



Photo Bailly.

Au Danemark, une construction rurale.

LA CONSTRUCTION PRÉFABRIQUÉE EN BOIS DANS LES PAYS SCANDINAVES ET EN ALLEMAGNE

par M. BAILLY,

Ingénieur d'études au Centre Technique Forestier Tropical.

SUMMARY

PREFABRICATED TIMBER CONSTRUCTION IN SCANDINAVIA AND GERMANY

The construction of individual timber houses has developed particularly in Great Britain, Scandinavia, Germany and the U. S. A. In France, there are a number of prejudices against timber houses. The author describes the various techniques of fabrication : pre-cutting, modular prefabrication, and integral prefabrication of large elements. Assembly systems are then indicated, along with some facts about costs and financing.

RESUMEN

LA CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA MEDIANTE MADERA EN LOS PASES ESCANDINAVOS Y EN ALEMANIA.

La construcción individual de madera se ha desarrollado particularmente en Gran Bretaña, en los países escandinavos, en Alemania y, asimismo, en los U. S. A. En Francia, la casa de madera tropieza frecuentemente con diversos prejuicios. El autor procede a la descripción de las distintas técnicas de fabricación : el corte preliminar, la prefabricación modular y la prefabricación integral por elementos de grandes dimensiones. Los procedimientos de montaje son indicados, acto seguido, y el autor hace mención de algunos elementos de financiación y de precio de coste.

N. D. L. R. — Certains pays tropicaux francophones sont riches en forêts, mais fréquemment, comme en France, l'habitation en bois y est victime de certains préjugés. Souvent, malgré de nombreux exemples encourageants, on veut construire en « dur » avec des matériaux parfois importés, alors que le bois, richesse nationale, est négligé. Des pays qui ont atteint un très haut degré de développement comme l'Allemagne, la Grande-Bretagne, les pays scandinaves, les U. S. A., le Canada, utilisent au contraire très largement la construction en bois. Nous avons donc pensé que nos lecteurs liraient avec intérêt cette étude sur la construction préfabriquée en bois dans les pays scandinaves et en Allemagne.

L'orientation de la construction vers l'industrialisation des éléments constitutifs a conduit les bâtisseurs modernes à envisager les problèmes techniques de construction sous un jour nouveau et à rechercher l'emploi de complexes constitués de différents matériaux. Les techniques de préfabrication lourde ou légère sont largement utilisées dans la construction depuis de nombreuses années tant pour l'édification de collectifs verticaux ou horizontaux, par les procédés CAMUS COIGNET, O. T. H., BARETS COSTAMAGNA, etc... que par des techniques désormais classiques de préfabrication légère, de constructions individuelles, précoupage, préfabrication modulée ou intégrale.

Il n'entre pas dans notre propos d'étudier les techniques de préfabrication lourde de murs rideaux sur des façades panneaux, utilisées pour la réalisation d'opérations de construction collective à caractère urbain. Dans le cadre du présent document nous nous limiterons à l'étude des procédés de construction d'unités individuelles d'habitation en bois destinées aux zones rurales et suburbaines.

En matière de construction en bois, on peut considérer que les procédés actuellement utilisés dans le cadre des techniques de préfabrication ne constituent qu'une évolution logique des modes de construction traditionnels à « pans de bois » répandus dans la plupart des pays nord-européens et anglo-saxons du *xvi^e* au *xviii^e* siècle. Cette technique demeure, en tout état de cause, à l'origine des procédés par précoupage à ossature porteuse actuellement très utilisés tant dans les pays scandinaves : Danemark et Suède que dans les Etats nord-américains. Il ne semble pas vain de signaler que des constructions anciennes bâties selon ce procédé ont subsisté au cours des âges et demeurent encore à l'heure actuelle, en parfait état, ce qui en autorise l'utilisation dans des conditions tout à fait normales.

Ces types de construction ont été conçus, à l'origine, selon deux principes, à savoir : soit à ossature bois et à remplissage de torchis ou de pisé, comme c'était le cas en Normandie ou dans les pays anglo-saxons (Grande-Bretagne, Danemark), soit entièrement en bois, comme c'était l'usage dans les

régions montagneuses françaises, les pays scandinaves ou d'Europe centrale.

Ces deux techniques anciennes ont été adaptées aux exigences de la préfabrication et de l'industrialisation du bâtiment moderne et sont connues actuellement sous les dénominations de précoupage dans le premier cas et de préfabrication modulée dans le second.

Il est un point sur lequel il convient d'insister tout particulièrement en matière de construction en bois. Dans plusieurs pays européens et notamment en France, la construction en bois souffre depuis plus d'un demi-siècle d'une désaffection certaine, qui semble plus imputable à des préjugés socio-psychologiques ayant selon toute vraisemblance pour origine des séquelles des dernières guerres mondiales, plutôt que des considérations d'ordre technique ou économique. En effet, l'édification de cités d'urgence constituées par des baraquements en bois, destinées au relogement des réfugiés et sinistrés semble avoir sensibilisé l'opinion publique à l'égard de ce matériau et entraîné un désintéressement certain pour ce type de construction. Cette désaffection semble dans de nombreux cas justifiée si l'on considère le manque de confort et l'aspect discutable des constructions édifiées durant ces périodes troublées.

Il est à noter que paradoxalement dans les pays à niveau de vie élevé, qu'il s'agisse des pays scandinaves ou de l'Amérique du Nord, on constate au contraire une tendance à l'édification de constructions individuelles en bois ou à ossature bois, précisément en raison de leur aspect agréable et du grand confort qu'elles procurent. Il semble donc qu'entre ces points de vue opposés intervienne un autre facteur qui pourrait être essentiellement subjectif, le Français considérant encore, à tort sans doute au *xx^e* siècle, « la maison » comme le symbole et la concrétisation du patrimoine transmissible et non comme un bien de consommation.

La permanence du patrimoine immobilier dans cette optique entraîne en France une stagnation de la construction et entrave l'adaptation de l'habitat aux impératifs et aux besoins modernes. A l'inverse, le concept adopté par les Américains et

*Construction modulaire à revêtement en frises
à Eksjö — Suède.*

Photo Bailly.

les Scandinaves, faisant de « la maison » un bien de consommation, est lié à la notion d'amélioration du confort et des conditions d'habitat, en fonction des progrès de la civilisation. Il n'est pas douteux dans ces conditions, que la solution moderne l'habitat réside en une formule de construction légère, renouvelable tous les cinquante ans par exemple et dont la conception évolue en fonction des besoins tout en demeurant liée aux progrès des techniques et des matériaux de construction.

L'évolution des techniques de construction avec l'invention des matériaux prédimensionnés (briques, parpaings) a tout naturellement conduit, en matière de construction en bois, à l'idée des techniques de précoupage puis de préfabrication en éléments standards modulés.

Le précoupage utilisé tout d'abord aux États-Unis, a été adapté aux exigences européennes de construction notamment dans les pays scandinaves où il a été utilisé avec bonheur. Il importe d'insister sur le fait que cette méthode permet une économie de temps importante sur les chantiers de construction, ce qui entraîne une incidence notable sur le coût final de l'ouvrage pour lequel les « impondérables » de chantier présentent une certaine importance.

À l'origine, les techniques de précoupage avaient été conçues pour permettre la réalisation d'habitations par le particulier lui-même. À la suite de certains déboires dus notamment à la technicité insuffisante des « bâtisseurs amateurs », cette technique s'est de plus en plus orientée vers l'édification de constructions individuelles réalisées d'abord par des entreprises sous-traitantes, puis par des services de l'usine productrice elle-même.

C'est ainsi qu'au Danemark, en Suède et en Finlande, des usines productrices d'éléments précoupés se sont substituées aux entreprises générales de bâtiment, ceci afin d'être assurées que les travaux seront réalisés dans de bonnes conditions et ne constitueront pas une contre-publicité plutôt qu'une référence pour le fabricant.

Dans l'état actuel des choses, bien que cette technique « primaire » soit limitée à la réalisation d'ensembles d'habitations destinés à l'urbanisation de zones en extension, « le précoupage » n'en a pas moins permis un essor de l'industrialisation de la



construction. Ce procédé, en tout état de cause, constitue une solution intéressante pour la réalisation rapide et économique d'ensembles urbanisés, en bandes notamment.

L'évolution des techniques du précoupage devait amener les constructeurs à la conception d'éléments de plus grandes dimensions et par conséquent beaucoup plus élaborés sur le plan technique. Il importe de mentionner que cette évolution entreprise dans le souci essentiel de diminuer les opérations de montage sur chantier augmentait par ailleurs sensiblement les coûts de fabrication en usine. Il s'est cependant avéré à l'usage, que cette initiative d'industrialisation était parfaitement compatible avec un prix de revient final intéressant, du fait que la main-d'œuvre employée sur chantier ne nécessitait qu'une qualification très élémentaire, pour un temps de montage diminué, en raison de l'importance des dimensions des éléments.

Dans cette optique, la préfabrication s'est tournée vers la production et la mise en œuvre d'éléments standards modulés, ne nécessitant que des procédés d'assemblage simples permettant la réalisation de toute une gamme de modèles. En effet, la variété des modèles proposés s'est rapidement imposée pour des raisons commerciales, visant à satisfaire des goûts et des besoins très divers. Les fabricants scandinaves ont été amenés à se pencher sur l'aspect esthétique des constructions individuelles en partant d'un panneau modulé standard



En Finlande, maison d'habitation rurale datant du 13^e siècle.

Photo Bailly.

cédé de préfabrication, bien que séduisant à priori, semble cependant devoir présenter des inconvénients certains. En effet la mise en œuvre de panneaux de grandes dimensions préfinis nécessite la disposition de moyens de manutention et de levage importants, comparables à ceux utilisés sur les chantiers de préfabrication lourde. Il apparaît donc que cette technique pour conserver les avantages de la préfabrication légère proprement dite ne peut être utilisée que pour des opérations répétitives dans le cadre de l'aménagement de lotissements urbanisés. L'importance des moyens de montage exclue « de facto » toute réalisation isolée, éloignée du lieu de production.

De ce rapide aperçu historique concernant l'industrialisation de la construction individuelle en bois, il ressort

que dans les conditions présentes trois techniques de préfabrication se partagent le marché :

- le précoupage ;
- La préfabrication modulée ;
- La préfabrication intégrale.

Quel que soit le procédé retenu il n'en demeure pas moins que l'avenir de la préfabrication légère se trouve conditionné par deux impératifs : l'un technique, l'autre esthétique. Compte tenu de ce double préalable, la préfabrication de maisons individuelles en bois reste une méthode rapide et économique de construction et demeure à l'heure actuelle le propre des pays producteurs de bois, industriellement évolués et à niveau de vie élevé.

et en prévoyant des variantes basées sur la nature des revêtements extérieurs, l'importance de la pente, l'aspect de la toiture, la disposition et la répartition des volumes habitables, voire même la juxtaposition de plusieurs cellules.

A ce stade la construction préfabriquée modulée a permis de satisfaire une clientèle très ouverte tout en conservant néanmoins son aspect industriel.

L'évolution de l'industrialisation ne s'est pas limitée à la production de panneaux modulés standards et s'est orientée, notamment aux Etats-Unis et en Allemagne vers la fabrication d'éléments de grandes dimensions permettant en une seule opération l'édification d'une façade ou d'un pignon. Ce pro-

1. — L'INDUSTRIALISATION DANS LA CONSTRUCTION INDIVIDUELLE

Le but de la préfabrication est de fournir, dans des conditions économiques, des constructions confortables pour lesquelles les délais de montage demeurent limités. Il est évident que les techniques d'industrialisation, quelles qu'elles soient, doivent pour être rentables demeurer répétitives et éviter au maximum les interventions complexes et coûteuses sur les chantiers de construction.

L'essor et la réussite de la construction industrialisée en bois sont liés à deux facteurs essentiels :

l'un subjectif, le second technique. Il importe en matière de préfabrication de tenir compte de ces deux aspects essentiels qui conditionnent l'échec ou la réussite de toute opération d'industrialisation dans la construction individuelle en bois.

ASPECT SOCIO-PSYCHOLOGIQUE.

La notion d'esthétique est primordiale dès lors que l'on aborde les problèmes d'habitat, quel que soit le procédé de construction envisagé. En matière

A Huddinge (Suède), construction de lotissement en bande selon la technique de pré-coupage. Opération de remplissage et de couverture.

Photo Bally.

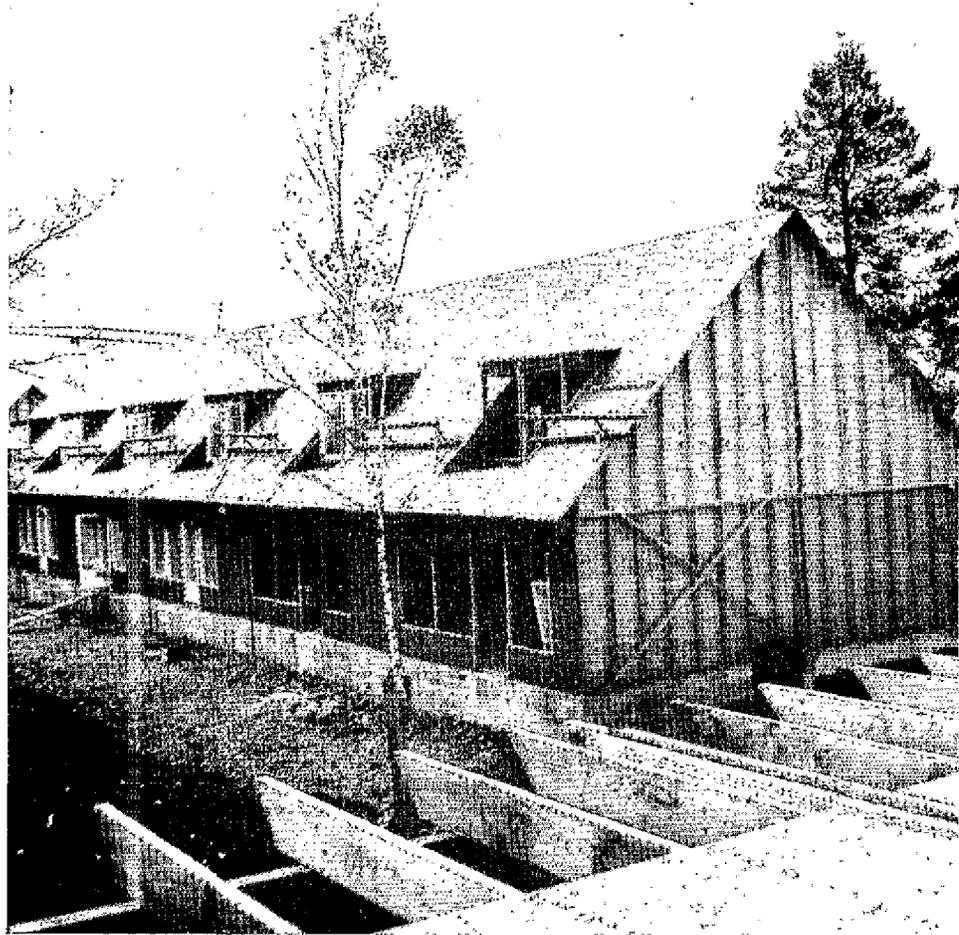
de construction en bois, cette idée essentielle a été négligée durant de nombreuses années dans certains pays européens tels que l'Allemagne et la France en particulier. Il en a résulté, par voie de conséquence, une méconnaissance quasi totale des possibilités du bois dans la construction et de ce fait une désaffection du matériau dans le bâtiment. Pendant près d'un demi-siècle la construction en bois n'a été utilisée que pour des bâtiments provisoires et à caractère essentiellement utilitaire d'où un manque de soin dans la conception et la finition de ces ouvrages appelés à être en principe détruits à brève échéance. C'est ainsi que les réalisations d'écoles, de camps militaires, de cités d'urgence pour réfugiés ou sinistrés ont entravé dans une large mesure l'emploi du bois. Ces constructions dont l'utilisation dans des conditions discutables s'est poursuivie pendant les années d'après guerre a amené un préjugé défavorable, puis un refus formel de la population pour la construction en bois. Ce type de construction se trouvait alors limité aux « baraques ou abris de chantier » à l'exclusion de toute habitation présentant un certain caractère de permanence.

Au cours de ces dernières années, l'exemple des États-Unis et des pays scandinaves en matière de construction individuelle en bois (la maison individuelle demeurant dans ces pays le mode traditionnel de construction), semble avoir influencé favorablement les pays européens attachés à l'édification d'habitations individuelles « en dur ».

Il semblerait que l'Allemagne et la France évolueraient vers la réalisation d'habitations de conception plus légère où le bois serait appelé à occuper une place de choix.

Le pavillon individuel en bois doit, surtout en France, présenter un aspect attrayant sur le plan architectural et un confort comparable voire même supérieur à celui de la construction en dur, ceci en vue de prouver que la maison en bois offre des possibilités équivalentes à tout autre type de construction. De plus, comme il a été indiqué précédemment, les fabricants doivent s'attacher à étudier un éventail suffisant de modèles afin d'être en mesure de satisfaire des goûts et des besoins différents.

Les industriels Finlandais ont, à cet égard,



adopté une formule intéressante quant à la conception et la réalisation d'unités d'habitation individuelles en formant un groupement des entreprises productrices d'éléments standards. C'est notamment le cas de la société « PUUTALO » qui a groupé 11 usines productrices de menuiseries industrielles et les a orientées vers une extension de leurs fabrications en y adjoignant la production d'éléments préfabriqués. Une particularité de l'organisation interne de ce groupe sur lequel il convient d'insister est la centralisation du bureau d'études et celle du service commercial. Ces deux services interviennent, l'un en amont des productions au stade conception, ce qui permet d'assurer une standardisation des types et de libérer les unités productrices de toutes recherches techniques et architecturales, le second en aval, en matière de recherche de débouchés, évite aux usines toutes opérations commerciales. Outre son rôle de créateur de modèle, le bureau d'étude de ce groupement élabore tous les plans de fabrication des éléments (panneaux, charpentes, etc...) ainsi que des notices de montage correspondant aux cinq cents modèles différents de pavillons susceptibles d'être commercialisés par cette firme.

Il semble que l'heureuse conception de la firme « PUUTALO » puisse être citée en exemple car elle apporte des solutions intéressantes aux divers problèmes qui peuvent se poser en matière d'industrialisation de constructions individuelles.

ASPECT TECHNIQUE.

Le rôle essentiel de la préfabrication est de permettre l'édification d'habitations dans un délai minimum et ceci dans des conditions économiques. Ce but ne peut être atteint dans le cas de panneaux modulés, que dans la mesure où ceux-ci présentent une conception suffisamment simple, permettant une fabrication en série et un montage rapide sur le chantier. Cette notion de standardisation implique conjointement à l'étude architecturale une liaison permanente entre architectes et ingénieurs, lesquels doivent constituer une équipe homogène, fonctionnelle et non hiérarchisée comme cela se rencontre encore trop souvent en France.

L'aspect technique en matière de construction industrialisée fait appel à des notions de technologie, d'usinage, d'assemblage des matériaux et implique une étude rigoureuse de la modulation d'une part et de la conception de l'élément de base d'autre part. Il est, par conséquent, souhaitable, de n'adopter qu'un seul module et éventuellement des multiples et sous-multiples de celui-ci afin de permettre l'élaboration de variantes sur le plan architectural, en partant de panneaux de même structure et de mêmes dimensions. Il est bien évident qu'il ne

pourra être retenu dans un procédé de préfabrication modulé un seul modèle de panneau. Il y aura lieu de prévoir des panneaux spéciaux pour les ouvertures (portes ou fenêtres) néanmoins la structure même de ceux-ci devra naturellement être identique à celle du panneau de base.

La standardisation des panneaux appelle une normalisation de leurs éléments constitutifs et, partant, l'emploi de débits normalisés utilisables dans tous les cas. L'ensemble de l'aspect « organisation de l'entreprise, sur le plan technique, au même titre que la conception architecturale de l'ouvrage, est du ressort du bureau d'études, dont il a été précédemment fait mention.

Indépendamment de sa tâche technique de conception et de fabrication, le bureau d'étude doit étudier aussi les méthodes de montage sur le terrain et rédiger les notices détaillées à l'usage des sous-traitants ou le cas échéant, des particuliers désirant édifier eux-mêmes leur pavillon.

La structure de l'entreprise que nous venons de décrire rapidement nous a paru originale et digne d'intérêt, car elle permet de lier d'une façon rationnelle les aspects esthétiques, techniques et commerciaux propres à la construction individuelle.

II. — TECHNIQUE DE FABRICATION

Quel que soit le procédé d'industrialisation adopté, la préfabrication nécessite en premier lieu une définition modulaire des éléments de base (hauteur sous plafond, portée des fermes, type et dimensions des ouvertures, etc...). Le choix de la trame dans le cas du précoupage, ou du module dans celui de la préfabrication, est lié à la normalisation des matériaux existants et mis en œuvre pour la réalisation de l'ouvrage.

LE PRÉCOUPAGE :

La technique de précoupage dans les conditions présentes vise essentiellement la réalisation répétitive de cellules d'habitations à un ou deux niveaux, implantées généralement en bandes et destinées à la création d'ensembles urbanisés. Le précoupage pour l'édification de maisons individuelles est techniquement possible, mais a été abandonné tant aux États-Unis qu'en Suède pour des raisons économiques.

1. Principe.

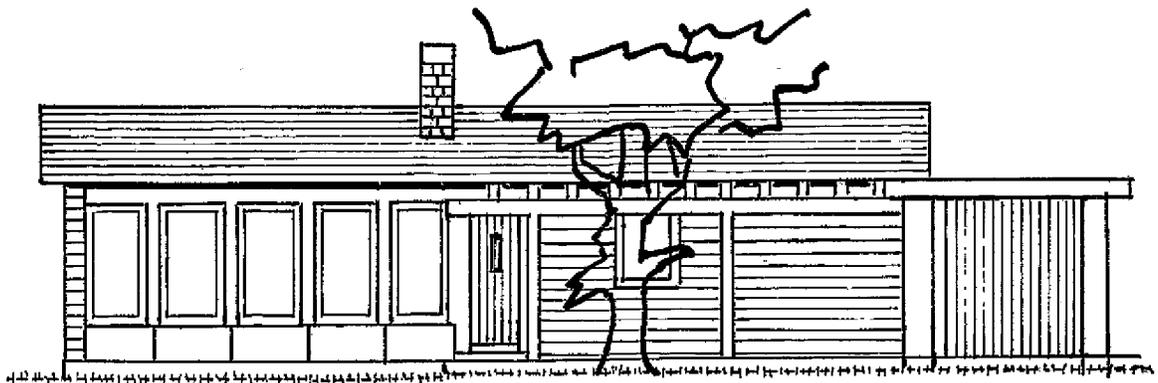
Le principe de précoupage demeure d'une grande simplicité. Il consiste essentiellement en la préparation en usine de l'ensemble des éléments de la construction en tenant compte des impératifs architecturaux, de la réglementation en vigueur en matière de bâtiment et de la normalisation des matériaux employés.

Le précoupage, à l'encontre des procédés plus élaborés de préfabrication, tend à mettre à la disposition des constructeurs des éléments pré-dimensionnés ne nécessitant pratiquement aucune intervention mécanique sur chantier. Ainsi, en fonction de la nature de l'opération, le maître d'œuvre dispose-t-il de solives, d'éléments de charpente, de frises, etc... débités aux dimensions d'utilisation finale.

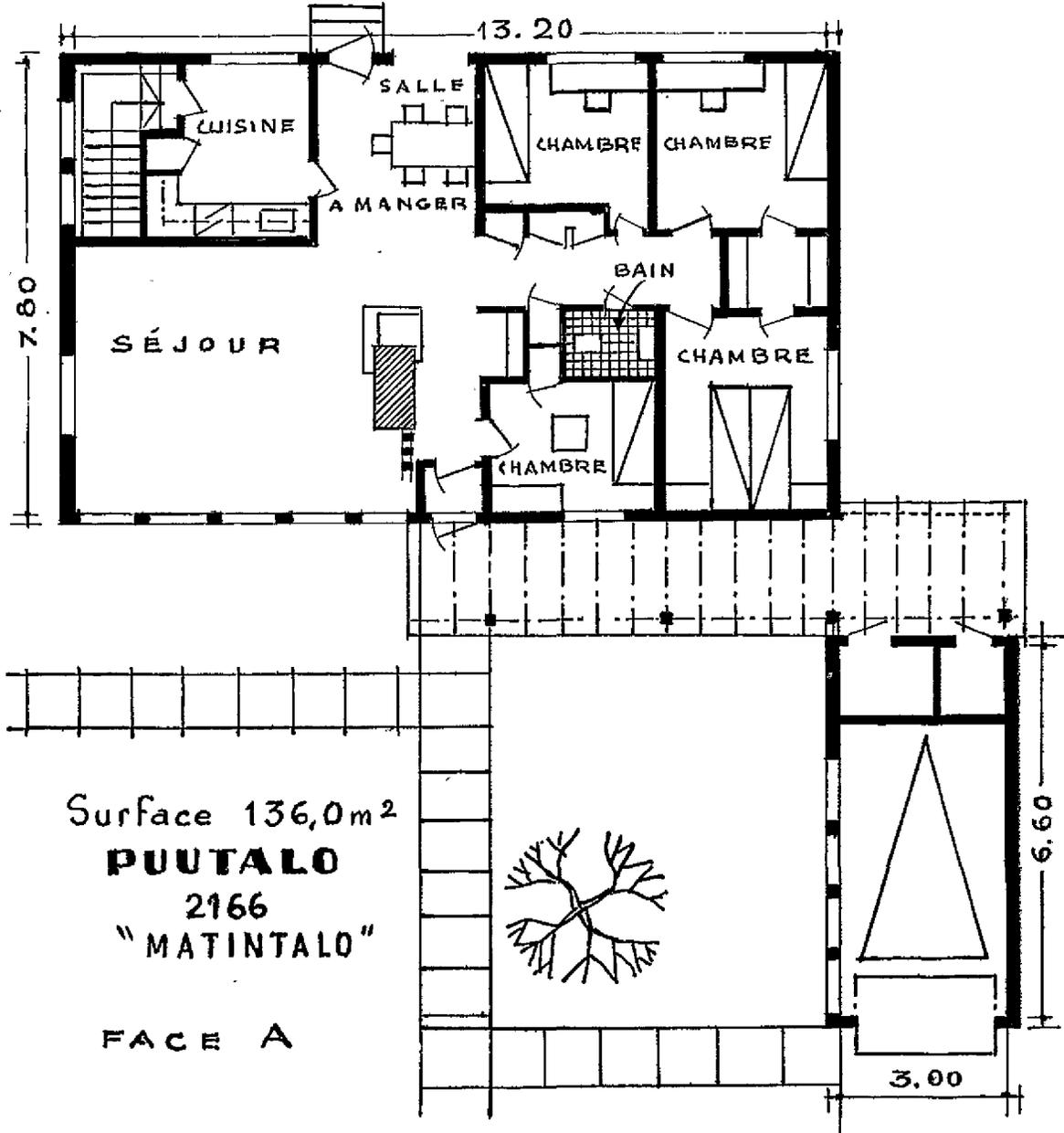
Dans de telles conditions, la technicité de l'usine productrice se trouve réduite, car elle se limite aux opérations de débit nécessitant un minimum de spécialistes d'où un prix de « revient usine » faible.

Il est à noter toutefois, qu'en raison de la nature de l'opération, les séries se trouvent limitées précisément aux besoins d'un seul type de construction, en admettant que l'architecture des constructions suivantes soit amenée à changer. Le précoupage, sur le plan industriel n'est valable aux dires des entrepreneurs suédois, que pour la réalisation d'ensembles de 30 à 40 cellules d'habitation au minimum implantées de préférence en bandes.

Si le coût « fabrication-usine » demeure limité, pour une opération donnée, la technique du précoupage impose une organisation minutieuse du chantier et l'emploi d'un matériel de manutention assez important. Ces deux facteurs limitent dans une certaine mesure le profit réalisé par la simpli-



PROFIL SUR FACE A



Surface 136,0m²
PUUTALO
 2166
 "MATINTALO"
 FACE A

Construction individuelle finlandaise en éléments modulés.

cité d'usinage. Il apparaît, toutes choses égales par ailleurs, que les prix de revient selon le procédé de précoupage demeurent très voisins de ceux obtenus pour la construction de pavillons individuels implantés en lotissements.

La technique du précoupage présente une grande similitude avec les procédés de construction à pans de bois des ^{xvi} et ^{xviii} siècles, à l'exclusion toutefois de la technique de « panneautage » des éléments d'ossature au moyen de matériaux hétérogènes réalisant une structure du type « sandwich ». Il n'en demeure pas moins que l'intérêt de ce procédé est réel pour des pays peu industrialisés et qu'il permet la réalisation rapide d'ensembles urbanisés en bandes. C'est ainsi que l'on peut considérer cette technique comme un procédé intermédiaire entre la construction traditionnelle en bois et la préfabrication modulaire.

2. Constitution des éléments de construction.

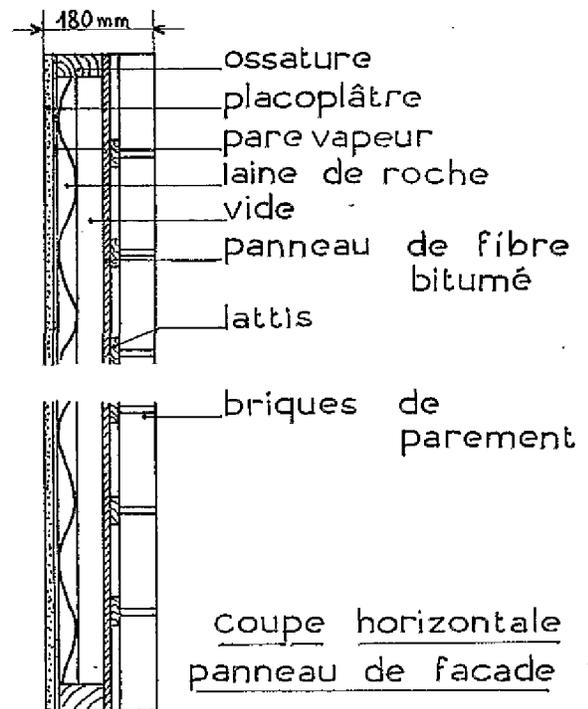
Dans l'optique de la technique de précoupage, les pièces de structure, sont livrées en colis, prêtes à l'emploi en dimensions et en qualité.

Les panneaux extérieurs de composition classique du type « sandwich », diffèrent peu des unités préfabriquées individuelles réalisées en panneaux modulés. Ainsi les éléments de façade comportent une ossature en éléments de résineux de 1 × 3 pouces (2,5 cm × 7,5 cm), entre lesquels viennent se loger un matériau isolant (laine de roche) en matelas de 30 mm d'épaisseur, un papier asphalté constituant la barrière de vapeur, et sur la paroi intérieure un panneau de placoplâtre cloué. La paroi extérieure est constituée par un panneau de fibre bitumée sur laquelle sont clouées des lattes permettant la fixation, soit de briques de parement, soit de frises dans le cas des parties hautes de pignons (schémas 1, 2, 3).

Les murs de séparation de deux cellules d'habitation présentent une constitution particulière. En raison des risques d'incendie la législation suédoise impose une paroi coupe-feu entre deux logements mitoyens. Les murs de refend ne sont, en fait, que la juxtaposition de deux éléments de façade entre lesquels il a été interposé un panneau de fibrociment ou d'amiante-ciment.

Les sols des habitations sont de type traditionnel et constitués par des frises à parquet posées sur des éléments de structure de 8 × 23 cm distants entre axes de 60 cm et entre-toisés au moyen de pièces de même section. Il est à noter que dans tous les cas, le plancher précédemment décrit est recouvert d'un revêtement plastique. La partie plafond est constituée d'un matelas de laine de verre revêtu d'un panneau de placo-plâtre.

En ce qui concerne les charpentes, celles-ci sont assemblées à terre et mises en place sur les murs por-



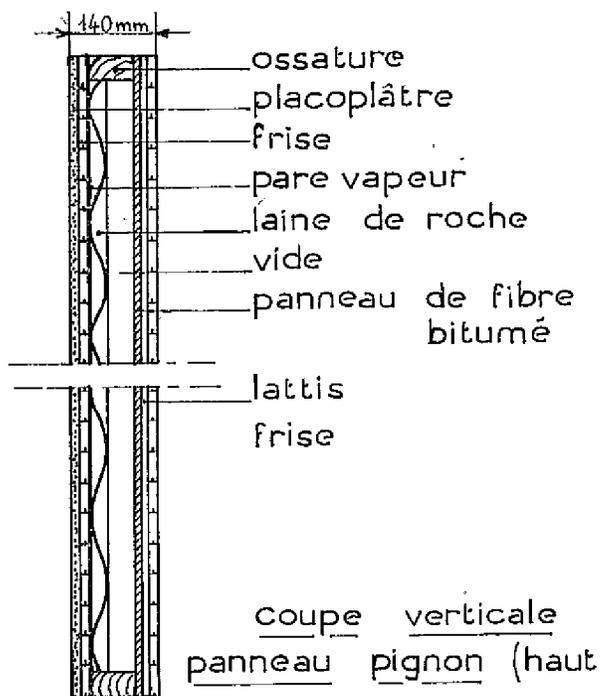
SCHEMA n° 1

teurs. Une particularité propre à ce système de construction est l'absence de contreventement longitudinal au moyen de pannes. La liaison entre les fermes est assurée par un voligeage jointif de frises, clouées directement sur celles-ci. La couverture est réalisée par des « asphalt-shingles ». A cet égard il est intéressant d'indiquer que ce mode de couverture y compris la sous-toiture en frise ne pèse pas 20 kg par mètre carré de toiture.

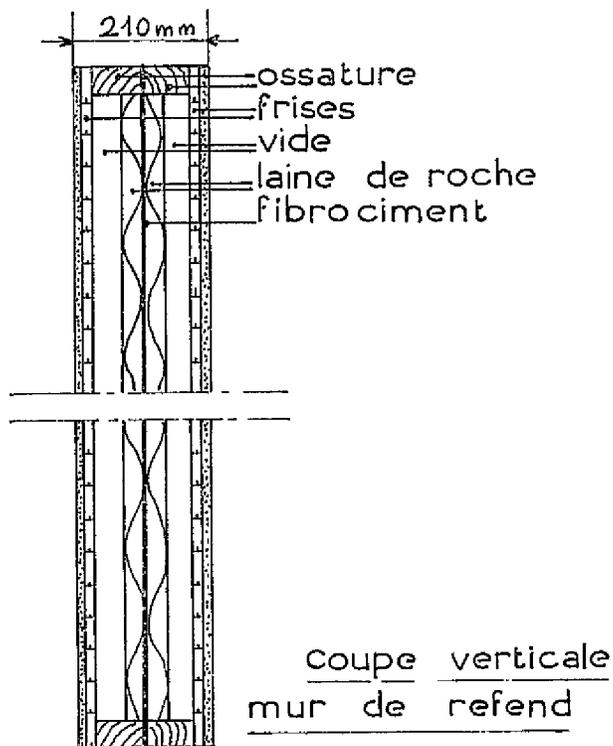
LA PRÉFABRICATION MODULÉE.

Les procédés de préfabrication modulée présentent une plus grande complexité que la méthode faisant appel aux techniques de précoupage. Selon les firmes productrices, l'importance des modules peut varier sur le plan dimensionnel, ceci pour diverses raisons qui peuvent être soit architecturales soit inhérentes au système de préfabrication. Quelle que soit la nature du procédé, suédois ou finlandais, le mode de fabrication en usine demeure très voisin et la constitution des panneaux présente une grande analogie.

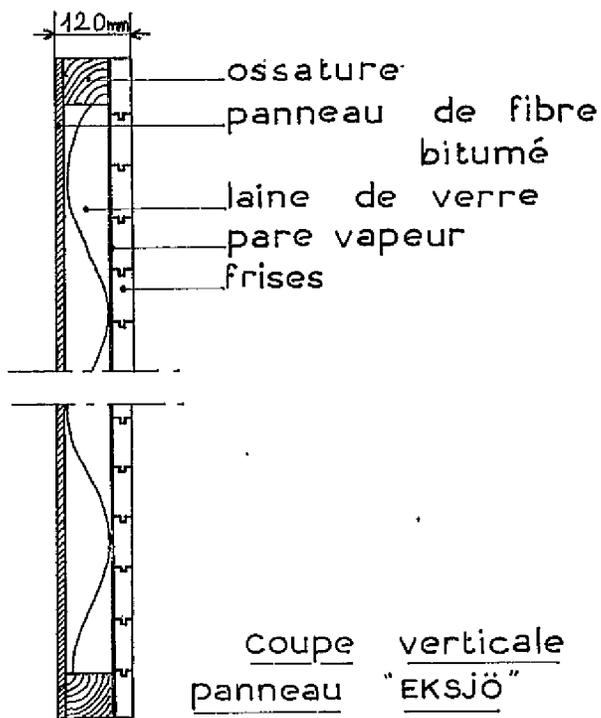
A l'occasion de la mission à laquelle nous avons été amené à participer, trois firmes suédoises : EKSJÖRUS, MYRESJÖRUS, BORO HUS et l'usine finlandaise PUUTALO ont pu être visitées (schémas 4, 5, 6, 7, 8).



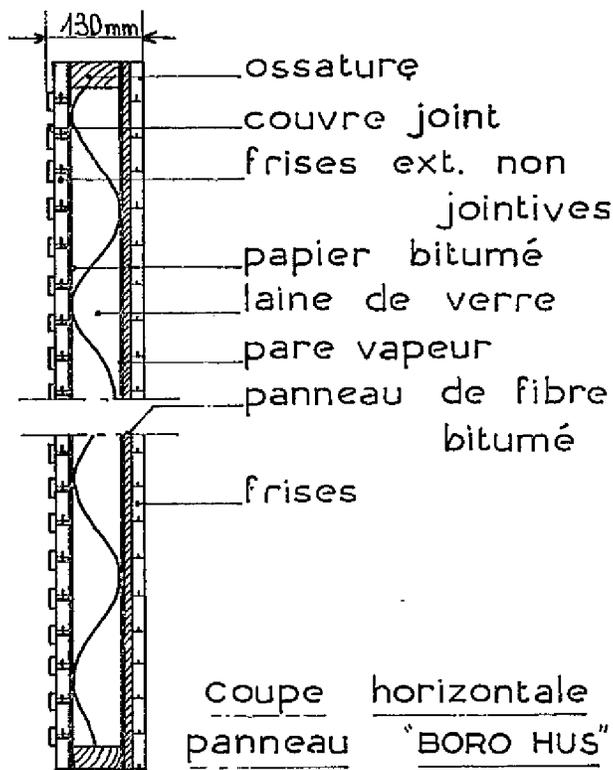
SCHEMA n°2



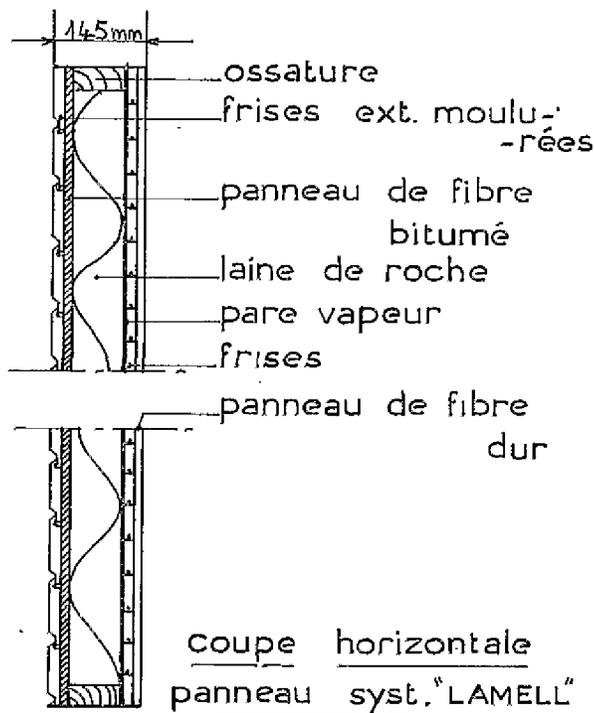
SCHEMA n°3



SCHEMA n°4

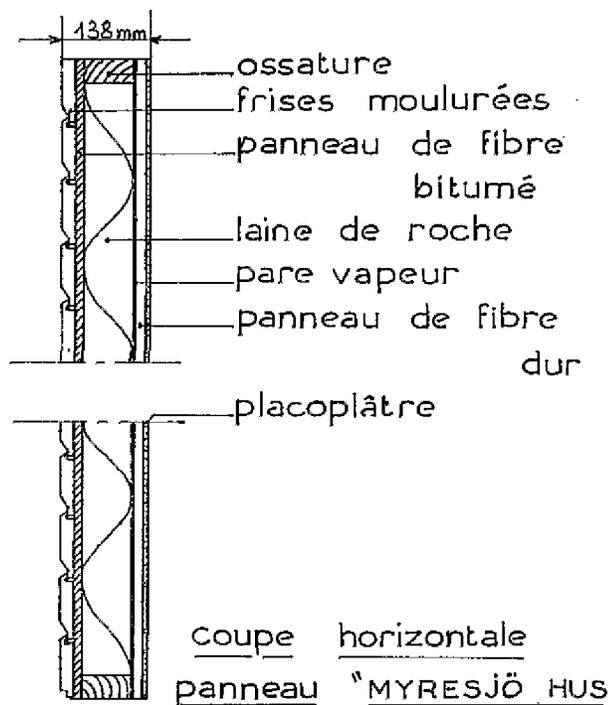


SCHEMA n°5



Coupe horizontale
panneau syst. "LAMELL"

SCHEMA n°6



Coupe horizontale
panneau "MYRESJÖ HUS"

SCHEMA n°7

1. Principe.

La préfabrication modulaire consiste à fabriquer et à assembler en usine des éléments standards ne nécessitant qu'un minimum d'interventions sur le chantier de construction. Les opérations comportent bien entendu les phases de débit, d'usinage et d'assemblage.

Il importe de préciser que la phase usinage demeure très limitée en raison du mode d'assemblage choisi (clouage) évitant dans une large mesure la réalisation d'assemblages plus compliqués à l'exclusion toutefois des frises et des montants de panneaux (assemblage par rainure et languette). En ce qui concerne les opérations de montage, elles sont assurées manuellement « au gabarit » tant pour les panneaux de divers types (extérieur, intérieur), plancher, que pour les fermes (pignon ou intermédiaire).

Dans tous les cas et selon le modèle de construction choisi, le matériau de finition n'est mis en place que sur le chantier, qu'il s'agisse de briques de parement ou de frises. Les frises sont au préalable coupées à dimension en usine et livrées sur chantier colisées.

2. Constitution des éléments.

La constitution des panneaux, quelles que soient les usines productrices, présente une grande analogie quant à leur conception. Aussi nous limiterons-nous à n'étudier qu'un seul type de fabrication

basé sur ce principe. Les systèmes de préfabrication modulaire ne diffèrent, dans les deux pays visités (Suède-Finlande) que sur le plan dimensionnel et sur le nombre de modules adoptés. En raison de son degré d'élaboration et de sa simplicité c'est à dessein que nous avons choisi le procédé Finlandais « PUULALO », qui a été évoqué dans le chapitre précédent.

L'originalité essentielle du procédé Finlandais réside en l'adoption d'un module unique à 1,20 m pour une hauteur de 2,54 m. A ce panneau de base, et pour multiplier les possibilités, ont été adjoints selon le même principe des panneaux au demi et au quart de module soit (0,60 m et 0,30 m) ainsi que des éléments en deux parties (haute et basse) dimensionnés à 3/2 et 2 modules (1,80 m et 2,40 m) autorisant l'emploi d'ouvertures de grandes dimensions.

Les panneaux présentent une certaine similitude de composition avec les éléments de façade réalisés par précoupage. Toutefois contrairement à ce procédé, les panneaux sont porteurs : la liaison verticale entre ceux-ci est assurée par une fausse languette fixée après mise en place de deux panneaux dans deux rainures ménagées dans leur montant et réalisées à cet effet (schéma 9).

La fabrication en usines des panneaux extérieurs, des éléments de cloisons, des planchers ainsi que des fermes est réalisée « au gabarit » sur des tables d'assemblage adéquates.

Les panneaux sont de type « sandwich » non res-

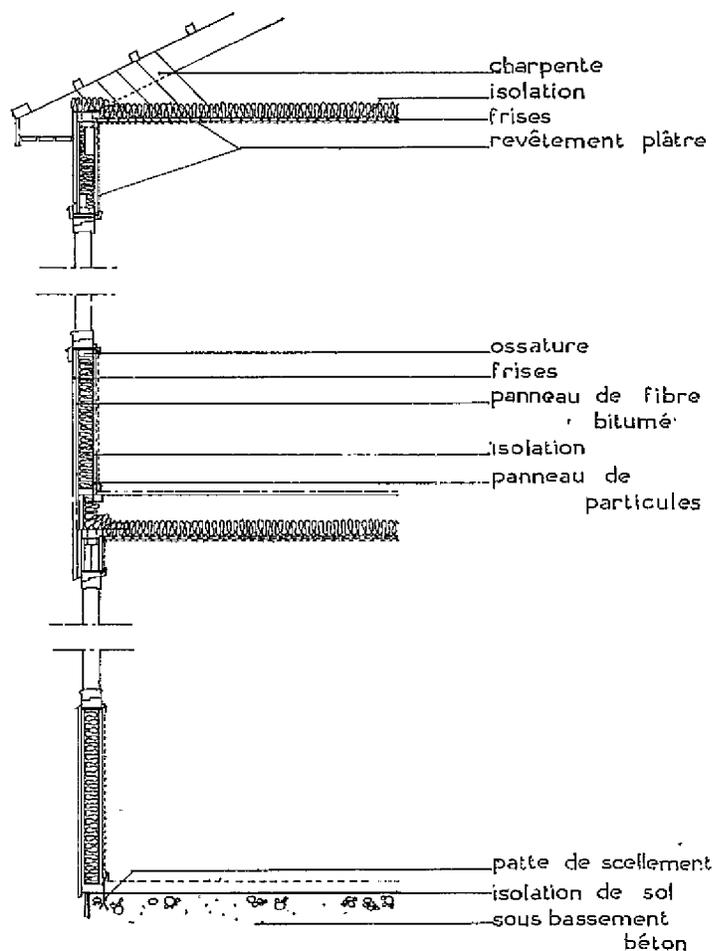
pirants. Ils comportent une ossature clouée de 48 mm sur 98 mm de section (2 montants et 4 traverses), les éléments de structure sont cloués. Dans les espaces laissés entre les traverses, sont placés des matelas de laine de roche de 620 mm × 550 mm et d'une épaisseur de 100 mm. Ce matériau constitue l'élément d'isolation thermique et phonique. La paroi extérieure est composée de frises rainées placées sur un papier bitumé. Ces frises sont clouées sur les traverses et les montants. La face intérieure est constituée par un panneau de particules à structure homogène, fixé également par clouage sur l'ossature.

Les panneaux « ouvertures » présentent une composition identique à celle des éléments de remplissage, à cette différence toutefois que l'ossature est étudiée pour permettre la fixation des dormants des croisées. On distingue quatre modèles de croisées au module 1,10 m × 1,32 m, 1,10 m × 1,47 m ; 1,10 m × 1,77 m et 2 petites croisées non ouvrantes de 0,59 m × 0,50 m sur le même panneau. Par ailleurs, les ouvertures de dimensions supérieures au module sont réalisées par deux panneaux pleins tracés en allège et au-dessus de l'ouverture. Ces ouvertures spéciales présentent également quatre dimensions 0,50 m × 1,80 m, 0,80 m × 1,80 m ; 0,80 m × 2,40 m ; 0,95 m × 1,80 m. Le choix de ces types d'ouvertures ne nécessite que deux types de panneaux hors modules.

Il existe en outre deux types de « panneaux-portes » de 0,90 m de hauteur, pour une hauteur de 2,10 m.

Les panneaux-planchers et plafonds sont de type auto-portant et présentent une structure très simplifiée. Ils sont constitués d'une ossature de 35 mm × 60 mm de section, composée de deux montants de 2 m et de 5 traverses de 1 m. Les deux parois des panneaux sont des frises rainées, clouées sur l'ossature.

Les fermes sont réalisées en planches de résineux clouées et assemblées sur table-gabarit. Elles sont fabriquées en demi-éléments qui font l'objet d'un assemblage sur le chantier, au moyen de goussets de contreplaqué. Il existe trois types de fermes, correspondant à trois portées : 6,50 m, 8,30 m, 9,50 m, ces dimensions correspondent à des largeurs de cellules de 6 m, 7,80 m et 9 m. La ferme la plus courante est celle de 8,30 m. Outre ces trois types de fermes variant de par leurs modules, il existe deux modèles différents de par leur destination et par conséquent de par leur structure. Il s'agit d'une part des fermes « pignons » simple



SCHEMA n°8

Coupe verticale
façade collectif en bande MYRESJÖHUS

élément de remplissage et des fermes intermédiaires triangulées destinées à supporter le matériau de couverture.

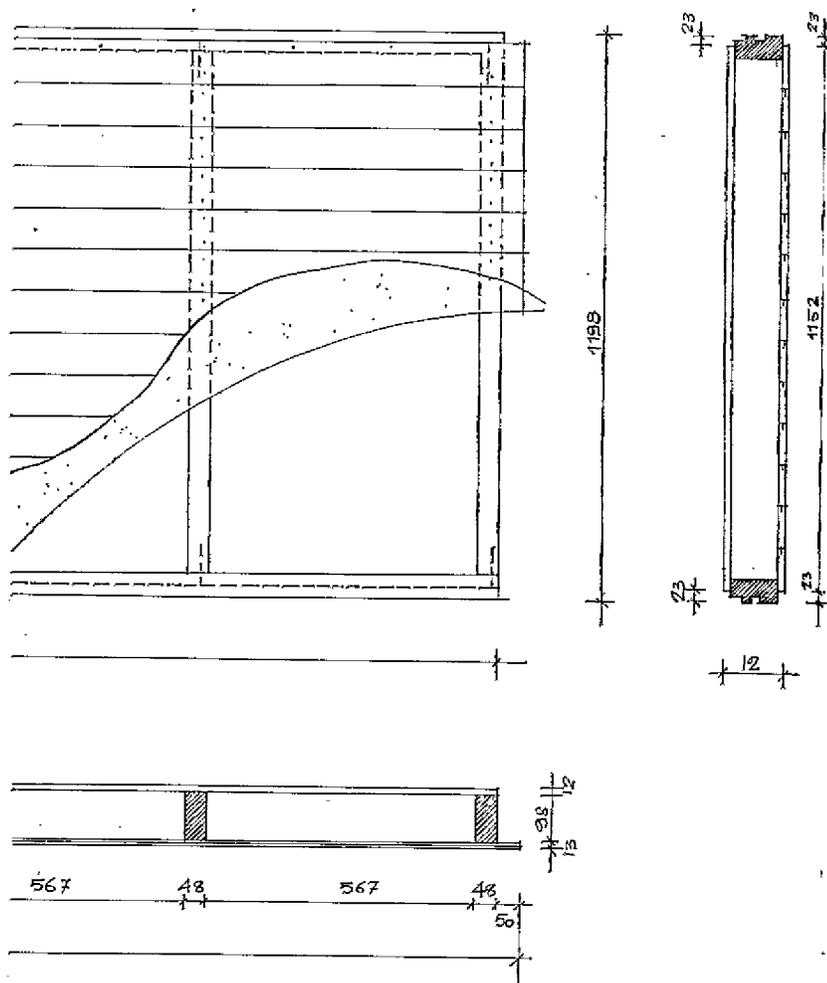
Lors de la mise en œuvre, le contreventement est assuré par le clouage des frises jointives placées longitudinalement. La couverture est réalisée selon les cas par des panneaux d'amiante-ciment vissés ou par des revêtements légers en papier asphalté.

À titre d'information, il sera fait mention, dans le tableau figurant ci-après du nombre d'éléments

Dimensions et surface de construction	Surface de clins en m ²	Nombre de panneaux cloisons
7,80 m × 8,40 m = 65,52 m ²	55	env. 14
7,80 m × 9,60 m = 74,88 m ²	81	— 14
7,80 m × 10,8 m = 84,24 m ²	93	— 15
7,80 m × 12 m = 93,6 m ²	99	— 16
7,80 m × 13,2 m = 101,4 m ²	105	— 17

Dimensions et Surfaces habitables	Panneaux extérieurs				Panneaux plafonds	Panneaux planchers	Fermes 8,30 m
	Pleins 1,20 × 2,54m	Fenêtres 1,20 × 2,54 m	Portes 1,20 × 2,54 m	Totaux			
7,80 m × 8,40 m = 65,52 m ² ..	20	5	2	27	28	28	20 + 2
7,80 m × 9,60 m = 74,88 m ² ..	21	6	2	29	36	36	23 + 2
7,80 m × 10,8 m = 84,24 m ² ..	23	7	2	31	40	40	26 + 2
7,80 m × 12 m = 93,6 m ² ..	22	9	2	33	46	46	29 + 2
7,80 m × 13,2 m = 101,4 m ² ..	24	9	2	35	50	50	32 + 2

La surface en clins des revêtements extérieurs et le nombre de panneaux cloisons sont pour ces cinq types de construction indiqués dans le tableau de la page précédente.



PANNEAU PLEIN AU MODULE 250×120

nécessaires à l'édification de cinq modèles courants de maisons individuelles réalisées selon cette technique.

En matière de finition, les façades des cellules d'habitation peuvent, selon les cas, être recouvertes de clins peints ou créosotés ou de briques de parement, comme c'est souvent le cas pour les constructions édifiées en Suède.

LA PRÉFABRICATION INTÉGRALE EN ÉLÉMENTS DE GRANDES DIMENSIONS.

L'usine OKAL, à Lauenstein, dont l'activité originelle était la production de panneaux de particules extrudés, selon le procédé d'agglomération Kreibbaum, s'est orientée en 1954 vers la fabrication de pavillons préfabriqués au moyen de ces panneaux. Cette société groupe à l'heure actuelle 7 unités de production à Hambourg, Fribourg, Munich, Berlin-ouest, Wakistadt, Lauenstein. A titre indicatif, il importe de signaler que la production journalière de cette société est de 8 maisons.

1. Principe de Fabrication.

L'une des particularités essentielles de ce groupe est son



Photo Bailly.

Karakallio (Finlande). Construction modulaire.

intégration, c'est-à-dire l'utilisation de sa production de base pour la réalisation de maisons préfabriquées.

L'originalité du procédé de préfabrication Okal réside dans le fait que les constructions sont édifiées au moyen de panneaux de grandes dimensions permettant la réalisation d'une habitation au moyen de 4 éléments (2 façades, 2 pignons). En cela cette technique s'apparente au procédé des murs-rideaux utilisé pour la construction de collectifs. A l'encontre des panneaux modulés suédois ou finlandais nécessitant des moyens de production modestes, la fabrication d'éléments de construction de grandes dimensions impose une industrialisation beaucoup plus poussée de la production et la disposition de moyens de transport importants.

En raison de la nature du matériau utilisé (panneau de particules extrudé) ces constructions nécessitent la mise en place d'un revêtement de bardeaux d'amiante-ciment, de frises de résineux ou de briques de parement.

Les constructions réalisées par la société OKAL sont édifiées généralement sur sous-sol de papiers et comportent habituellement deux niveaux.

2. Constitution des éléments.

Les panneaux de construction ont la particularité de se présenter en grandes dimensions, en un seul

élément : 9,08 m ; 10,33 m ; 11,34 m ; 12,59 m, etc... pour une hauteur unique de 2,45 m.

Ces éléments sont composés en usine sur des tables gabarit puis placés verticalement sur un transporteur suspendu afin de permettre la pose du revêtement extérieur et la mise en place des menuiseries préfinies (peintes et vitrées). Les panneaux sont constitués d'une ossature de 5,5 cm \times 9 cm de section et entretoisés tous les 36 cm par des raidisseurs. Le cadre ainsi formé reçoit dans chaque alvéole un matelas de laine de verre de 40 mm d'épaisseur collé par points sur une feuille de papier asphalté, fixée sous un panneau de particules tubulaire de 35 mm d'épaisseur plaqué deux faces. La paroi extérieure de l'élément est constituée par un panneau de particules plein et plaqué, sur lequel est fixé un panneau de fibres bitumé, destiné à servir de support au matériau de revêtement extérieur choisi. L'assemblage des panneaux de particules (1,25 \times 2,45) utilisés pour la fabrication d'un élément est assuré au moyen d'une fausse languette de Limba.

Il importe de préciser également que la rigidité des panneaux est complétée par trois tendeurs métalliques de 12 mm de diamètre traversant les panneaux de part en part. A titre d'exemple nous indiquerons que le poids d'un panneau de construction de 10,33 m de long atteint 1,100 t.



Constitution d'un panneau de 10,33 m sur une table-gabarit. Usine Okal à Lauenstein (Allemagne).

Photo Bailly.

Les « panneaux planchers » sont de type auto-portant, modulés à $10,23 \times 1,25$ m pour une épaisseur de 0,21 m et ils pèsent 100 kg au m^2 . Ces éléments sont constitués par une ossature de solives de 160 mm et un matériau isolant analogue à celui utilisé pour les façades. La face plafond est constituée : d'un panneau de particules plein de 18 mm plaqué, d'un vide d'air, d'un papier aluminium et enfin d'un panneau de particules à structure tubulaire. La face visible est recouverte selon les cas d'un placage mince de chêne ou d'un revêtement plastique.

Les toitures des constructions OKAL sont à 2 ou 4 pentes de 28° , 38° ou 48° et couvertes par des tuiles de ciment posées sur un voligeage jointif, assurant à la fois le support du matériau de couverture et le contreventement longitudinal.

Les charpentes sont constituées par deux arbalétriers réalisés en 2 éléments contre collés de $90 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$, assemblés en faitage et en partie basse. La distance entre deux fermes est de 1,25 m, écartement qui correspond au module des panneaux toitures de frises ($1,25 \text{ m} \times 10,23 \text{ m}$).

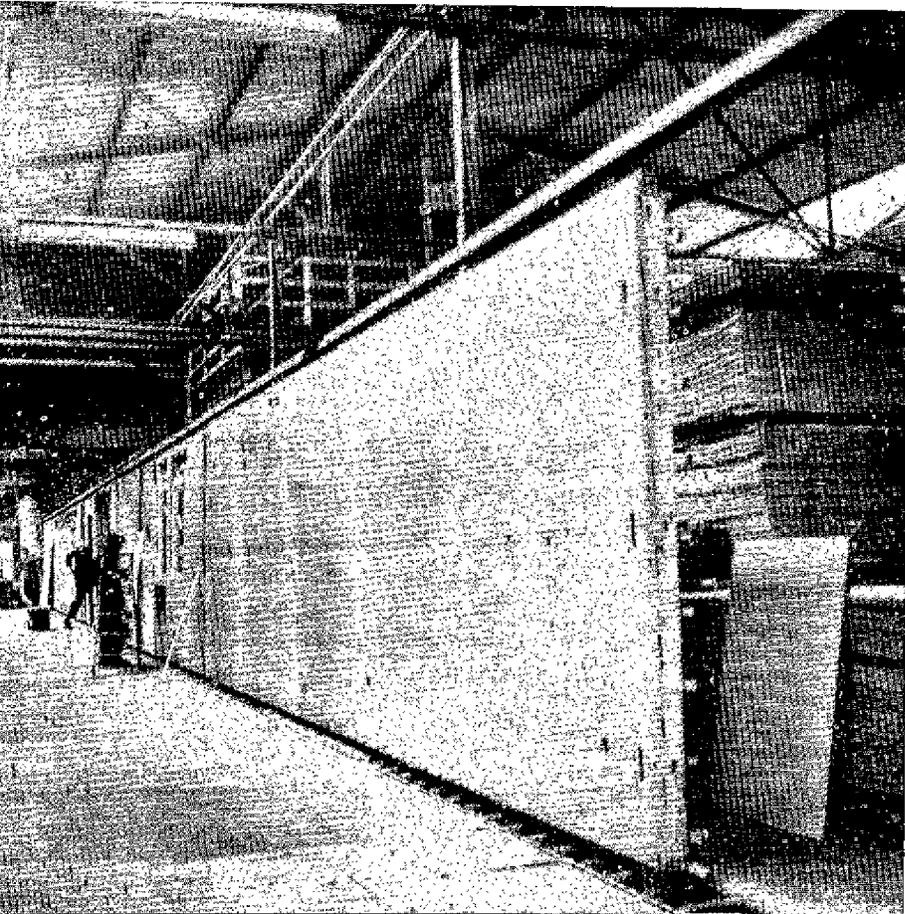
III. — PROCÉDÉS DE MONTAGE

La mission d'étude en Allemagne et en Scandinavie a permis, outre la visite d'usines utilisant diverses techniques de préfabrication, l'examen sur place des procédés de montage des unités d'habitation. Les visites de chantier effectuées ont permis d'étudier les opérations de montage proprement dites et d'apprécier la qualité des constructions achevées.

Avant d'entrer dans le détail des techniques de montage des différents types de construction, il convient de préciser une similitude propre aux trois systèmes, à savoir :

Transport et finition d'un panneau de 10,33 m. Système de transfert vertical. Usine Okal à Lauenstein (Allemagne).

Photo Bailly.



Construction modulée sur sous-sol de parpaings. Mise en place des panneaux et contreventement d'attente.

Photo Bailly

- la préparation d'un soubassement de maçonnerie et d'un sous-sol au moins partiel,
- la composition des panneaux très voisine d'un procédé à l'autre,
- l'emploi de matériaux sensiblement identiques.

A. — TECHNIQUE DU PRÉCOUPAGE.

Les constructions édifiées en Suède selon ce procédé sont implantées en bandes d'habitations à un ou deux niveaux édifiées sur vide sanitaire ou sous-sol maçonné. Cette technique de construction implique obligatoirement la réalisation de groupes d'au moins une quarantaine de cellules d'habitation.

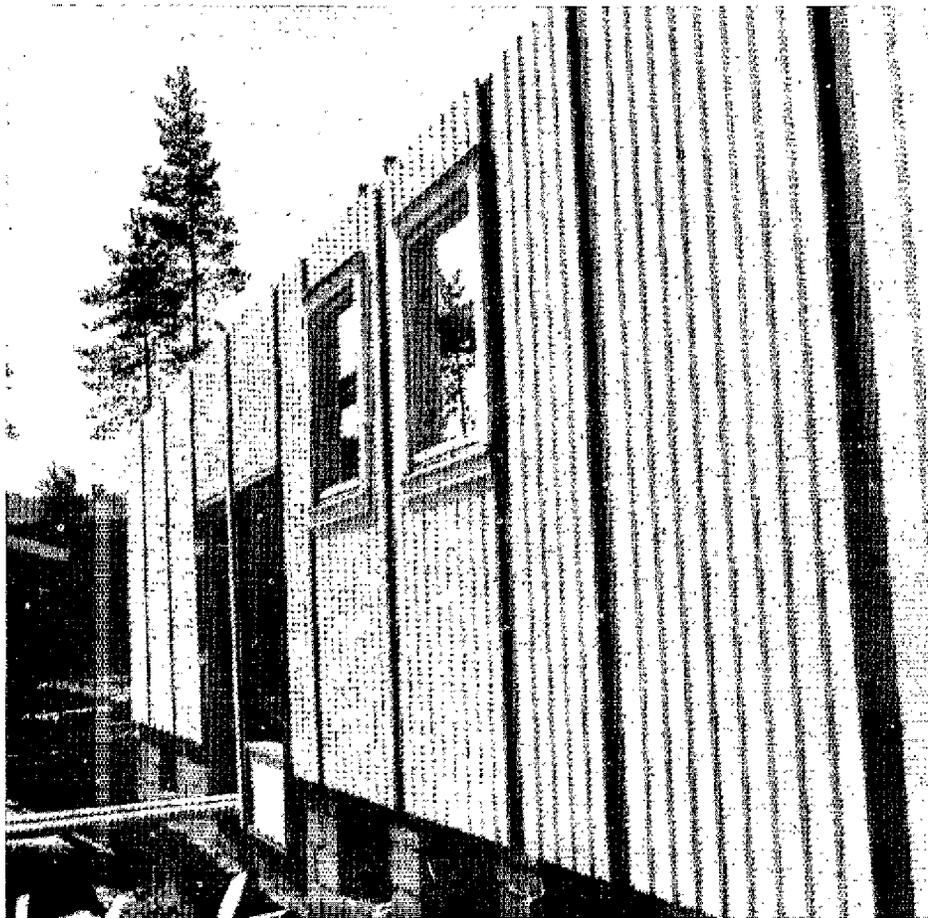
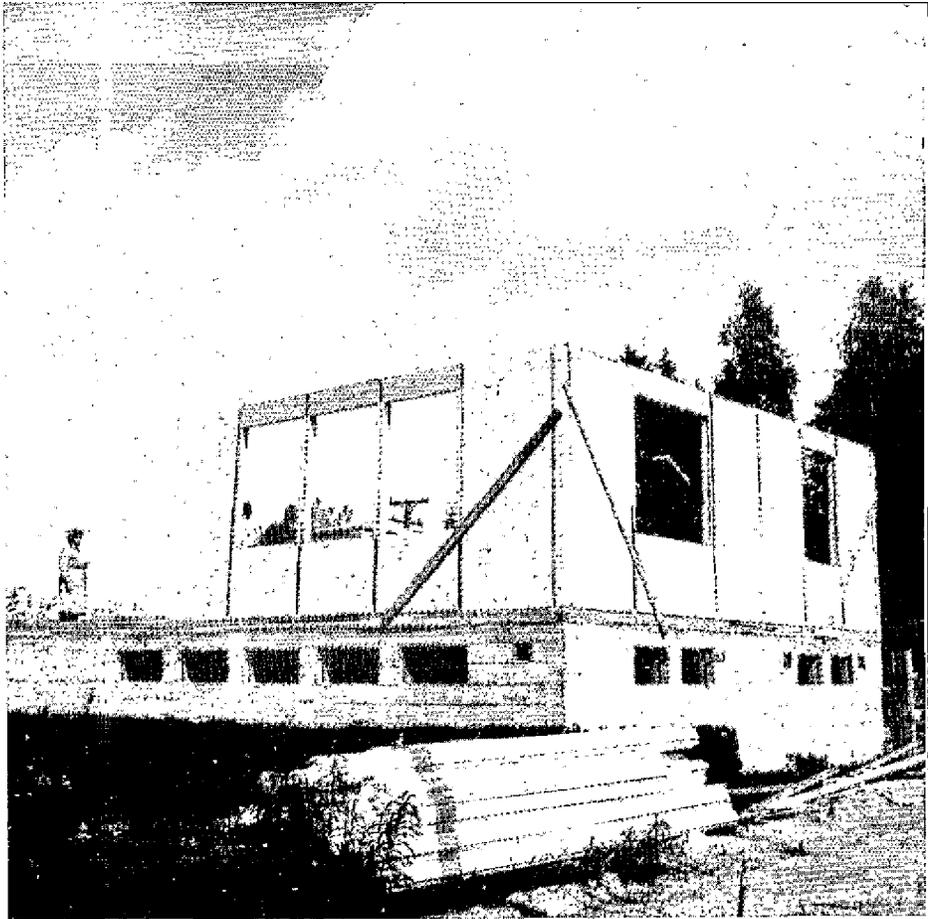
Les opérations de montage selon cette technique demeurent assez proches de celles de la construction traditionnelle en bois à ossature porteuse.

La phase préliminaire consiste à aménager le soubassement maçonné, généralement constitué par des parpaings de ciment de 15 mm d'épaisseur. Ce soubassement est ensuite protégé par application d'une couche épaisse de bitume.

Sur le chant supérieur du soubassement est placé un feutre bitumeux traversé par des pattes à scellement permettant la fixation d'une lisse basse en bois sur laquelle seront fixés les éléments de structure verticaux. Il est à noter que la lisse basse est traitée préventivement par injection sous pression (protection insecticide et fongicide) au moyen de sel Boliden.

Les éléments préoccupés et répertoriés de l'ossature porteuse sont assemblés par clouage sur la lisse basse. Une lisse haute est ensuite mise en place à la partie supérieure des façades et clouée sur les éléments verticaux. Le solivage du deuxième niveau est cloué sur cette pièce de liaison.

Les pignons de toiture sont constitués par des fermes non triangulées en deux parties et sont fixés par clouage sur la lisse-basse. Les fermes



Construction modulaire suédoise à revêtement de frises verticales.

Photo Bailly

sont mises en place et contreventées par des pannes. La sous-toiture de voliges jointives non rainées est fixée par clouage sur les pièces de charpente précitées.

Le matériau de couverture adopté pour ce type de construction est un papier asphalté multicouche en bande continue. Cette couverture est mise en place à recouvrement et fixée par agrafage sous la zone recouverte.

A ce stade, l'ossature de la construction est achevée et la couverture est mise en place, ce qui permet de procéder aux opérations de remplissage des murs de façade et à la fixation des parois. Par ailleurs, le fait de procéder aux opérations de couverture avant l'achèvement des travaux permet une rapide mise hors d'eau de la construction, autorisant simultanément l'exécution des travaux d'aménagement et de finition intérieurs.

Comme il a été indiqué par ailleurs, le matériau de revêtement utilisé en partie basse des murs de façade et des pignons est constitué par des briques de parement fixées au moyen d'agrafes sur des lattes clouées sur un panneau de fibre asphalté. Les parties hautes des pignons sont revêtues de frises faisant l'objet d'une application de peinture après pose, ou créosotées au préalable.

Ce procédé de construction présente le grand avantage d'être l'intermédiaire entre les procédés traditionnels et la préfabrication, tout en conservant aux habitations, dans le cas de la Suède, l'aspect de maisons classiques « en dur ». Ce détail très important semble devoir militer en faveur de ce système de construction mixte, surtout dans les pays où l'édification d'habitations en bois a été abandonnée depuis quelques années.

B. — PRÉFABRICATION MODULÉE.

Les techniques de montage tant suédoises que finlandaises dans le cadre des procédés de préfabrication modulée demeurent très voisines. Les seules variantes dont il peut y avoir lieu de faire mention intéressent la nature et le mode de pose des revêtements extérieurs. Ces revêtements peuvent être, selon les cas, des briques de parement ou des frises posées verticalement ou horizontalement.

Le principe de construction au moyen d'éléments modulés est basé sur la conception traditionnelle des murs porteurs alors que le procédé de pré-coupage que nous venons d'examiner faisait appel à une structure porteuse.

Quelle que soit la technique adoptée, l'aménagement du soubassement reste identique et implique selon les modèles de construction l'édification d'un support maçonné en parpaings ou le coulage d'une dalle de ciment. Il semble que la solution de la cave ou du sous-sol soit plus répandue en Suède, alors que les finlandais semblent lui préférer le vide sanitaire et la cave partielle ou plus simplement la dalle. Quelle que soit la solution adoptée, l'édifica-

tion du soubassement ne présente aucune difficulté, mais nécessite néanmoins la protection de la partie enterrée ou en contact avec le sol. La pose d'un matériau d'isolation est par ailleurs toujours prévue entre la maçonnerie et la lisse basse destinée à supporter les panneaux.

Les opérations de montage consistent en premier lieu à mettre en place les panneaux de façade. Ceux-ci sont fixés par clouage sur une lisse basse et assemblés entre eux soit par une baguette (système finlandais) ou simplement cloués (système suédois). Avant d'exécuter ces opérations d'assemblage, un contreventement d'attente est prévu et mis en place.

Selon la nature des techniques, une lisse haute est placée à la partie supérieure des panneaux (système suédois) où les fermes constituent l'organe de liaison transversal entre les façades, le contreventement étant assuré par des panneaux plafonds auto-portants à la base de la toiture et par un voligeage jointif cloué en partie haute des fermes constituant également la sous-toiture.

Les couvertures de ces constructions peuvent être selon les cas réalisées au moyen de tuiles de ciment, de plaques de fibro-ciment, de papier multicouches en bandes continues ou en tuiles (asphalt-shingles).

Les cloisons et les aménagements intérieurs sont cloués sur des semelles en partie basse et fixés en partie haute sur les entrants des fermettes, selon un procédé analogue à celui employé pour la mise en place des éléments de façade.

Les revêtements de sols sont de diverses natures, il y a cependant lieu de remarquer qu'à l'exclusion des pièces de séjour, un revêtement plastique est directement collé sur le plancher. Ceci s'explique par le fait que « les panneaux planchers » sont dans la majorité des cas constitués par des frises de second choix qui trouveraient difficilement une utilisation pour une mise en œuvre « en bois apparent ».

La nature et la disposition des matériaux de revêtement extérieur interviennent, pour une large part, sur l'aspect des constructions, aussi, la mise en place de ceux-ci a-t-elle été soigneusement étudiée par les fabricants suédois et finlandais.

Il a été remarqué dans tous les cas de construction préfabriquée en Scandinavie que la présence des joints verticaux correspondant à la structure modulaire de la construction étaient d'une façon générale évitée. Pour ce faire, quatre solutions ont été retenues par les industriels scandinaves :

— revêtement extérieur au moyen de briques de parement (Suède),

— pose de frises verticales assorties de couvre-joints (Suède),

— pose de frises verticales avec frises intermédiaires rapportées (Suède-Finlande),

— pose de clins horizontaux (Finlande).

Ces quatre solutions peuvent d'ailleurs être utilisées simultanément pour une même réalisation. Ainsi en Suède est-il fréquent de rencontrer des constructions dont les pignons sont revêtus de briques, les allèges des fenêtres de frises verticales et les parties hautes de frises horizontales. Toutes les combinaisons peuvent être admises en partant d'éléments standards.

Les revêtements en briques présentent néanmoins l'avantage de conserver à la maison son caractère traditionnel et de supprimer totalement les opérations d'entretien.

Les frises utilisées verticalement sont plus particulièrement recherchées par les fabricants suédois (BORO HUS, MYRESJÖ HUS, SVENSKA TRÅHUS), selon deux types de procédés :

frises assemblées à rainure et languette et pose d'un couvre-joint à chaque liaison,

mise en place entre deux panneaux d'une frise intermédiaire à deux languettes.

Le premier procédé semble présenter un intérêt certain car outre la suppression des joints apparents il améliore l'étanchéité des murs extérieurs.

Le revêtement au moyen de clins horizontaux à recouvrement est plus particulièrement en faveur en Finlande. Ce procédé plus encore que les précédents évite tout risque d'infiltration, tout en conservant à la construction un aspect esthétique tout à fait satisfaisant. Par souci d'objectivité, il importe cependant de signaler le défaut de ce système qui réside en l'utilisation de pièces de grandes longueurs, ce qui élimine un certain nombre de pièces trop courtes. Quoi qu'il en soit, et compte tenu des avantages considérables propres à ce procédé et en regard de l'inconvénient précité, il n'en demeure pas moins que cette technique est à préférer aux systèmes de revêtement par frises verticales pour lequel l'étanchéité entre panneaux demeure douteuse. Le profil trapézoïdal des clins, permet à cet égard d'être assuré d'un écoulement régulier des eaux pluviales à la surface des parois.

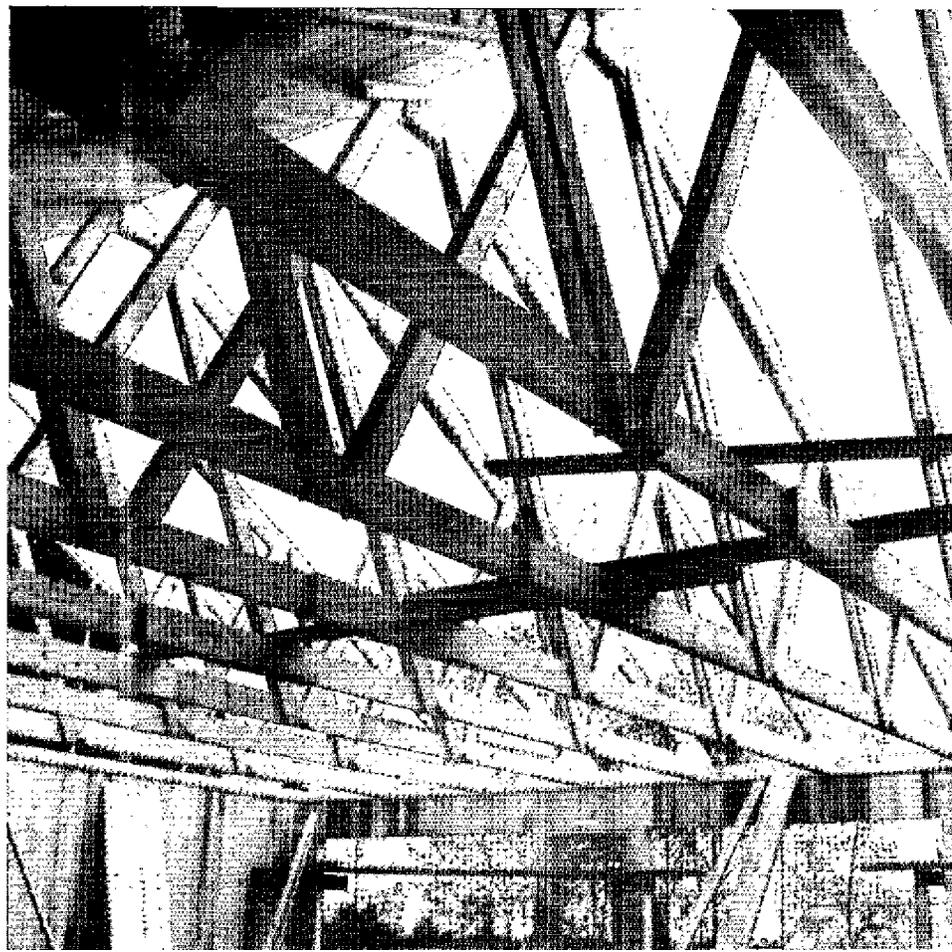
Les façades des constructions préfabriquées peuvent faire l'objet de deux types de finition : l'un utilisant des produits opaques (peinture ou créosote), le second des produits translucides du genre vernis. Il a été remarqué que ce dernier procédé de finition tend à être nettement supplanté par l'application de produits opaques, soit par application superficielle dans le cas de

peintures, soit par injection sous pression (procédé Rüpington) pour la créosote.

La finition au moyen de créosote fluide présente outre l'avantage d'assurer par surcroît une protection efficace contre les agents biologiques, de supprimer totalement les opérations d'entretien toujours coûteuses. Cette technique semble à l'heure actuelle très répandue pour la protection des frises de façade dans les pays scandinaves en raison, en particulier, de son grand intérêt sur le plan économique.

G. — PRÉFABRICATION INTÉGRALE.

Cette technique allemande de construction industrialisée est basée sur la mise en œuvre de panneaux de grandes dimensions impliquant la nécessité de disposer de matériel de levage et de manutention important. Ce procédé semble donc n'être intéressant que pour la réalisation « d'ensembles » urbanisés autorisant de par leur importance le déplacement de grues. Le montage des pavillons du type « OKAL » est basé sur un principe analogue à celui exposé pour l'édification des maisons scandinaves à structure modulaire. La première phase de la construction comporte l'aménagement d'un soubassement de parpaings ou d'un sous-sol et la protection de ces éléments maçonnés au moyen d'un enduit bitumineux. La fixation de la lisse basse en bois sur le soubassement est assurée par scellement. Un papier bituminé est prévu entre le soubassement et la lisse basse, ceci afin



*Mise en place de la charpente
d'une habitation individuelle suédoise.*

Photo Bailly.

d'éviter les remontées d'humidité toujours possibles avec des matériaux minéraux. La charpente de ces pavillons est constituée par deux éléments contre-collés, ne présentant pas de triangulation. Les fermes sont assemblées en faitage et fixées sur les pannes sablières reliées entre elles par le solivage de l'étage formant entrain. Les deux avancées de toiture de façade sont recouvertes sur la face inférieure de frises clouées à l'extrémité des solives réunissant les arbalétriers.

Le contreventement longitudinal est assuré par des chevrons en partie haute et des panneaux planchers entre le solivage. La couverture de ces unités d'habitation est réalisée au moyen de tuiles mécaniques de ciment.

Les aménagements intérieurs et les cloisonnements sont fixés en partie basse sur des lisses fixées dans la dalle et en partie haute par clouage sur les éléments de solivage dont le rôle est double : triangulation basse des fermes, plancher du premier niveau.

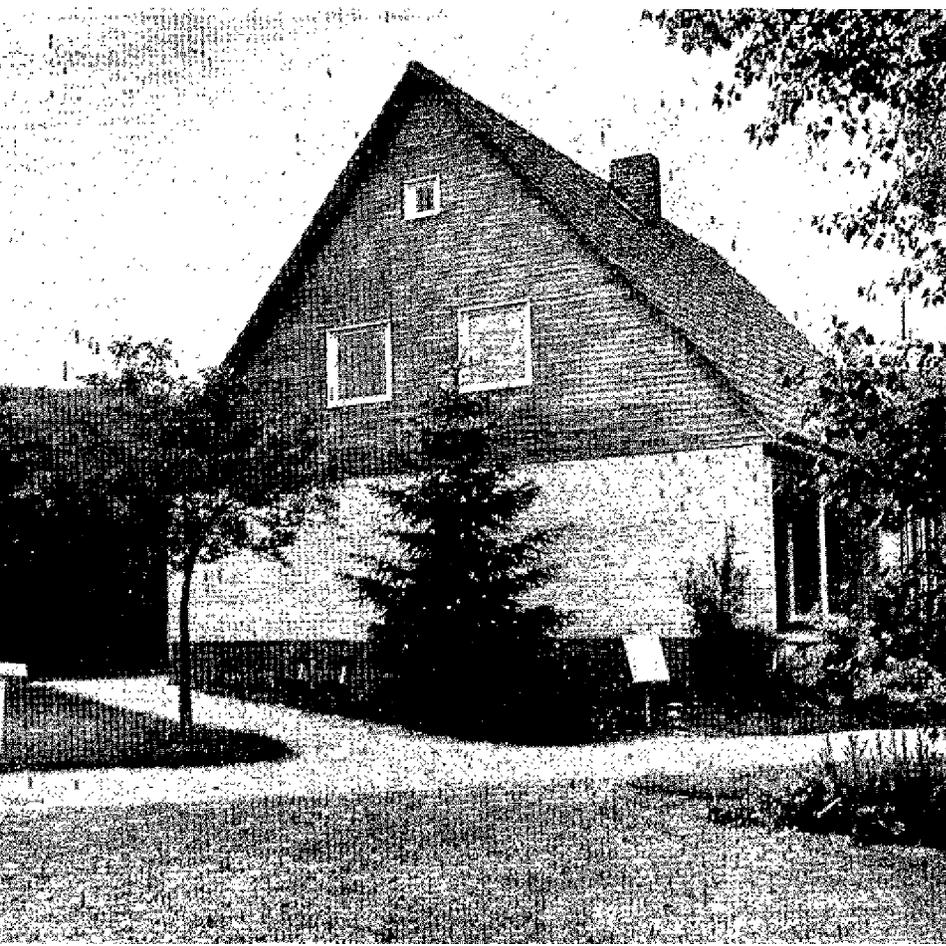
A la différence des procédés suédois et finlandais, la technique allemande « OKAL » prévoit plusieurs possibilités en matière de finition. L'exécution de la finition, lorsqu'il s'agit de briques de parement ou de frises est réalisée « sur place » après édification des murs porteurs. Dans le cas de bardage au

moyen d'éléments de fibro-ciment, cette opération est réalisée en usine, lors de la fabrication des panneaux qui alors sont mis en place entièrement finis (croisées peintes et vitrées).

La technique de préfabrication allemande ne semble applicable que dans le cadre de programme de lotissement de zones suburbaines de pays à forte densité de population tels que les pays européens ou nord américains.

L'exposé des modes de fabrication d'une part et des techniques de montage de maisons individuelles d'autre part, fait ressortir le niveau d'évolution des procédés actuels de préfabrication de constructions en bois. Il demeure bien évident que les techniques ne sont pas toujours transposables dans les mêmes conditions en Europe et dans les pays en voie de développement. Elles doivent faire nécessairement l'objet d'études particulières conduisant à une adaptation conditionnée par les impératifs climatiques et sociologiques des différents pays intéressés. Il n'en demeure pas moins que la construction d'habitations individuelles en bois reste pour le moment, le propre de certains pays évolués, contrairement à une opinion généralement admise par certains pays européens fortement attachés à la notion statique de patrimoine immobilier.

V. — ÉLÉMENTS DE FINANCEMENT ET DE PRIX DE REVIENT



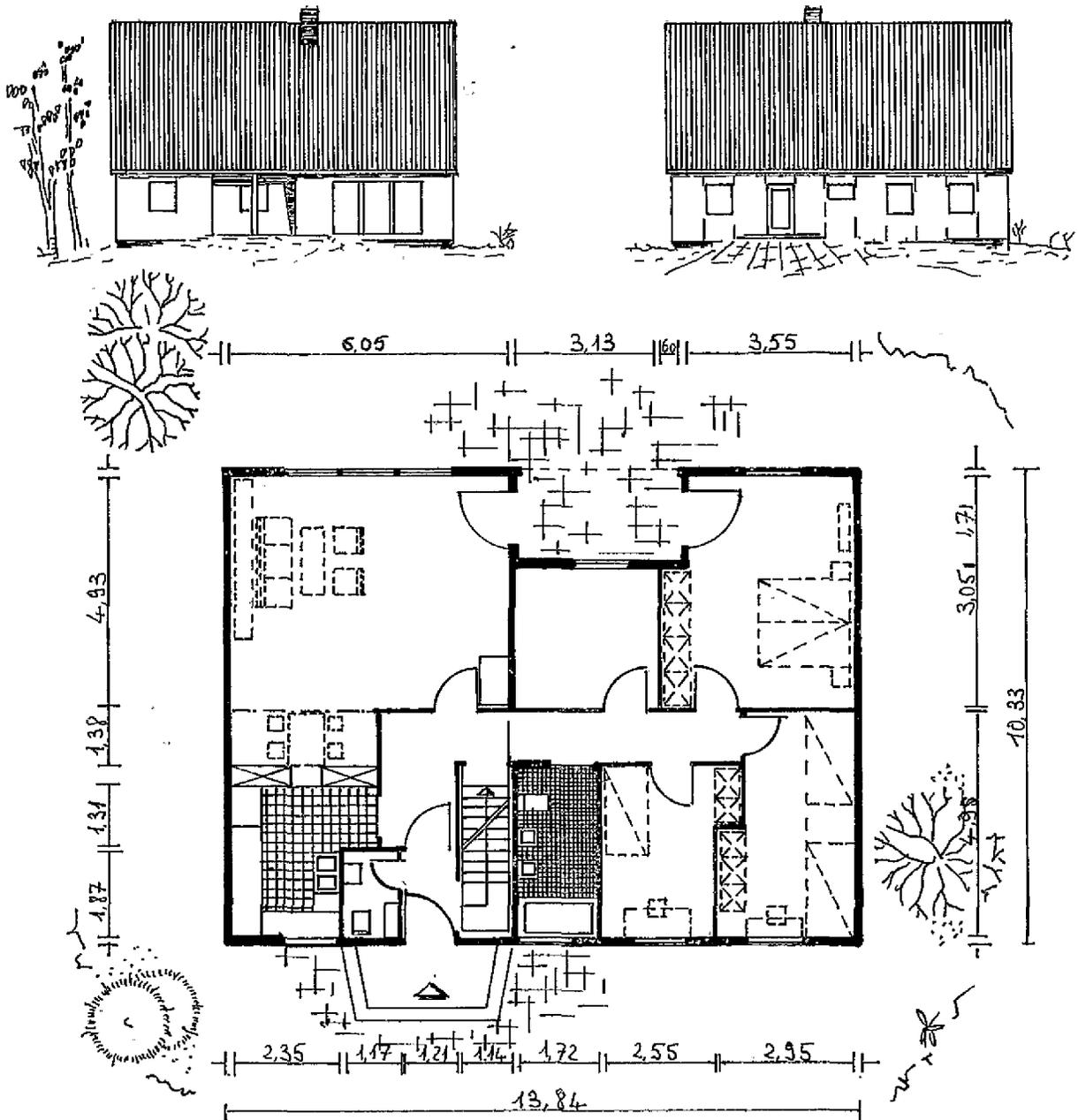
Les informations d'ordre économique figurant dans la présente étude demeurent très fragmentaires. Elles ne sont données qu'à titre indicatif, et ne doivent être considérées que comme des ordres de grandeur. En matière de prix de revient de construction, il semble ressortir une certaine homogénéité du coût du mètre carré habitable, tant en Allemagne qu'en Suède et en Finlande.

Il sera indiqué dans un tableau figurant ci-après des éléments comparatifs concernant :

- La production annuelle.
- La surface des constructions.
- Le prix au mètre carré habitable.
- Le temps de montage.
- Le délai de construction.
- La quantité de bois mis en œuvre.
- La proportion de maisons à revêtement de briques.
- La proportion de maisons à revêtement de frises.

Construction en préfabrication intégrale procédé Okal. Revêtement mixte sur panneaux de particules.

Photo Bailly.



Façades et plan du 1^{er} niveau de la maison ci-contre.

— Le mode de financement (apport, crédit, taux d'intérêt).

— Les salaires horaires (ouvriers).

-- Le temps de fabrication en usine.

Ce tableau résumera les informations recueillies, relatives aux trois procédés de construction industrialisée dont il a été fait mention dans notre étude.

De l'étude comparative concernant les informations économiques en matière de construction industrialisée, il semble que quel que soit le pays, les prix de revient au mètre carré demeurent sensiblement voisins, indépendamment d'ailleurs des salaires

pratiqués. Par ailleurs, il semble que les surfaces habitables retenues tant par les fabricants scandinaves qu'allemands, présentent un minimum de 100 mètres carrés. De plus, dans tous les cas, quelle que soit la technique employée, les habitations sont livrées entièrement « finies » et agencées, les aménagements des abords et l'environnement sont également prévus par l'entreprise.

Il apparaît donc dans ces conditions que les techniques de construction industrialisée en bois peuvent se placer de façon compétitive sur le marché du bâtiment en présentant néanmoins une plus

grande souplesse d'adaptation que les réalisations de collectifs en « dur » et une intégration plus aisée au site à laquelle ne peuvent prétendre les constructions plurifamiliales collectives. Sur le plan économique, les constructions industrialisées en bois sont

moins coûteuses que l'édification d'habitations traditionnelles, qui notamment pour l'Allemagne, présentent un coût supérieur de 20 % par rapport aux précédentes (plans n° 1, 2).

Tableau comparatif portant sur les éléments économiques

Procédés	Précoupage	Préfabrication			Modules		Préf. intégrale
		KARLSSON	EKSJOHUS	MYRESJOHUS	BOROHUS	TRAHUS	
Fabricants	KARLSSON	EKSJOHUS	MYRESJOHUS	BOROHUS	TRAHUS	PUUTALS	OKAL KREITBAUN
Origine	Suède	Suède	Suède	Suède	Suède	Finlande	Allemagne W.
Production annuelle ...		600	1.500	2.000		5.000	2.500
Surface des constructions	124 m ²	100 m ²	110 m ²	120 m ²	120 m ²	160 m ²	130 m ²
Prix au m ² habitable...	960 F	1.000 F		1.000 F	930 F	1.000 F	1.000 F
Temps de fabrication en usine (heures)		700 h	600 h			600 h	700 h
Temps de montage (heures)		540 h	montage finition	200 h 200 h	montage finition non précisée	150 h 350 h	300 h
Délai de construction ...	3 mois pour ensemble de 44 habit.	variable selon l'importance des opérations				1 à 2 mois	8 mois
Quantité de bois mise en œuvre par unité d'habitation	20 m ³		28 m ³			36 m ³	
Proportion des constructions à revêtement briques	100 %	70 %	30 %		uniquement pignon	10 % pignon	30 % 10 % de fibrociment
Proportion de construction à revêtement frises.	partie haute de pignon	30 %	70 %		80 %	100 %	60 %
Mode de financement apport initial	40.000 F	variable			5.700 à 9.500 F	75.000 à 80.000	12.500 F à 20.000 F
Crédit taux d'intérêt...	30 ans 6 %	30 ans 4 % + caution 3 pers.			37 ans 5 % + location terrain (930 F/an)	10 ans 7 %	32 ans 6 à 7 %
Salaires horaires (ouvriers)	10 KS = 9,30 F	10 KS = 9,30 F	10 KS = 9,30 F	10 KS = 9,30 F	10 KS = 9,30 F	3 FM = 4,50 F	3,5 DM = 4,50 F

CONCLUSIONS

Le voyage d'études auquel nous avons participé a permis d'apprécier le développement pris par la construction de maisons individuelles en bois, dans les pays à niveau de vie élevé, d'en étudier les principes de fabrication et les techniques de montage.

Outre ces aspects essentiellement technologiques, ces visites d'usines et de chantiers de construction semblent devoir permettre de dégager les avantages pratiques liés à la construction industrialisée en bois. Ces avantages semblent être de trois ordres : sociologique, technique et économique et nous ont paru devoir constituer une source de satisfaction aux trois niveaux suivants : l'acquéreur, l'industriel et le pays producteur.

Tout acquéreur d'habitation est en droit d'exiger

de la construction qu'il a choisie que celle-ci lui apporte un confort maximum, qu'elle soit édifiée en un délai minimum et ceci pour un coût raisonnable. Il apparaît que ces trois conditions liées, d'une façon générale, à l'acquisition d'une habitation semblent avoir trouvé une solution élégante dans le cadre de la construction en bois industrialisée, ainsi que nous avons pu le constater lors de notre mission en Allemagne et en Scandinavie. En effet, toutes les constructions individuelles qu'il nous a été donné de visiter au long de ce voyage ne présentent sur le plan confort, aménagement intérieur et finition, aucune comparaison, à prix égal, avec les constructions édifiées « en dur » en France.

L'acquéreur, outre son désir d'un intérieur

confortable, souhaite occuper dans les plus brefs délais la maison dont il vient de faire l'achat. Il est certain que cet avantage ne peut lui être consenti par les techniques de construction traditionnelles en dur pour lesquelles les délais sont de beaucoup supérieurs à ceux qui ont pu nous être indiqués en Scandinavie et qui, d'une façon générale, excèdent rarement 4 mois pour l'obtention d'un pavillon de 100 à 130 m² de surface habitable. Cette rapidité de réalisation constitue l'un des atouts essentiels. Il est susceptible de provoquer l'essor de la maison individuelle en bois dans les années à venir.

De ce qui précède, il ressort que la construction individuelle en bois est en mesure de satisfaire l'acquéreur sur trois points essentiels : confort, délai de livraison et prix compétitif et que la réticence rencontrée pour ce mode de construction dans certains pays européens et africains serait donc d'origine psychologique plutôt que technique ou économique.

Sur le plan général, la préfabrication d'unités d'habitation individuelle est à même de permettre la réalisation d'ensembles urbanisés présentant un aspect agréable tout en s'intégrant aisément aux sites naturels les plus variés. Il n'en est malheureusement pas de même des grands ensembles d'immeubles collectifs implantés dans les banlieues des grandes cités qui, à juste titre, ont été considérés, à maints égards, comme une erreur d'orientation de la politique des logements. La construction d'ensembles urbanisés constitués par des pavillons individuels, demeure à l'échelle humaine et permet un grand nombre de possibilités d'implantation dans le site, ce que ne permet pas la réalisation de tours ou d'immeubles de dimensions importantes... Par contre, il importe d'insister sur le fait que l'absence d'infrastructures cohérentes constitue un sérieux handicap qui entrave le développement des constructions unifamiliales. Il n'en demeure pas moins, compte tenu des considérations sociologiques qui gardent leur importance, que la pratique de la construction individuelle reste une source de revenus et d'expansion industrielle pour les pays qui en adoptent le principe.

Sur le plan général, la construction individuelle est en mesure de permettre la réalisation d'ensembles d'habitations présentant un caractère agréable, dont sont trop souvent dénués les groupes d'habitations collectifs verticaux et horizontaux. L'édification de pavillons isolés ou en bande permet, comme il nous a été permis de le constater à Huddinge en Suède, de réaliser de véritables villages constitués de maisons équilibrées sans pour autant faire abstraction de l'environnement naturel.

La création de la « cité satellite » de Tapiola (20.000 habitants), dans la banlieue d'Helsinki, composée à la fois de maisons individuelles et de petits collectifs, reste sans nul doute la plus belle réussite européenne de « cité-jardin » tant par ses

réalisations architecturales, que par son implantation dans un site où la nature n'a pas été délibérément exclue.

Indépendamment des considérations d'ordre sociologique qui viennent d'être exposées, les techniques d'industrialisation de la construction constituent un facteur essentiel d'expansion industrielle. En effet, ces techniques permettent à la fois l'évolution d'entreprises spécialisées dans la production d'ouvrages traditionnels tels que les menuiseries, par exemple, vers des productions beaucoup plus élaborées que sont les constructions individuelles. De nombreux exemples dans ce sens ont pu être relevés tant en Suède qu'en Finlande. Le cas le plus frappant est celui de la société PUUTALO dont il a été fait mention au cours de cet article.

Cette industrialisation sera facilitée par la légèreté des éléments mis en œuvre qui, en même temps qu'elle limite les immobilisations de matériel lourd de chantier réduit l'emploi de personnel et n'exige pas de celui-ci une qualification professionnelle longue et difficile à acquérir.

Les détracteurs de la préfabrication déclarent souvent que : « la préfabrication » tue « l'artisanat ». Il n'en est rien et au contraire l'industrialisation ne peut se faire qu'en liaison étroite avec les petites entreprises à caractère artisanal, comme il nous a été donné de le constater à maintes reprises dans les pays scandinaves. Dans ces pays, en effet, les petites entreprises et les artisans travaillent en collaboration avec les usines productrices de maisons individuelles. C'est à elles qu'il échoit de procéder à toutes les opérations de montage et de finition des constructions « *in situ* ». Il s'est ainsi créé un régime de sous-traitance libre très souple qui a permis d'instituer un équilibre économique profitable entre grandes et petites entreprises.

Le dernier point qu'il convient de ne pas négliger est l'emploi systématique, pour les usines de préfabrication scandinaves, de matière première d'origine essentiellement locale. La Suède et la Finlande étant les plus importants producteurs européens de matériau ligneux, ces pays utilisent en priorité les bois indigènes pour leurs besoins propres et préfèrent en outre exporter des produits finis ou semi-finis tels que des constructions préfabriquées d'un rapport supérieur à celui d'un matériau brut.

Il est remarquable de constater que les constructeurs scandinaves recherchent avant toute chose à employer rationnellement leur production sans esprit de dénigrement pour leur propre matériau, ni une admiration irraisonnée pour tout ce qui peut être importé, comme c'est trop souvent le cas dans de nombreux pays européens ou africains.

Cet aspect des problèmes généraux en matière de construction individuelle en bois nous a semblé ne pas devoir être omis et nous pensons qu'il pourrait être cité en exemple à l'usage des Etats producteurs de bois pour lesquels se pose un problème de conception de l'habitat.