demie. On se sert de chauffage électrique pour accélérer le séchage. Les salaires à l'usine vont de \$1.50 à \$2 l'heure.

Nous avons visité le chantier de construction près de Milan que, à cause de son ampleur, cette maison partage avec d'autres constructeurs du domaine industrialisé (MBM, Italcamus, Camus, Fiorio et Costamagna). Le plus petit appartement se loue \$40 par mois, y compris le chauffage et l'eau. Les planchers de cuisine sont en terrazzo; ailleurs on se sert de carreaux de vinyle blanc. La qualité des appartements que nous avons visités était excellente.



Banche horizontale laissant voir le châssis de fenêtre, l'armature d'acier, les boîtes de sortie et les conduits électriques en plastique mis en place avant le coulage du béton.



Panneaux-façades sur l'aire d'inspection



Grands panneaux de sous-sol



Bâtiment expérimental en panneaux de brique précoulés en usine



Collectif à loyer modique près de Milan



FINTECH ITALCAMUS s.p.a.

Fintech Italcamus s.p.a.  
Settala  
Milan, Italie

FINTECH-ITALCAMUS s.p.a.

Dans l'après-midi du 20 septembre, nous avons visité un grand chantier de construction près de Milan, où la société Italcamus et un groupe de quatre autres constructeurs du domaine de l'industrialisation érigent de grands ensembles collectifs.

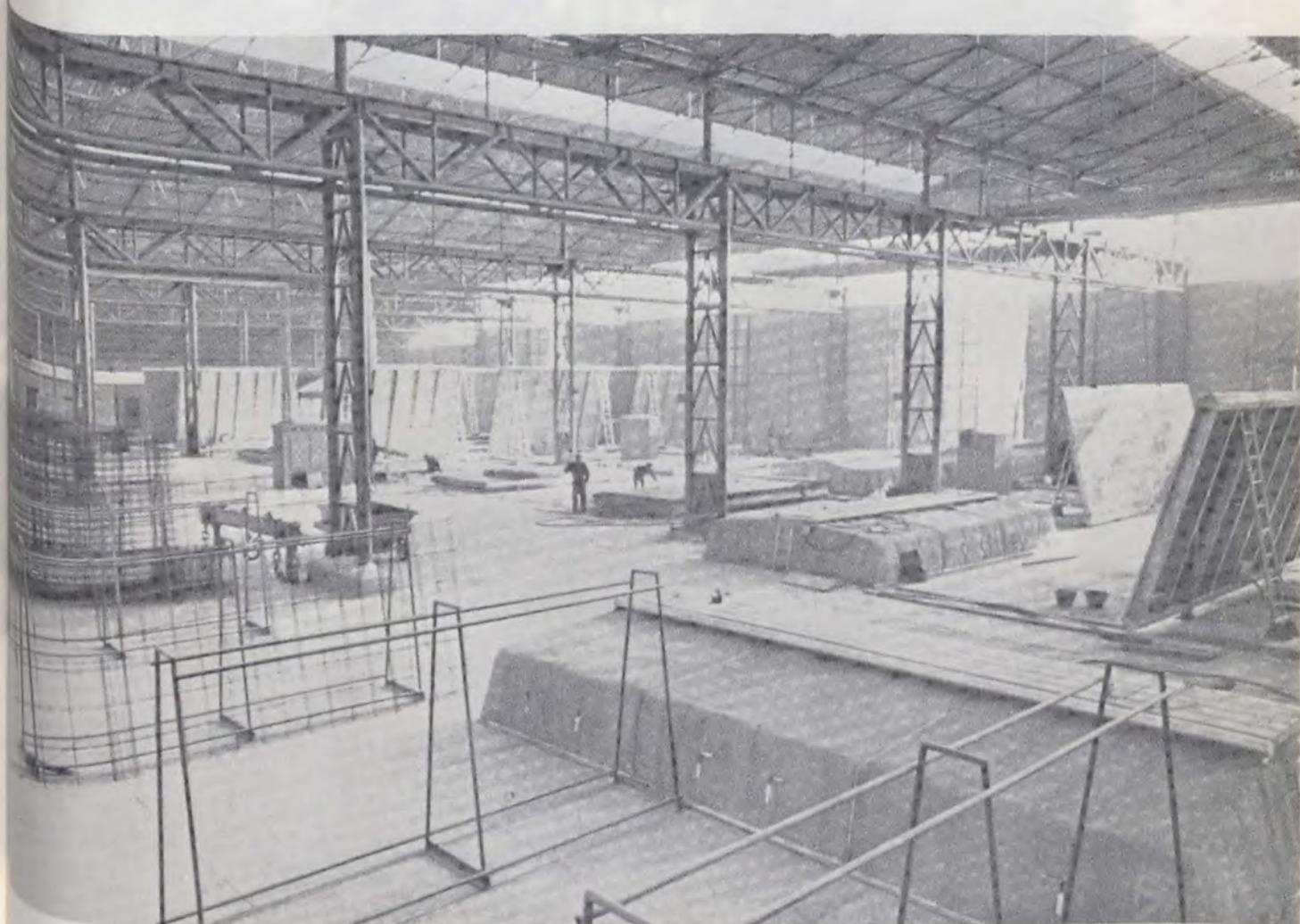
Il s'agit là de logements à loyer modique; la qualité du produit fini est excellente. Après avoir vu le chantier, la Mission s'est rendue à l'usine dessinée par les ingénieurs de Camus à Paris. L'usine a été construite en 1963 au coût de \$1,500,000 y compris l'outillage, les camions, les grues, etc. Deux mois après son ouverture, l'usine était en pleine production. Le séchage se fait à l'électricité; des thermostats contrôlent tout le chauffage électrique.

On prétend que ce genre de séchage permet d'économiser sur l'électricité et améliore la qualité du produit fini. Très fonctionnel, cet établissement possède un équipement moderne et bien entretenu; le travail est de très bonne facture. Il y a 30 tables de coulée. Le coût moyen d'un moule horizontal est d'environ \$5,000. La capacité de l'usine est de 1,500 appartements par année avec une équipe et demie.

Depuis sa construction, l'usine a produit 2,000 appartements par année, à raison de quatre par jour par

équipe. Elle emploie 150 hommes par équipe au salaire minimum de \$1.70 l'heure tous frais compris.

La semaine de travail est de 45 heures; il faut 13 hommes-heure pour produire un panneau.



Usine de la Fintech Italcamus à Settala près de Milan, Italie



Collectif à loyer modique de 10 étages près de Milan

LA JOHN LAING CONSTRUCTION LIMITED

John Laing Construction Limited  
14 Lower Regent Street  
Londres, Angleterre

LA JOHN LAING CONSTRUCTION LIMITED

La Mission a visité, les 21 et 22 septembre, le groupe de sociétés John Laing.

Il s'agit d'une organisation internationale engagée dans la construction, le génie civil, la mise en valeur de propriétés, les investissements et la fabrication dans diverses parties du monde. Le groupe a adopté certains procédés européens et a mis au point son propre système pour répondre aux conditions en Grande-Bretagne.

Au cours de cette visite, tous les membres de la Mission ont eu l'occasion de discuter du procédé Sectra, du procédé 12M Jespersen, du procédé Easyform, du procédé Laing-wall et du procédé Laingspan II; ils ont aussi visité les sociétés de recherche et de développement appartenant à ce groupe.

1. Le procédé Sectra est désigné comme une méthode de construction logique; on y utilise des thermo-coffrages de haute précision; la technique comporte aussi la manutention mécanique, la préfabrication et la répartition systématique de la main-d'oeuvre. On transporte ainsi au chantier la vitesse et la précision de l'usine.

La John Laing Construction Limited est détentrice de droits exclusifs en Grande-Bretagne sur le procédé breveté Sectra de construction rapide d'appartements à plusieurs

étages mis au point par M. Lucien Quentin, ingénieur-conseil français. Conçu pour des bâtiments allant jusqu'à 25 étages, ce procédé a déjà été largement utilisé en Europe.

Il s'agit essentiellement d'une façon d'utiliser des coffrages d'acier de précision en sections rectangulaires ("tunnel"), en largeurs d'une ou de deux pièces, et à la hauteur des plafonds, pour couler sur place des charpentes en béton. La principale caractéristique de ce coffrage, rapidement mis en place par une grue à tour, réside dans le fait qu'il est chauffé à l'intérieur pour accélérer la prise du béton. On peut ainsi réduire, de plusieurs jours à seulement 13 heures le délai pendant lequel le béton doit être supporté par le coffrage. Le chauffage du coffrage réduit en outre sensiblement la période improductive où l'on doit normalement arrêter le travail à cause du froid. On utilise beaucoup la préfabrication pour les cloisons, les escaliers et la plomberie. Le procédé Sectra permet de réaliser des économies considérables de main-d'oeuvre et de transport comparativement au procédé qui prévoit la fabrication de gros éléments de charpente précoulés dans une usine centrale. En transportant directement au chantier les méthodes de fabrication en usine, le système Sectra permet d'accroître la productivité tout en réduisant la main-d'oeuvre globale. Cette méthode de construction de précision en chantier n'est pas tributaire d'une

usine de précoilage à proximité du chantier; on peut utiliser des matériaux obtenus sur place.

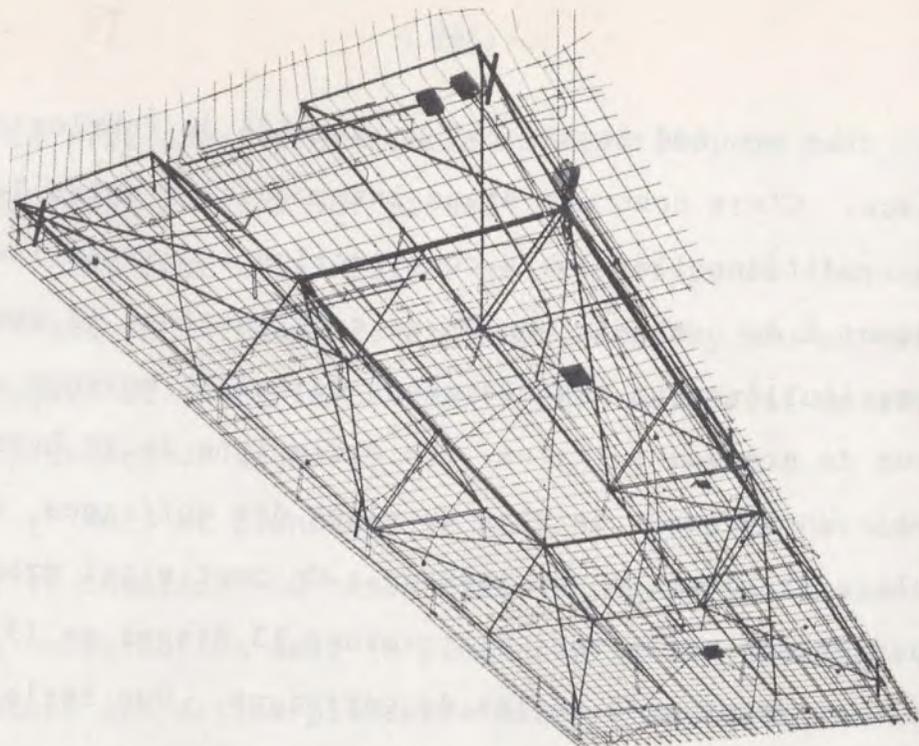
On peut ainsi ériger un étage type de cinq appartements, dans un bâtiment de plusieurs étages, dans un cycle de deux jours, et toute la charpente d'un collectif de 15 étages en 20 journées de travail.

Murs et planchers se coulent sur place et en même temps, le chauffage du béton étant un moyen logique de terminer la construction dans le plus court délai possible. Toute l'armature des dalles-planchers est préfabriquée sur le chantier et mise en place au moyen de la grue. Les services peuvent être incorporés dans cet ensemble préfabriqué. Ce procédé offre comme grand avantage de permettre d'occuper des sections entières du bâtiment pendant que le travail se poursuit sur le reste.

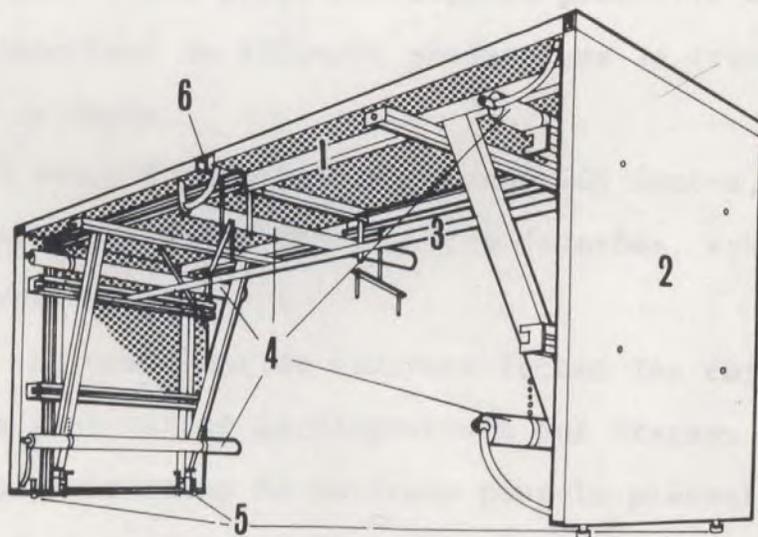
Grâce à la précision du procédé Sectra, on obtient des surfaces de béton prêtes à être décorées, avec un minimum de préparation.

En combinant de diverses façons les coffrages en acier, on peut varier la disposition des étages. Le procédé laisse aussi beaucoup de latitude pour la présentation esthétique, par l'utilisation de grands panneaux préfabriqués, composés de divers matériaux de revêtement et présentés de diverses façons.

Le procédé Sectra est un procédé de fabrication sur place. C'est donc une étape intermédiaire entre les méthodes traditionnelles et la construction industrialisée. Se prêtant à de nombreux genres de construction, il convient tout particulièrement aux bâtiments de taille moyenne s'étendant sur de grandes surfaces. Le cycle type de 24 heures se décompose en 5 heures de mise en place des coffrages, 6 heures de coulage et 13 heures de séchage. On peut ainsi produire 25 appartements en 5 jours et terminer 13 étages en 13 semaines en se servant de 8 séries de coffrages. Une série coûte environ \$11,200.



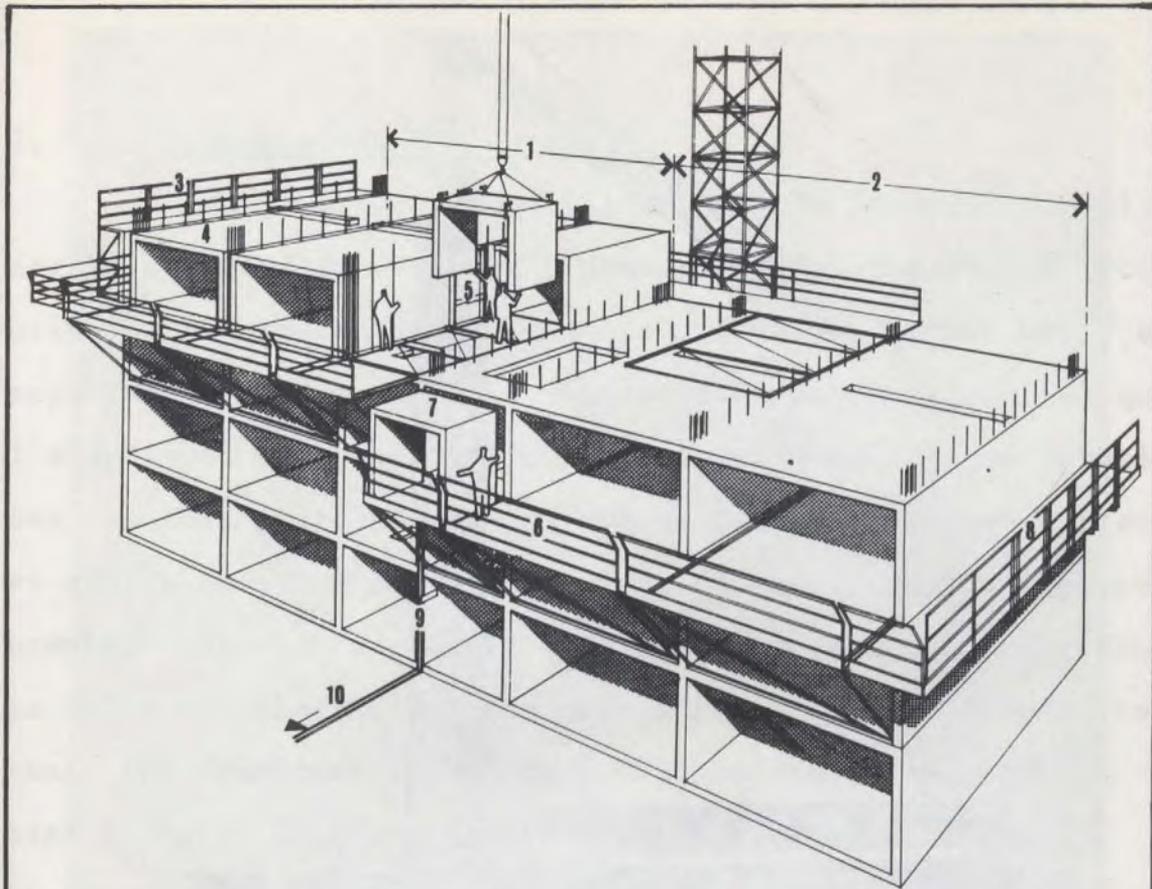
Montage du ferrailage préfabriqué, avec insertion de tous les services.



Légende

1. Coffrage coulissant
2. Panneau d'extrémité
3. Etrésillon
4. Conduits de chauffage
5. Vérins verticaux
6. Couplage central

Unité de thermo-coffrage

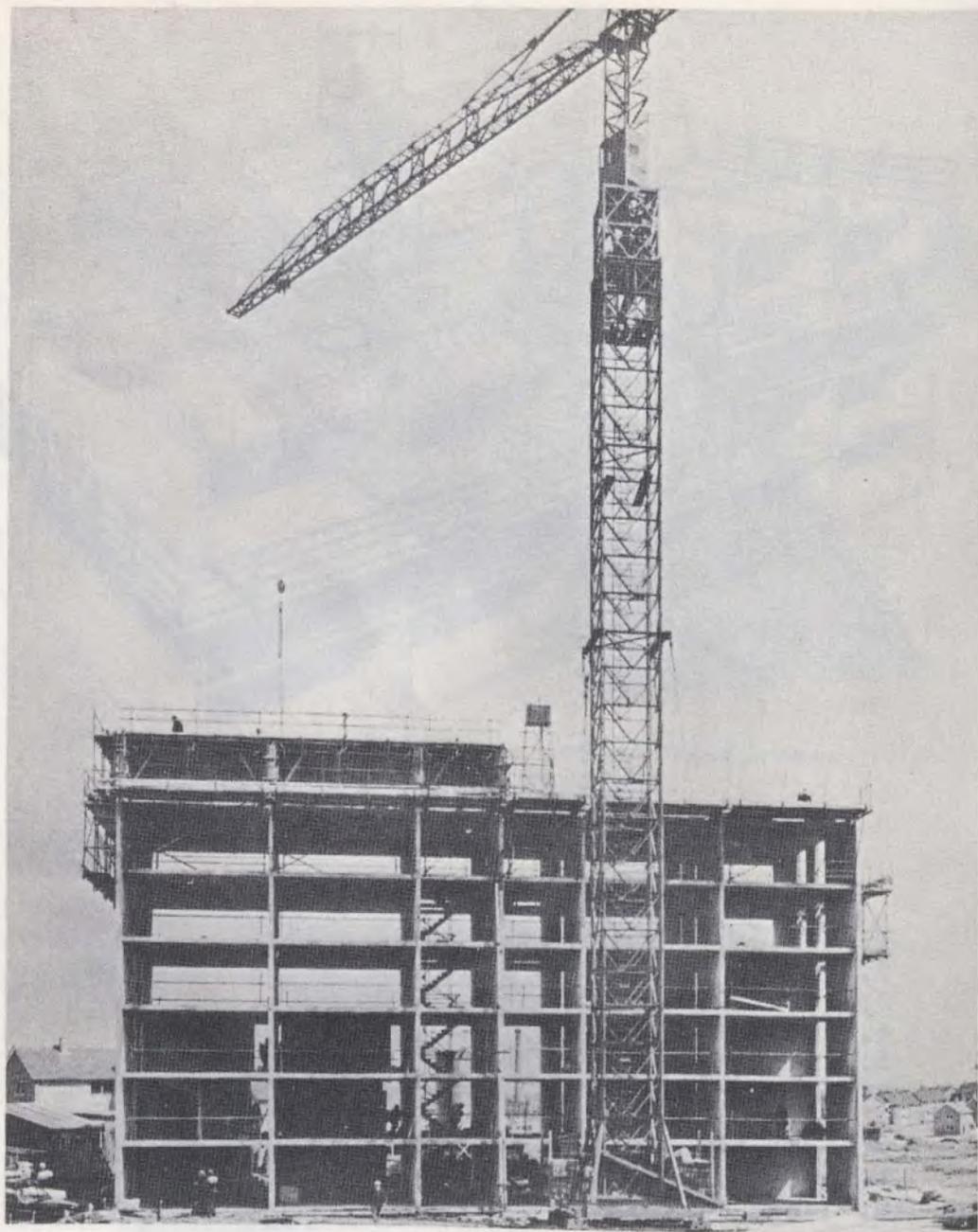


1. Phase 7, mise en place du coffrage
2. Phase 8, mise en place du rail à coffrage
3. Coffrage de bout en place
4. Coffrage-tunnel
5. Coffrage d'ouverture
6. Plate-forme recevant les coffrages retirés
7. Retrait d'un coffrage
8. Plate-forme supportant le coffrage de bout
9. Conduits de chauffage
10. Vers la chaufferie

	11		12	
	9		10	
	7		8	
	5		6	
	3		4	
	1		2	

Phases du dispositif

Diagramme expliquant le système Sectra



Elévation de façade d'une charpente Sectra

2. Le procédé 12M Jespersen

En 1963, le groupe Laing a acquis le droit d'utiliser le système Jespersen en Grande-Bretagne et a établi trois usines. Il a jusqu'ici produit les éléments de plus de 12,000 appartements. On a précisé, au cours de notre rencontre, que l'adaptation d'un pays à l'autre exige l'assimilation complète aux besoins, pratiques et opérations des entreprises en place, et que la question des juridictions des syndicats est de toute première importance et doit être éclaircie avant d'entreprendre la moindre exploitation. On nous a recommandé de faire intervenir les syndicats à l'étape de la planification, afin de bien discuter tous les problèmes de relations de travail. L'entreprise Laing a subi, en Angleterre, un retard d'une année.

Comparaison des effectifs requis pour des constructions de même taille

- (a) Construction traditionnelle - 1,500 heures-homme au chantier.
  - (b) Procédé Sectra - 900 heures-homme au chantier.
  - (c) Procédé Jespersen - 600 heures-homme au chantier.
- Le procédé 12M est un procédé modulaire fondé sur un module de 4" ou 10 cm.

3. Le procédé Easyform

Le procédé Easyform de construction de maisons, lancé par le groupe Laing il y a une cinquantaine d'années,

est une technique brevetée de construction en béton, à pied d'oeuvre, de maisons et d'immeubles d'appartements allant jusqu'à cinq étages. Il fait appel à des méthodes avancées de construction industrialisée pour assurer une construction rapide.

Ce procédé utilise notamment des coffrages d'acier de haute précision, destinés à rationaliser et à accélérer le travail en plus d'offrir une grande souplesse de planification. Le procédé Easyform offre tous les avantages de la construction en chantier étendue à tout un programme d'ensemble.

Depuis 1945 seulement, le procédé Easyform a servi à la construction d'environ 75,000 logements pour plus de 130 administrations locales partout en Grande-Bretagne; un grand nombre d'autres sont en construction.

Il permet la réalisation rapide des superstructures de bâtiments permanents au moyen de murs creux à l'extérieur et de murs communs, érigés par une main-d'oeuvre non spécialisée surveillée par des techniciens. Le mur extérieur creux empêche la pénétration de l'humidité et améliore l'isolation thermique, qui se trouve aussi augmentée par l'emploi d'un béton à agrégat léger pour la couche intérieure, ce qui assure une paroi intérieure chaude et prévient la condensation. Des données comparatives montrent la supériorité de l'isolation thermique de la construction Easyform.

Le mur extérieur creux d'une maison Easyform type, de deux étages, est formé d'une couche extérieure de 3½ po. de béton avec un agrégat naturel, d'un espace de 2 po. et d'une couche intérieure de béton avec un agrégat léger, réunies par des attaches murales galvanisées. Dans les bâtiments plus élevés, les murs porteurs sont plus épais là où c'est nécessaire pour assurer une plus grande stabilité.

Les deux couches des murs extérieurs, comme les murs communs, sont armées au-dessus du sol, en-dessous et autour des ouvertures du rez-de-chaussée. Les parois de cheminée reçoivent aussi une armature pour les stabiliser et leur permettre de mieux résister aux contraintes de température.

La vitesse de réalisation de la construction par le procédé Easyform est particulièrement sensible quand il s'agit de grands ouvrages. De fait, plus l'ouvrage est important, plus la vitesse de réalisation est grande et moins le prix de revient relatif est élevé. La construction d'un ensemble type de 500 logements, voie de circulation et égouts compris, sur un terrain raisonnablement plat, prendrait normalement deux ans et demi. C'est donc dire que la vitesse de réalisation, à partir de la livraison de la première maison jusqu'au parachèvement de l'ensemble, est de plus d'une maison par jour.

Pour obtenir à la fois un coût minimal et une vitesse maximale de construction, il faut qu'un ensemble Easyform comprenne au moins 200 logements. Des entreprises

initiales de moins grande envergure peuvent, cependant, être mises en chantier après entente, quand il est possible d'envisager une continuité raisonnable du travail.

4. Le procédé Laingwall

Le procédé Laingwall permet d'ériger rapidement, mais tout de même de façon permanente, des édifices à bureaux, des laboratoires, des écoles, des hôpitaux et nombre d'autres genres de bâtiments.

La caractéristique principale de ce procédé et ce qui le distingue surtout des autres, c'est sa technique de réalisation des murs porteurs extérieurs.

Ce sont de grands panneaux préfabriqués, de la hauteur d'un étage, faisant un mur d'une seule venue, fini à l'extérieur et, dans bien des cas, à l'intérieur. Ils laissent toute liberté de choix pour l'ossature intérieure et permettent une grande souplesse d'adaptation à une grande variété de types.

La construction des planchers peut prendre une diversité de formes, la préférence allant aux planchers précoûlés avec, au besoin, une poutre maîtresse précoûlée. La finition extérieure des panneaux-tympan et des unités solides peut être en agrégats nus, mosaïque, béton profilé ou toute finition spéciale.

Les unités Laingwall se montent au moyen d'une grue et, selon les conditions, les fenêtres peuvent être posées dans ces unités sur l'aire de coulage.

Les unités Laingwall normalisées peuvent être livrées des stocks ou coulées économiquement à court délai, elles se prêtent à des constructions allant jusqu'à dix étages. Les unités Laingwall spéciales peuvent être dessinées par l'architecte du client, ce qui permet encore plus "d'individualité", lorsque l'ampleur et le genre d'ouvrage rend cette possibilité rentable.

#### 5. Le procédé Laingspan II

Il s'agit ici d'un procédé de construction industrialisée conçu pour concilier les avantages économiques de la systématisation et la discipline du préfabriqué d'une part, et une très grande souplesse d'autre part.

Le Laingspan II a été conçu pour satisfaire aux exigences de planification et de réalisation d'une gamme plus étendue de types de bâtiments et pour répondre aux diverses exigences de l'heure. Il convient tout particulièrement à la réalisation d'écoles, d'hôpitaux, de laboratoires, de bureaux et de petites usines.

Il se fonde sur un grillage modulaire de 4 pouces.

Tout le système Laingspan II repose sur le joint qui unit les membres de charpente, du genre métal sur métal,

et qui permet de monter la charpente aussi vite qu'une charpente d'acier sans les inconvénients du coulage des membres de charpente en béton sur place. (On procède plus tard, à loisir, au gobetage des joints pour assurer la protection contre l'incendie.)

On perfectionne constamment le procédé; il comporte des éléments formant un ensemble de pièces et assure ainsi une très grande diversité de choix et une très grande souplesse. Poussé à la limite de ses possibilités, ce système doit éventuellement épouser les autres procédés Laing, de manière à élargir encore l'éventail des types de bâtiments auxquels il peut s'appliquer.

Il constitue donc un système parfaitement intégré, offrant un maximum de souplesse et une vitesse incomparable de montage. Il peut en somme répondre aux exigences de presque tous les genres de bâtiments.

#### 6. Nouveaux produits

Cette société a mis au point, à partir de poussière de cendre de combustible agglomérée, un agrégat léger à béton, le Lytag, destiné au béton de charpente précoulé, isolant, à l'épreuve du feu et réfractaire.

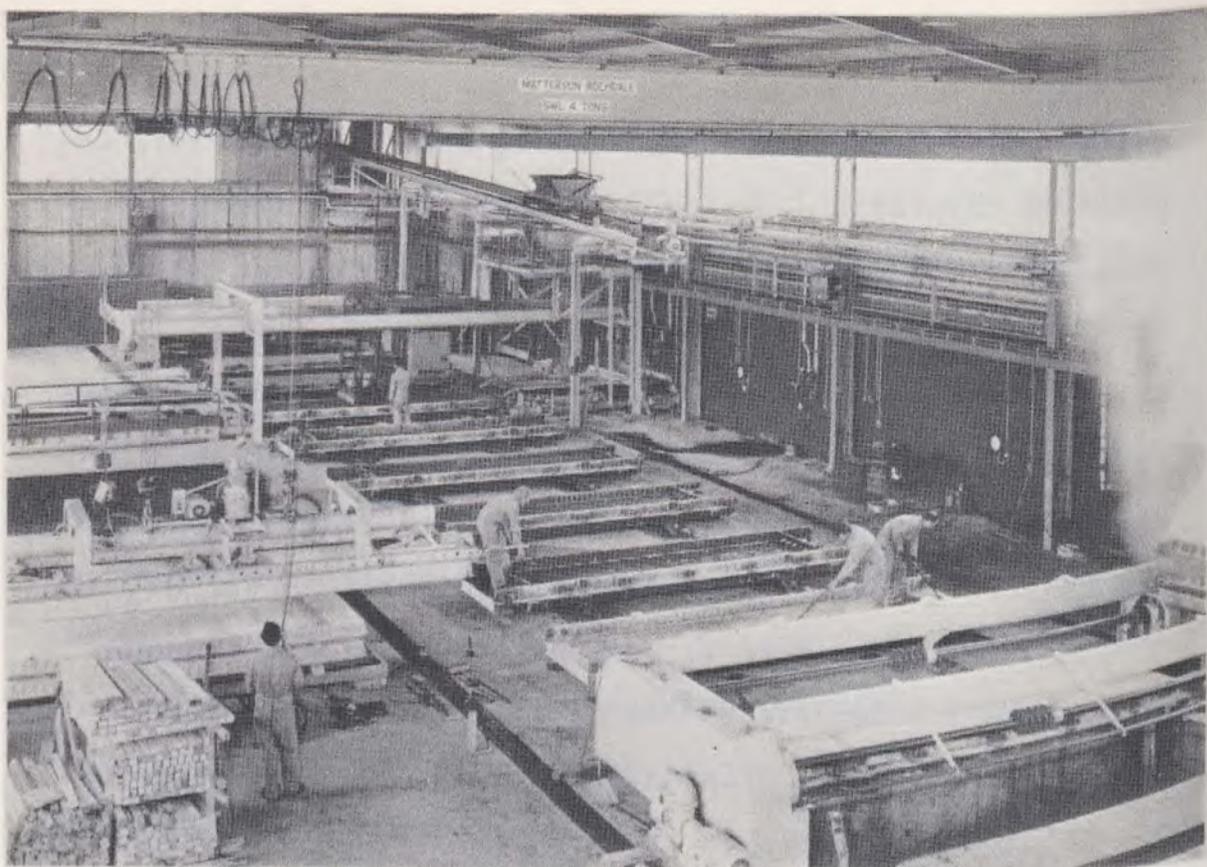
Elle fabrique aussi des blocs légers qui portent le nom de Thermalite Ytong. Elle est aujourd'hui la plus grande fabricante britannique de béton poreux qu'elle produit dans

quatre usines. Elle fabrique aussi, dans ses filiales, des produits chimiques destinés à la construction, des couvre-planchers, des produits silico-calcaires, etc.

7. Recherche et développement

Une filiale de cette même société, la John Laing Research and Development Ltd., poursuit des recherches et des études sur les techniques et les matériaux de construction, les usines, le dessin du matériel, etc.

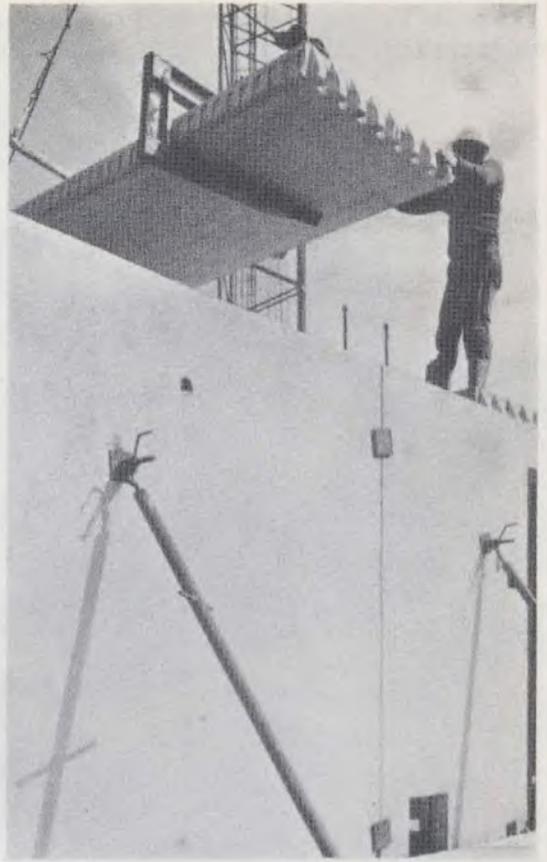
Elle consacre \$1,500,000 par année aux services techniques à l'intérieur même de son organisation, environ la moitié de ce montant étant affecté aux travaux de recherche.



Production d'éléments-planchers



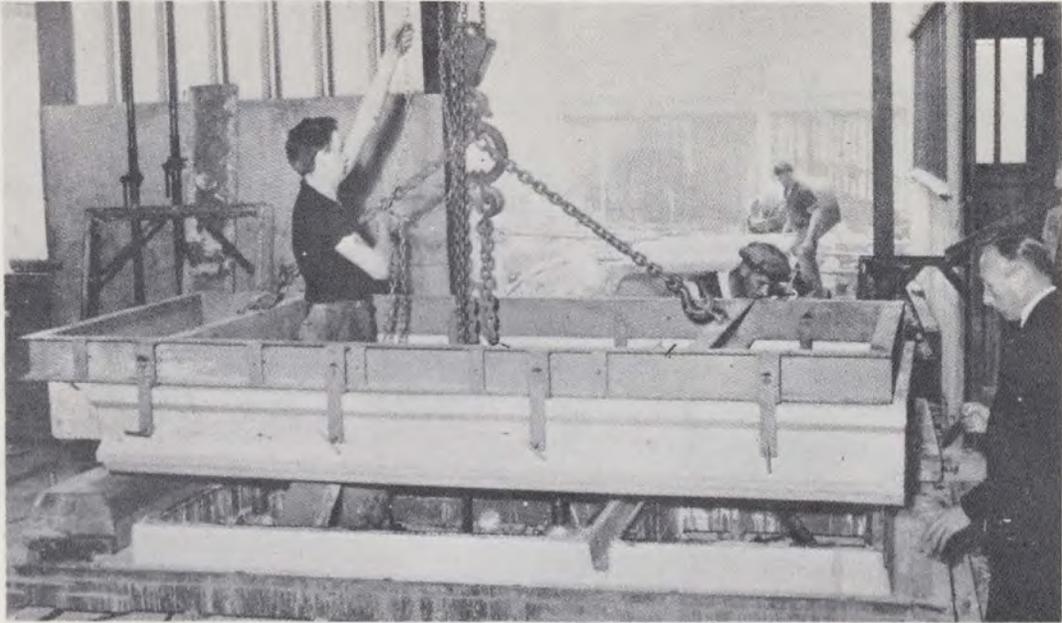
Aire de stockage d'usine



Érection au chantier



Mise en place des panneaux-murs



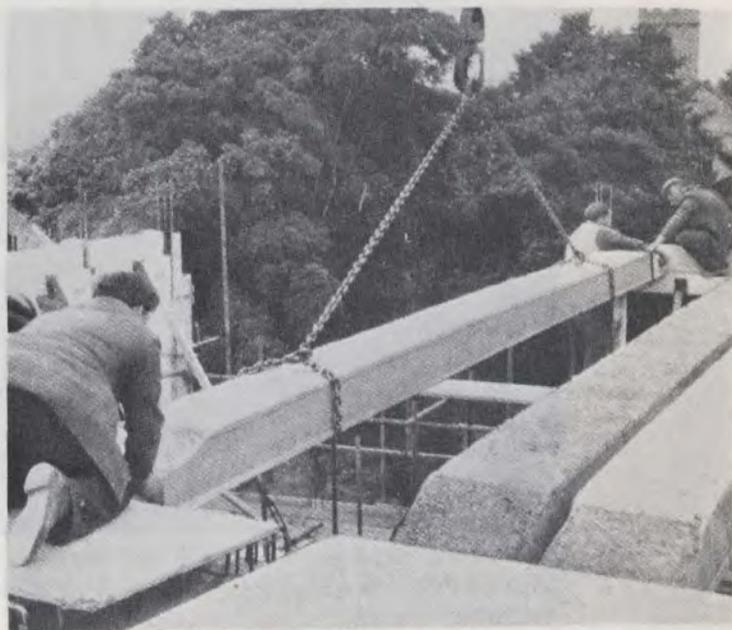
Démoulage d'une unité Laingwall



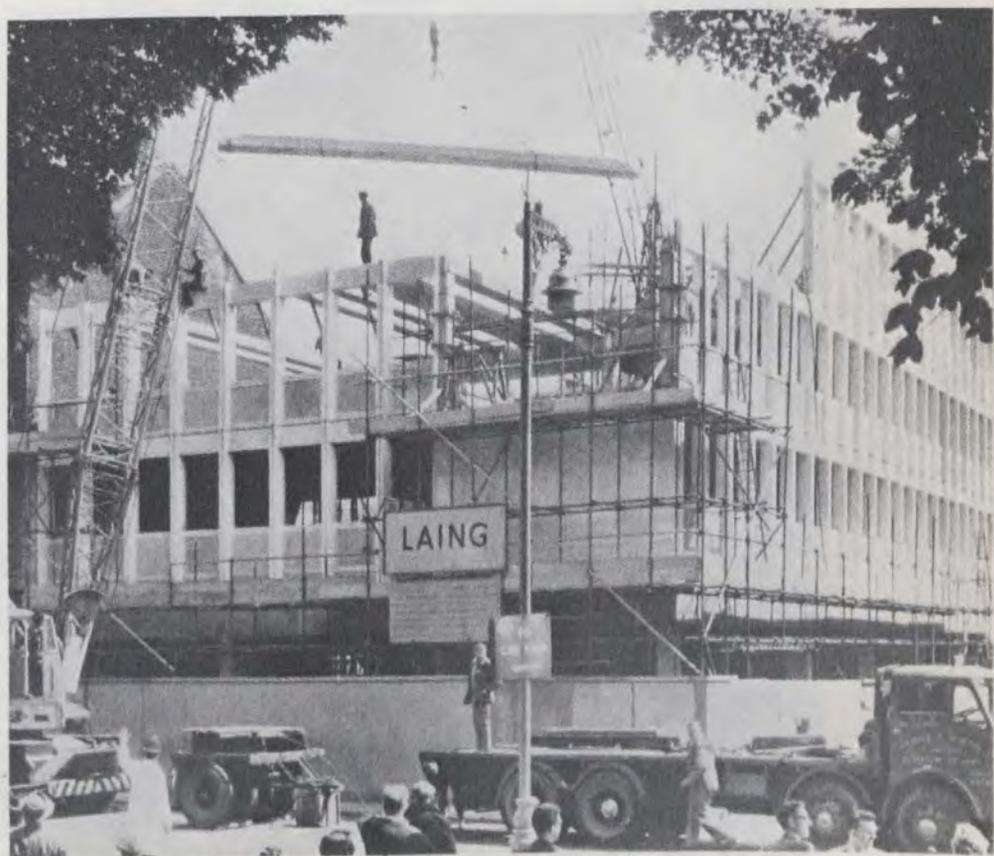
Unité Laingwall que la grue a prise sur la remorque et déposée à sa place définitive. Les planchers pré-coulés servent de plateforme de travail

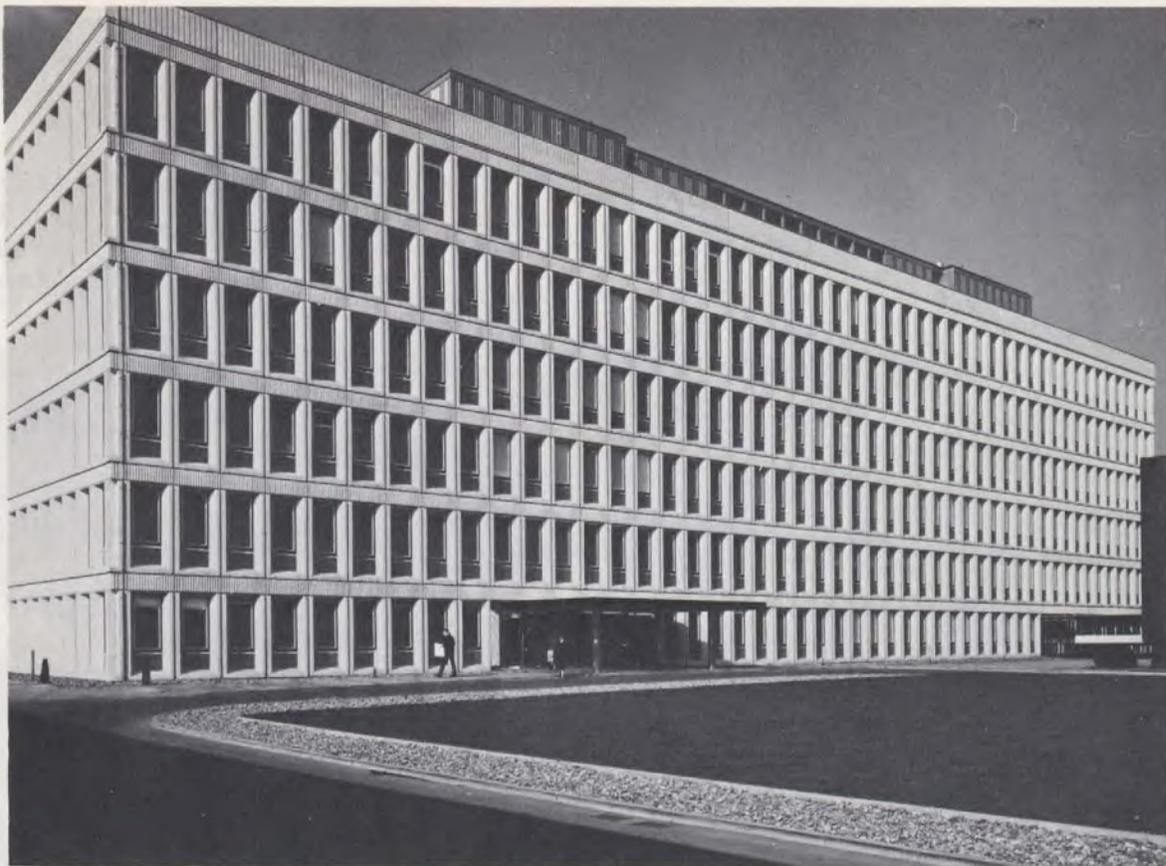
L'élément étant encore soutenu par la grue les ouvriers le plombent et posent les étais.

Mise en place d'unités de plancher pré-coulées, qui reposent sur les éléments Laingwall et les poutres maîtresses du centre du bâtiment.



Vue générale d'un bâtiment à demi achevé





Nouveau siège social du North Western Gas Board, à Altrincham, Cheshire, érigé par le procédé Laingwall de construction industrialisée



Siège de la John Laing and Son Limited à Mill Hill, Londres, N.W.7, réalisé par le procédé Laingwall de construction industrialisée



Immeuble à bureaux de six étages construit par le procédé Laingwall à Boreham Wood, Hertfordshire, pour la division de recherche et de développement de la John Laing Construction Limited



Panneaux Laingwall à parement de brique

APPENDICE I

TABLES DE CONVERSION

MESURES LINÉAIRES

1 mètre = 39.370 pouces  
= 3.281 pieds  
= 1.093 verge

1 pouce = 0.0254 mètre  
1 pied = 0.3048 mètre  
1 verge = 0.9144 mètre

SURFACE

1 centimètre carré = 0.155 pouce carré  
1 mètre carré = 10.764 pieds carrés  
= 1.196 verge carrée

1 pouce carré = 6.45 centimètres carrés  
1 pied carré = 0.092 mètre carré  
1 verge carrée = 0.836 mètre carré

APPENDICE 2

LISTE DES MEMBRES

- M. George Adam           Président  
Institut canadien du béton précontraint  
Directeur des ventes et des études  
techniques  
Con-Force Products Ltd.,  
C.P. 398  
Calgary (Alb.)
- M. Hector Asselin       Asselin, Benoit, Boucher, Ducharme et  
Lapointe  
Ingénieurs-conseils  
4200 ouest, boul. Dorchester  
Montréal (P.Q.)
- M. Kenneth Bruce       Vice-président et directeur général  
Division du béton précontraint  
Brancon (1966) Limited  
8300 boul. Pie IX  
Montréal 38 (P.Q.)
- M. George Escott       Vice-président et directeur général  
Pre-Con Murray Ltd.  
980 Yonge Street  
Toronto (Ont.)
- M. George Paris        Directeur canadien  
Portland Cement Association  
116, rue Albert  
Ottawa (Ont.)
- M. H. Sceviour         Président  
Association nationale des producteurs de  
béton  
President, Day & Campbell Ltd.  
1074 Upper Wellington  
Hamilton (Ont.)
- M. P.-E. Marchand     Préposé au développement industriel  
Direction des matériaux  
Ministère de l'Industrie  
Ottawa (Ont.)

APPENDICE 3

ITINÉRAIRE

LISTE DES SOCIÉTÉS EUROPÉENNES VISITÉES

Le 5 septembre

Personnes visitées

Byggnadsfirman Ohlsson  
& Skarne A.B.,  
Sveavagen 153-155,  
Stockholm 23, Suède.

M. Sven-Eric Norman  
M. Allan Naslund  
Mme B. Karlstrom

Le 6 septembre

Larsen & Nielsen Constructor  
A/S,  
Frederiksberg Bredegade 11,  
Copenhague F. Danemark.

M. Hans U. Bille Gram

Les 7 et 8 septembre

P.E. Malmstrom  
Ingénieurs-conseils,  
Jagtveg 223,  
Copenhague, Danemark.

M. Erik Anderson

Le Système Jespersen,  
a/s Modulbeton A/S,  
Postgiro 65747,  
Olstykke, Danemark.

M. J.C. Holm,  
Directeur-gérant

Le 9 septembre

A.B. Skanska Cementgjuteriet,  
Hjalmarekayen 3-5,  
Malmo, Suède.

M. Lennart Nilsson

Le 12 septembre

La Société Tracoba,  
254, rue de Bercy,  
Paris 8<sup>e</sup>, France.

M. Louis Netter,  
Vice-président et directeur  
général;  
M. Jacques Coiffard,  
Directeur général adjoint;  
M. Georges Paisnel,  
Directeur technique;  
M. Marcel Tessier,  
Gérant;  
M. Gérard Chamberlant,  
M. Jean Bureau,  
Relations extérieures.

Le 13 septembre

Personnes visitées

Construction Edmond Coignet,  
11 avenue Myron T. Herrick,  
Paris 8<sup>e</sup>, France.

M. A. Pruzan,  
Président et directeur  
délégué;  
M. C. Hutin,  
M. A. Gadenne.

Les 14 et 15 septembre

Société Raymond Camus & Cie,  
Ingénieurs-Constructeurs,  
40, rue du Colisée,  
Paris 8<sup>e</sup>, France.

M. Henri Camus,  
Directeur du matériel et des  
services de fabrication;  
Le Général de Villeplée,  
Directeur des affaires externes;  
M. André Voisin,  
Contrôleur;  
M. François Camus,  
Architecte.

Le 16 septembre

Les Entreprises Balency &  
Schuhl,  
14, rue Etex,  
Paris 18<sup>e</sup>, France.

M. A. Fontan,  
Directeur de l'usine;  
M. Paul Andoly,  
Directeur adjoint de l'usine.

Le 19 septembre

Impresa Generale Construzioni  
MBM s.p.a.,  
Trezzano sur Naviglio,  
Milan, Italie.

M. R. Meregaglia,  
Président;  
Mme R. Tam,  
M. Ubazir,  
M. Ferdinand,  
M. André Balency-BEARN,  
Président, Balency & Schuhl;  
M. R. Cambon,  
Directeur, Balency & Schuhl.

Le 20 septembre A.M.

Sicop-Coignet s.p.a.,  
Bubbiano, Italie.

M. Ferdinando Marsili,  
Directeur technique.

Le 20 septembre P.M.

Fintech Italcamus s.p.a.,  
Settala,  
Milan, Italie.

M. R. Randolphi,  
Directeur de l'usine.

Les 21 et 22 septembre

Personnes visitées

John Laing Construction  
Limited,  
14 Lower Regent Street,  
Londres, Angleterre.

OU

Bennet House,  
1 High Street,  
Edgware, Middlesex,  
Angleterre.

M. G.A. Britton,  
Directeur;  
M. J. Chappel,  
Directeur de la mise en marché;  
M. David A. Sawtell,  
Architecte;  
M. A. Luxon,  
M. Allan Nicol,  
M. John Peters,  
M. S. Faulds,  
M. Henry Snead,  
M. John Bathgate,  
M. Leo Scott.

