

# Le procédé S.I.B.-C.R.A.U.



Jean Englebert



# **Le procédé S.I.B.-C.R.A.U.**

par Jean Englebert, professeur émérite à l'ULg

## **PETIT RAPPEL HISTORIQUE**

Dès l'obtention de mon diplôme et après avoir conçu et réalisé notre maison, j'ai eu la chance de pouvoir imaginer quelques maisons pour des couples amis.

On en trouvera la liste dans le livre que Pierre Henrion a consacré à ma carrière. Edité en 2007 par le Musée en Plein Air du Sart Tilman, avec le soutien du Ministre du Logement, des Transports et du Développement territorial et de la Direction générale de l'Aménagement du territoire, du Logement et du Patrimoine de la Région Wallonne, il est simplement intitulé : **Jean Englebert.**

Rapidement, je me suis rendu compte que s'il était possible de réaliser de belles et bonnes maisons, fonctionnelles et économiques, il était de plus en plus difficile pour les futurs propriétaires d'en assumer la charge. Les rêver, oui, mais entreprendre la construction, non.

La majorité de mes clients couvrait les frais de construction au moyen de prêts financiers obtenus auprès de banques ou d'organismes spécialisés. Condamnés à des remboursements réguliers, les nouveaux propriétaires devenaient esclaves des firmes ou des organismes dans lesquels ils travaillaient.

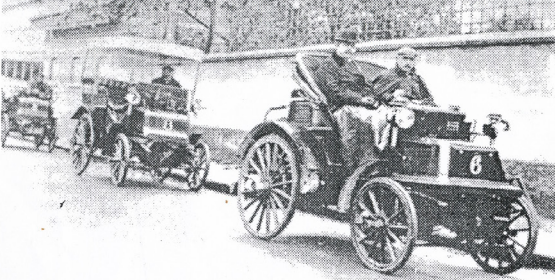
Adeptes de liberté, je trouvais cette situation difficile à envisager et à supporter. Il me fallait chercher et trouver une ou des solutions pour que le coût des maisons soit plus facile à envisager et à supporter. C'est ainsi que j'en vins à imaginer d'autres manières de construire. D'autres que moi y songeaient aussi et de nombreux chercheurs comme par exemple Jean Prouvé, Ionel Schein, Albert Dietz ou Buckminster Fuller, imaginaient des systèmes nouveaux de construction et n'hésitaient pas à révolutionner les méthodes traditionnelles de bâtir.

# Peut-on produire du logement comme on produit des automobiles ?

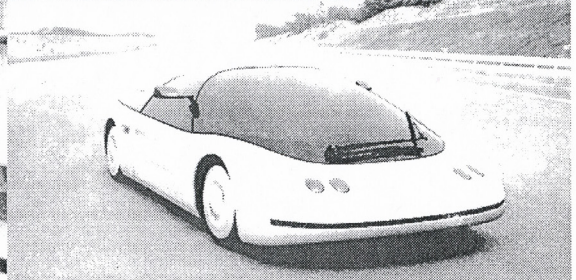
*Should we produce lodging*

*just like cars ?*

Jean Englebert, professeur de composition architecturale à l'Université de Liège (Belgique)



2 tonnes, 2000 heures de travail, prix : 18 mois de salaire, 40 km/h,...



850 kg, 200 heures de travail, prix : 4 mois de salaire, pilotage assisté électroniquement, 250 km/h,...

## Au début du siècle

*At the beginning of this century*

100 tonnes, 18 mois de construction, prix : 6 six ans de salaire,...



## et aujourd'hui.

*and today.*

100 tonnes, 12 mois de construction, prix : 6 six ans de salaire,...



*Fig. 1 : Affiche d'une conférence faite à Arras en 1994 :  
deux domaines difficilement comparables, mais dont le rapprochement  
est tellement parlant et j'espère convaincant*

## Première expérience avec du béton

Je saisis une première occasion en participant en 1963 à un concours international d'architecture et de technique «LA MAISON EUROPEENNE»<sup>1</sup>.

Ce concours organisé par la Foire internationale de Gand proposait aux architectes un programme de maison à réaliser de manière économique par des procédés de construction nouveaux, aptes à stimuler la collaboration des industriels.

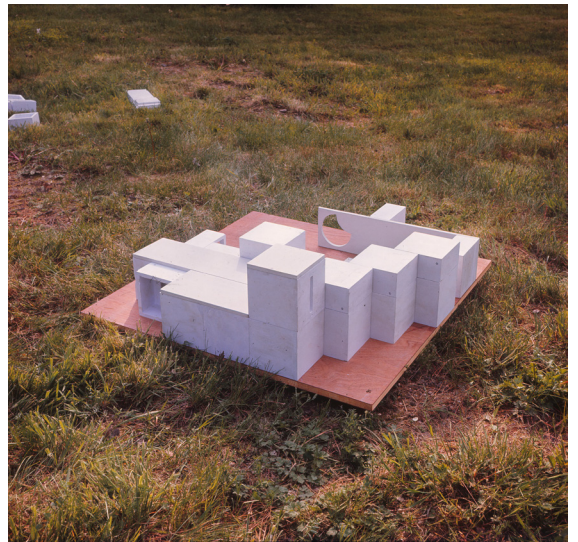
J'ai imaginé une dizaine d'éléments préfabriqués en béton armé, cubiques ou partiellement cubiques et dont la qualité étaient de pouvoir être dressés sans nécessiter d'étais, c'est-à-dire d'être stables. Il était possible d'utiliser ces éléments en les disposant les uns à côté des autres sans devoir les soutenir ou les contreventer.

Chacun de ces éléments comportait un circuit électrique et il suffisait de les ponter pour qu'un réseau électrique complet irrigue la maison. Des cellules sanitaires préfabriquées en matière plastique pouvaient prendre place dans les éléments cubiques, ainsi que des petits ascenseurs hydrauliques, capables de desservir trois niveaux. D'autres éléments en forme de dalles allégées pouvaient compléter mon «lego» pour réaliser les planchers ou des parois décoratives. Avec l'aide de mon épouse, j'ai réalisé en plâtre à l'échelle 1/20 plusieurs pièces des différents éléments et j'ai montré au moyen de photos comment avec eux, il était possible de créer des maisons, mais aussi d'autres bâtiments.

Je pense que le jury a été séduit par l'idée puisque j'ai remporté deux prix. J'ai appris plus tard que les membres s'étaient pris au jeu et avaient «joué» avec les éléments pour imaginer leur propre maison.



*Fig. 2, 3, 4, 5 : Exemple de maison pouvant être mitoyenne*



*Fig. 6, 7 : Exemple de villa 4 façades*



*Fig. 8, 9 : Jean et Joséphe Englebert occupés à réaliser les différents éléments en plâtre de la maquette.*

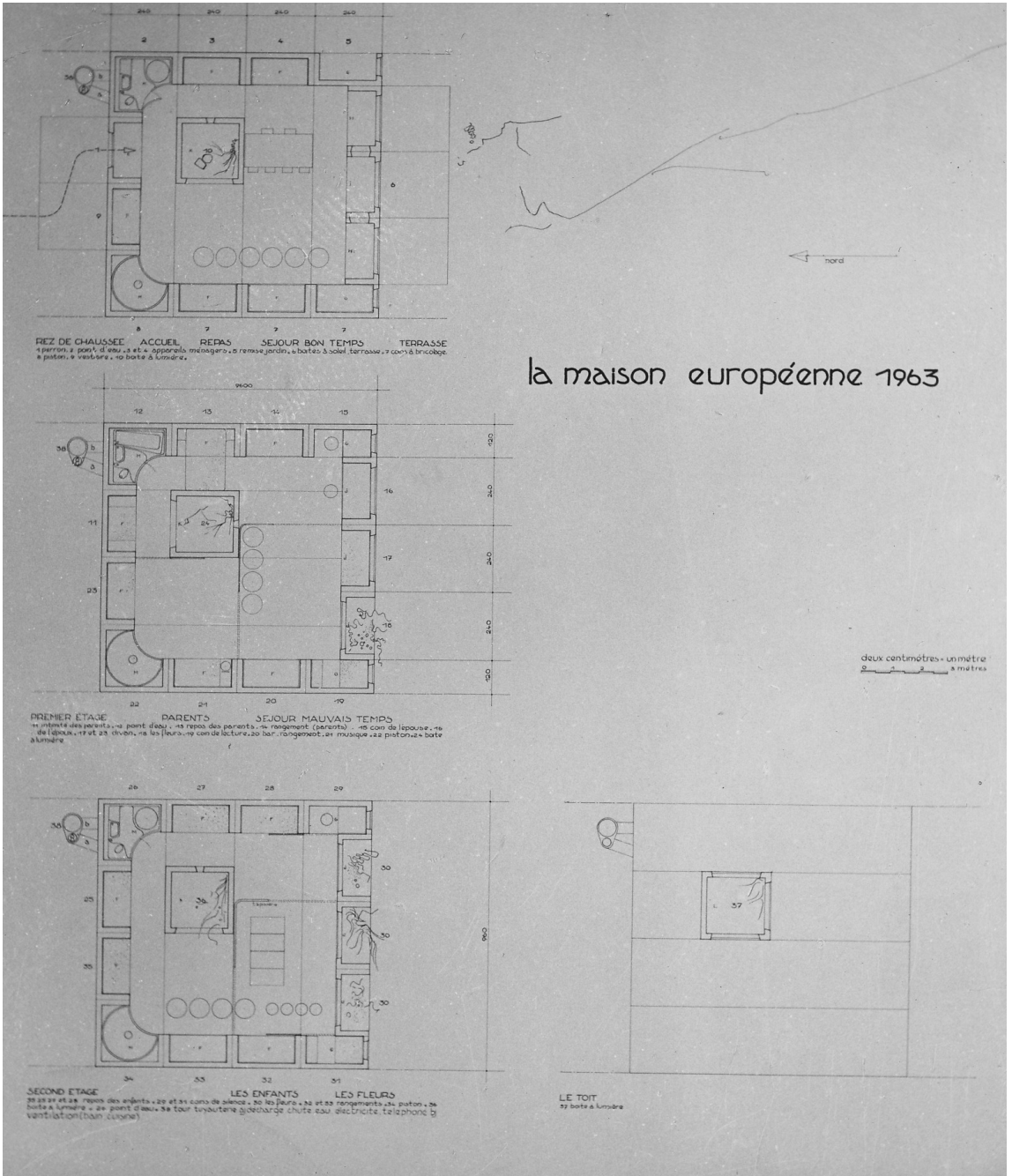
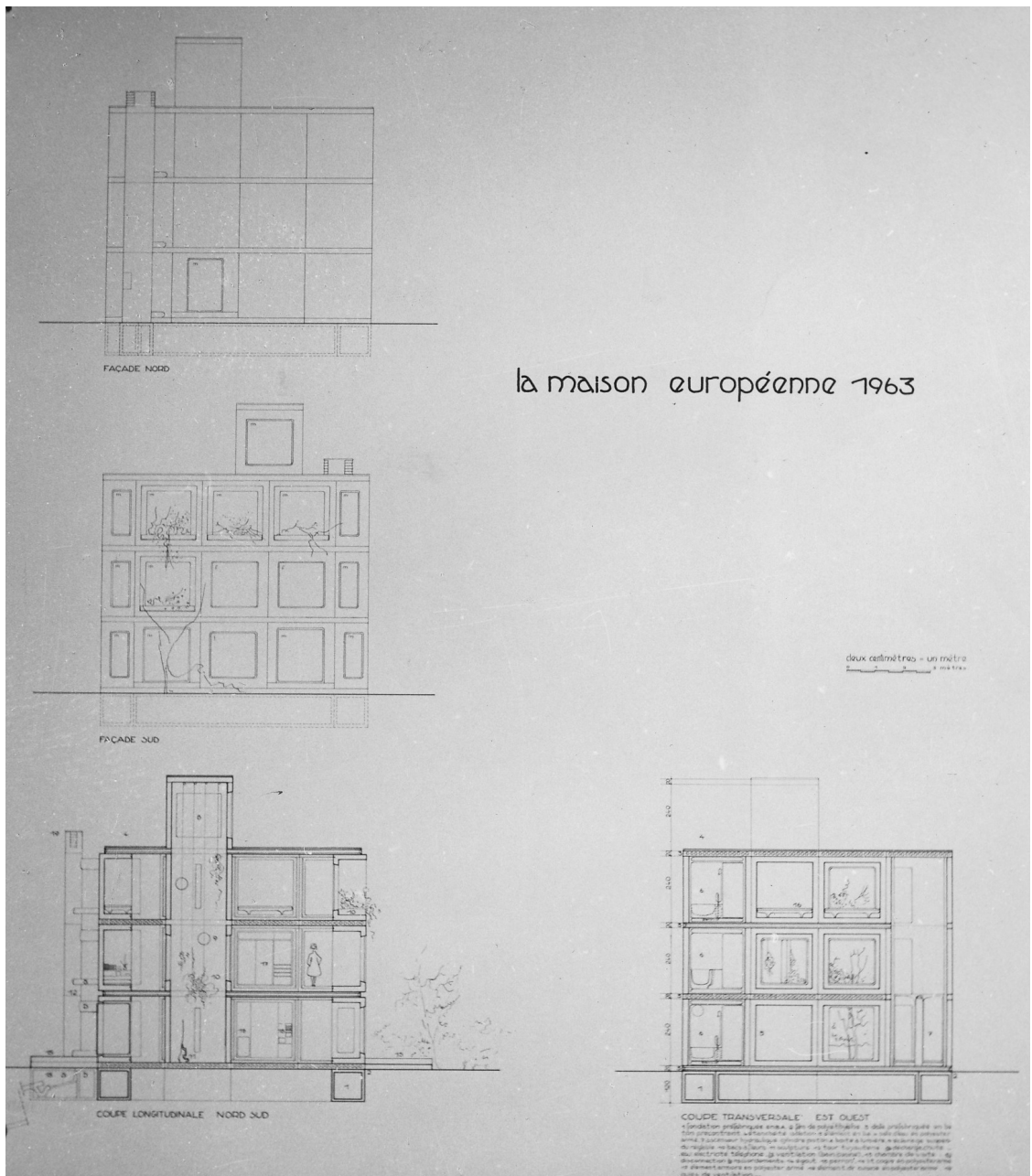


Fig. 10 : Maison mitoyenne vues en plan.



la maison européenne 1963

Fig. 11 : Maison mitoyenne : vue des façades avant et arrière et coupes verticales.

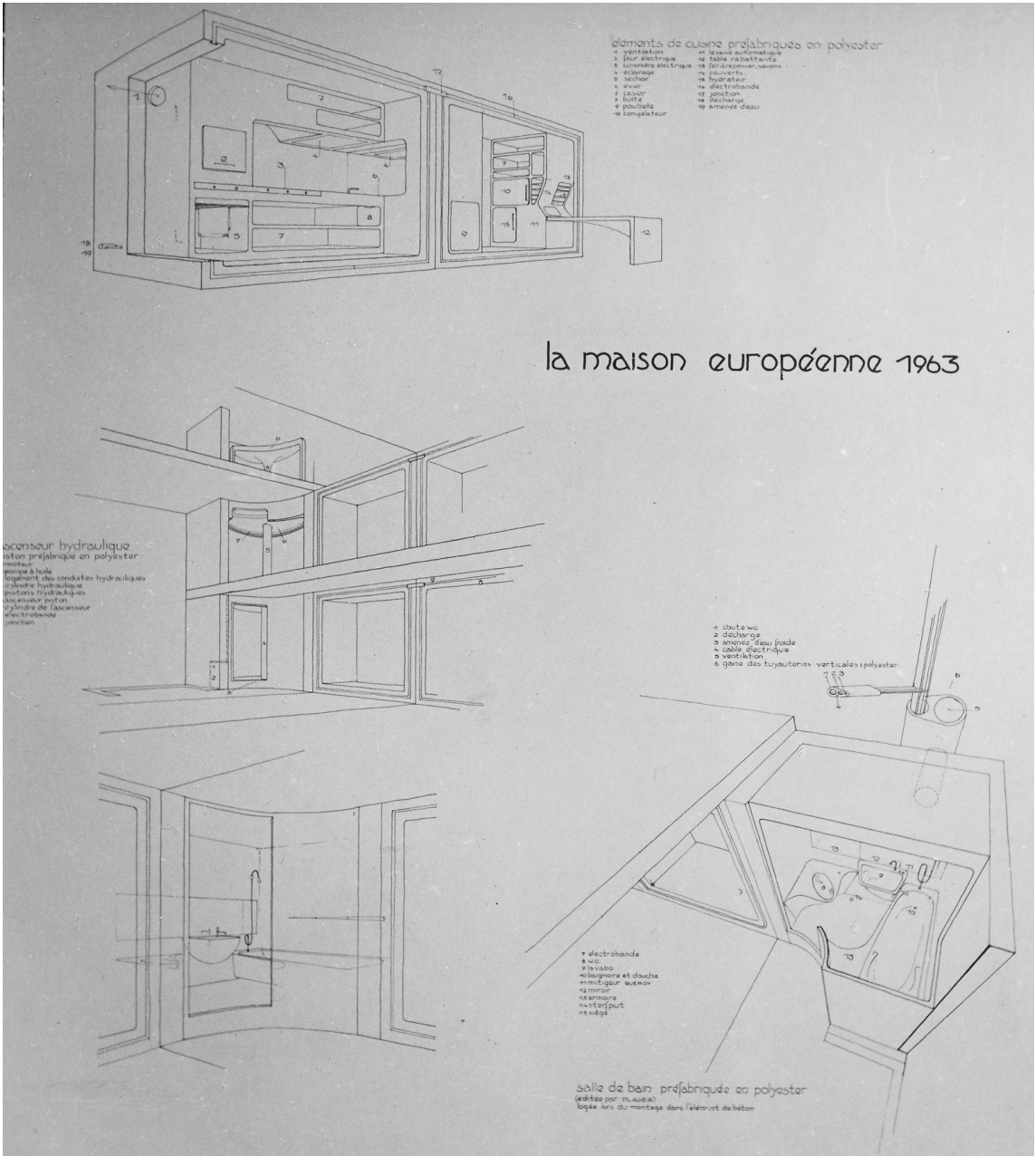


Fig. 12 : Maison mitoyenne : détails : cuisine, ascenseur, salle de bain.

## Deuxième expérience avec du bois

Ma deuxième proposition fut plus personnelle dans la mesure où elle ne résultât pas d'une demande officielle.

Ce fut plutôt un concours de circonstances qui fut à l'origine d'un «meccano» à base de bois.

En effet en 1964, la demande d'éléments en épicéas pour étançonner les galeries de mines s'effondrant avec la fermeture des charbonnages belges, la région ardennaise qui vivait un peu de ce marché, s'est trouvée fort dépourvue.

Comme un menuisier m'avait demandé de lui concevoir une maison qu'il pourrait réaliser lui-même, j'ai inventé le «meccano» bois qui traînait dans ma tête et je l'ai baptisé «PATZE» du nom de cet artisan<sup>2, 3</sup>.

Ce faisant, je donnais à ma région un nouveau débouché pour son bois, notamment le douglas fort réputé.

Le système comportait toute une série d'éléments d'ossature, formant des travées, mais aussi de fermeture, comme des panneaux, des fenêtres, des portes, des armoires.

Tous les panneaux extérieurs comportaient derrière leur face intérieure un système de chauffage électrique rayonnant au moyen de trames en carbone.

Quant aux fenêtres ou portes extérieures, elles étaient surmontées d'un boîtier « éclairage » contenant un tube fluorescent derrière un vitrage opalin.

Tous les éléments formant une sorte de jeu « meccano », étaient tarifés et un simple croquis en couleurs conventionnelles porté sur une trame « tartan » permettait en quelques minutes de calculer le coût précis et garanti de la maison. Seul restait à décider le délai de construction lequel était aussi fixé facilement en fonction du nombre de travées

Le menuisier a réalisé sa propre demeure en fabriquant les éléments du système, puis en les assemblant durant les deux années qui ont suivi seul ou avec l'aide de son associé.

Ayant pu vérifier le bien-fondé de mon idée, j'ai alors proposé à quelques clients de réaliser leur maison avec ce système à base de bois. Ce ne fut pas facile parce qu'à l'époque, construire en bois n'était plus du tout coutumier. Et notamment par exemple pour obtenir une assurance incendie, mes clients furent obligés de s'adresser à des compagnies américaines habituées au contraire d'assurer des maisons construites en bois.

Aufildutemps, jeréussisàconstruirequelquesbellesetintéressantes maisons au moyen de mon procédé. D'autres architectes, séduits par le système, l'utilisèrent et des clients réalisèrent eux-mêmes leur maison. Avec mes étudiants et durant deux périodes de vacances estivales, j'ai aussi construit deux petites maisons de vacance, de six travées chacune, au lieu dit « Am Mühlenberg » dans le village de Wirtzfeld.





*Fig. 14 : Début du montage du mecano bois.*



*Fig. 15 : Approvisionnement des éléments du mecano.*



*Fig. 16, 17, 18, 19 : La maison "Roland", lotissement "Le Parc" à Embourg.*

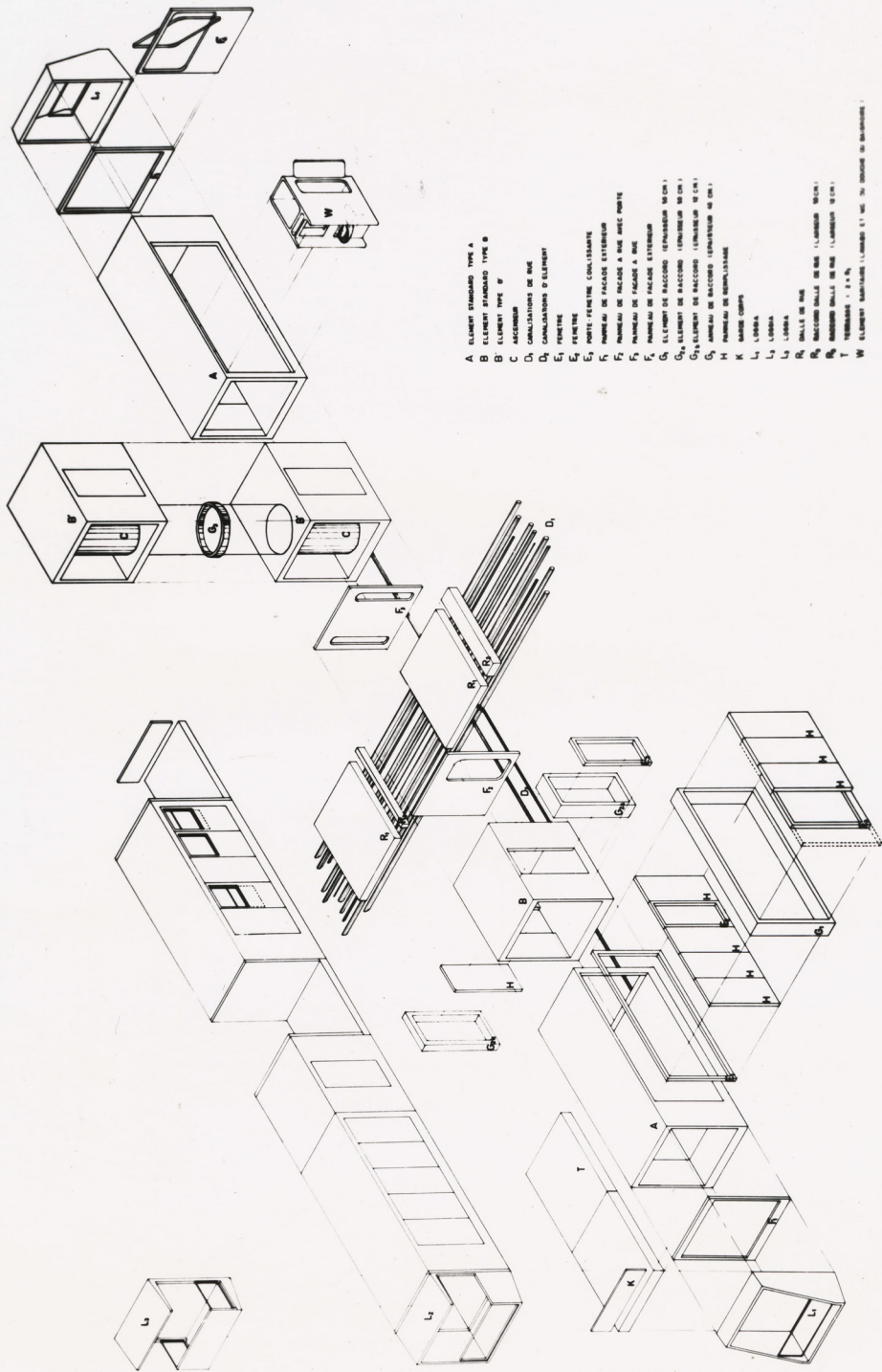


*Fig. 20, 21 : La maison "Gendarme", rue de la Belle Jardinière, 204 à Angleur.*

## Troisième expérience avec de l'acier

La troisième occasion s'est présentée à moi en 1967 quand la Communauté du charbon et de l'acier, la C.E.C.A., a organisé un deuxième concours pour promouvoir un emploi de l'acier différent et plus important dans la construction des habitations. Un tel concours avait déjà été organisé en 1953. Il avait été remporté par deux architectes belges Palm et Vander Meeren. Bien qu'ils aient pu réaliser quelques maisons et démontrer la valeur de leur système, aucun industriel ne donna suite à leur idée.

Plus de cent architectes ont participé au nouveau concours et ont proposé des solutions. Une dizaine parmi elles étaient proches de celle que je présentais du type : volumes modulaires. Je n'ai pas gagné de prix. Ceux-ci ont été accordés à une dizaine de projets «meccanos». Il eut suffi que le jury fût plus épris de volumes modulaires pour que je fasse partie des dix gagnants. Je ne pouvais que regretter, d'autant que le premier prix prévoyait en plus la réalisation d'un prototype. Ce fut la chance du lauréat, mon collègue allemand Jochen Brandi qui put réaliser à Berlin au bord de la Spree un fort beau bâtiment, toutefois lui aussi sans lendemain.



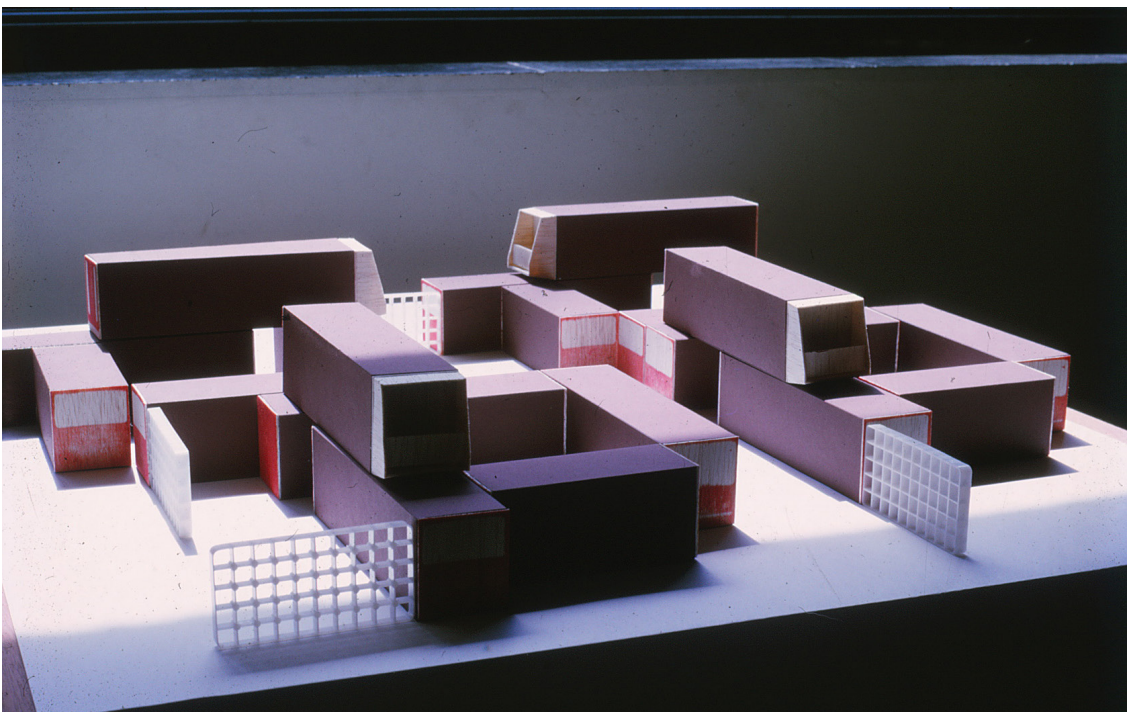
- A ELEMENT STANDARD TYPE A
- B ELEMENT STANDARD TYPE B
- C ELEMENT TYPE C
- D ANCHORAGE
- E CALCULATIONS OF RISE
- F FINISH
- G PORT - FINISH CONSIDERABLE
- H FRAME OF PACKING A RISE WITH PORT
- I FRAME OF PACKING A RISE
- J FRAME OF PACKING B RISE
- K ELEMENT OF PACKING (PERIPHERY 10 CM)
- L ELEMENT OF PACKING (PERIPHERY 10 CM)
- M ELEMENT OF PACKING (PERIPHERY 10 CM)
- N FRAME OF SEALING
- O FRAME OF SEALING
- P FRAME OF SEALING
- Q FRAME OF SEALING
- R FRAME OF SEALING
- S FRAME OF SEALING
- T FRAME OF SEALING
- W ELEMENT STANDARD TYPE A

VUE AXONOMETRIQUE  
 echelle 1/50

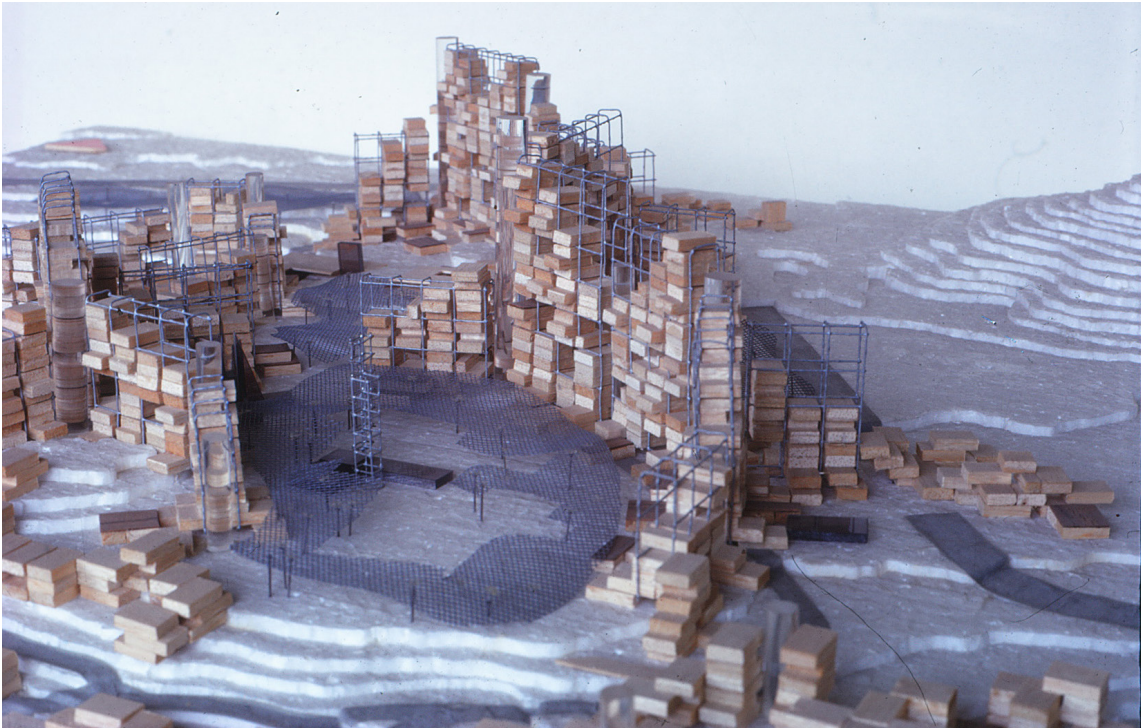
Fig. 22



*Fig. 23 : Maquette d'appartements en volumes modulaires.*



*Fig. 24 : Maisons individuelles en volumes modulaires groupées.*



*Fig. 25 : Quartier de ville composé de bâtiments à appartements et de maisons individuelles en volumes modulaires.*

Par contre en 1968, sur la recommandation du professeur Roger Dantinne, j'ai été consulté par un ingénieur de la Société générale de Belgique (S.G.B.). Celle-ci voyait aussi dans un système de construction révolutionnaire une possibilité pour un déploiement nouveau de certaines industries métallurgiques dont elle détenait les portefeuilles financiers. La S.G.B. a donc décidé de me confier une étude sur la base du projet que j'avais présenté au concours de la C.E.C.A. <sup>4,5</sup>

C'est ainsi que le 18 juin 1968 un contrat fut signé par Messieurs Dubuisson et Englebert, représentants la S.G.B. et par Messieurs Dubuisson et Englebert, représentants l'Université de Liège et ce respectivement au nom du Syndicat pour l'industrialisation du bâtiment (S.I.B.) et au nom du Centre de recherches d'architecture et d'urbanisme (C.R.A.U.), tous deux créés entretemps.

La coïncidence des noms des personnalités signataires qui était fortuite, ne pouvait selon moi qu'être porteuse de chance et c'est donc dans un très grand enthousiasme que l'étude du procédé baptisé S.I.B.-C.R.A.U. a démarré.

Durant quatre années, onze personnes, ingénieurs, architectes, dessinateurs ont travaillé sous ma direction au sein du C.R.A.U. et sous le contrôle mensuel du S.I.B.

Les laboratoires de stabilité du professeur Massonnet et de chauffage et conditionnement d'air du professeur Burnay furent associés à notre recherche. De même, il fut fait appel au laboratoire incendie de Maizières-lez-Metz pour les essais de résistance au feu.

Le procédé élaboré à partir de mon idée de « volumes modulaires » fut couvert par plusieurs brevets.

Au cours de l'année 1971, un prototype fut construit sur un terrain de la firme Cockerill à Chertal. Il fut habité durant l'année 1972 par un couple avec deux enfants qui eut pour mission de porter des jugements sur les performances et l'utilisation de la maison. Par ailleurs, le prototype fut soumis à une série de mesures techniques, gérées par les organismes compétents, tels que le C.S.T.C. par exemple.

Malheureusement, à la fin de l'année 1972, tous les essais étant terminés, et bien que tous ceux-ci aient révélé la justesse des propositions, la S.G.B. mit fin au contrat<sup>6</sup>.

Comme celui de Palm et Vander Meeren et comme beaucoup d'autres à l'étranger, le procédé SIB-CRAU, qui portait cependant beaucoup d'espoirs, fut abandonné. Aucune raison n'a été donnée. Plusieurs études en Belgique et à l'étranger ont été menées par des spécialistes des études de marché. Aucune d'entre-elles n'a formulé des remarques critiques que ce soient madame Nelly Schmitz en Belgique ou Monsieur Henri Provisor en France, expliquant le pourquoi des rejets<sup>7,8</sup>.

En fonction des termes du contrat, l'Université devenait dès lors seule propriétaire du dossier, des nombreux brevets et même du prototype.

Avec l'administrateur de l'époque Henri Schlitz, nous avons envisagé le démontage, le déménagement et le remontage du prototype dans le domaine universitaire du Sart Tilman où il aurait pu abriter les bureaux du CRAU.

Il est certain qu'implanté là, le prototype aurait pu être montré à des industriels belges ou étranger, - il est tellement plus facile de convaincre en montrant qu'en expliquant -. Malheureusement à l'époque, « l'Interface » créée bien plus tard sous le rectorat du professeur Arthur Bodson, n'existait pas ; nous n'avions pas l'argent pour démonter la maison prototype, la transporter, la remonter et il était impossible pour l'Université de payer les redevances des brevets. Nous avons donc dû abandonner l'idée du déménagement et tous les dossiers ont été classés dans une armoire de ma Faculté.

Quant au prototype, il a été cédé à un club de sports qui ne l'a pas entretenu et même l'a démolé.

Mon équipe ayant été dissoute, je suis resté seul pour sauvegarder les dossiers et les plans. J'ai tenté de tirer parti des remarques formulées par les différents services ayant effectué des contrôles techniques et par la famille ayant habité la maison prototype et j'ai dressé de nouveaux plans pour les éléments de structure qui auraient pu être améliorés à l'occasion d'une deuxième réalisation expérimentale.

J'ai essayé également d'expliquer et de montrer en images le système que nous avons étudié, breveté et fabriqué, mais mon métier n'est pas de vendre, aussi n'ai-je jamais réussi à intéresser un industriel et des financiers à ce procédé dont je reste persuadé qu'il avait un avenir. Je pense même qu'il aurait pu prendre le relais de l'industrie automobile qui connaît aujourd'hui un essoufflement.

Comment faire quand on sait que Prouvé, Schein, Fuller, Dietz, Wachsmann et beaucoup d'autres comme Brandi n'ont pas eu plus de chance ?

# **DESCRIPTION DU PROCÉDÉ S.IB.- C.R.A.U.**

## **Première partie : conception et description du produit**

### **I. Options de départ**

1. Orientation de l'étude vers des solutions à mettre en oeuvre à moyen et long terme plutôt que vers des solutions devant permettre des réalisations industrielles immédiates.
2. Concentration de l'étude sur l'habitation avec possibilité de variante pour des écoles et autres bâtiments administratifs.
3. Utilisation de l'acier partout où il présente un avantage du point de vue de la qualité et/ou de l'économie sans pour cela rejeter à priori les autres matériaux.
4. Conception basée sur la cellule tridimensionnelle, qualifiée depuis de volume modulaire (VM).
5. Pour un confort et des équipements équivalents, le prix pour l'utilisateur doit être nettement inférieur à celui des solutions traditionnelles.

### **2. Options architecturales de base**

A. Division de l'habitation en volumes modulaires fermés juxtaposés ou superposés, parallèlement ou orthogonalement. Les VM sont complètement terminés en usine, parachèvement et équipements compris.

B. Chaque VM constitue un local autonome : climatisation indépendante, isolation acoustique par rapport au VM voisin sont des atouts importants.

C. Les parois verticales d'un VM sont constituées par des éléments interchangeables, panneaux pleins ou baies, de manière à :

- faciliter la conception de plans multiples ;
- permettre l'adaptation du logement aux besoins du ménage, évoluant au cours de sa vie.

### 3. Choix des dimensions des VM

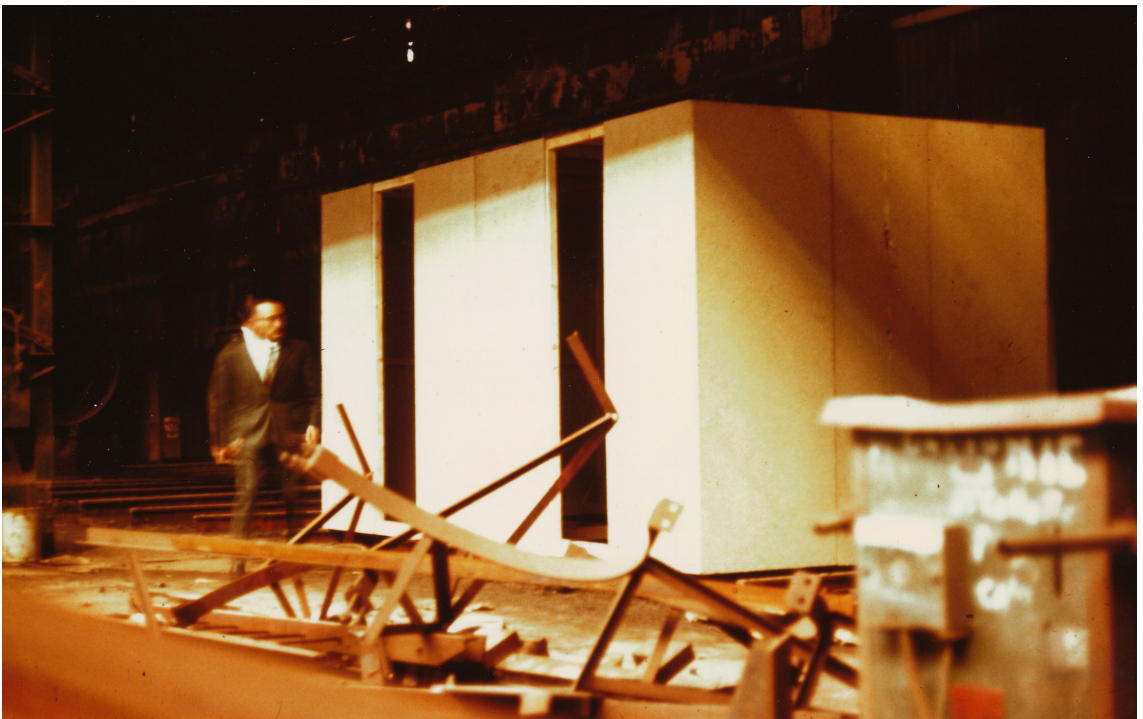
Maximum permis sans autorisations spéciales par les gabarits routiers et celui des voies ferrées :

largeur : 2,50 m

hauteur : 2,70 m

longueur : 12,00 m.

Après la construction d'une maquette en vraie grandeur, nous avons pu apprécier physiquement les dimensions intérieures d'un VM. Il est apparu que la largeur de 2,50 m n'était pas contraignante et permettait une utilisation rationnelle de l'espace, conduisant à une habitabilité confortable.



*Fig. 26 : Maquette en bois d'une VM en grandeur nature.*

La réalisation de la maison Urbany, 21, rue du Val-Benoît à Angleur, construite traditionnellement en 1961 confirmait d'ailleurs ces dimensions<sup>9</sup>. Elle aurait pu être faite de quatre VM, 2 à 2 superposés et juxtaposés puisque les dimensions extérieures de cette maison étaient : 5,00 m x 5,40 m x 11,00 m. Distinguée par le premier prix de la Province de Liège en 1962, son programme correspondait à celui d'une famille avec deux enfants.

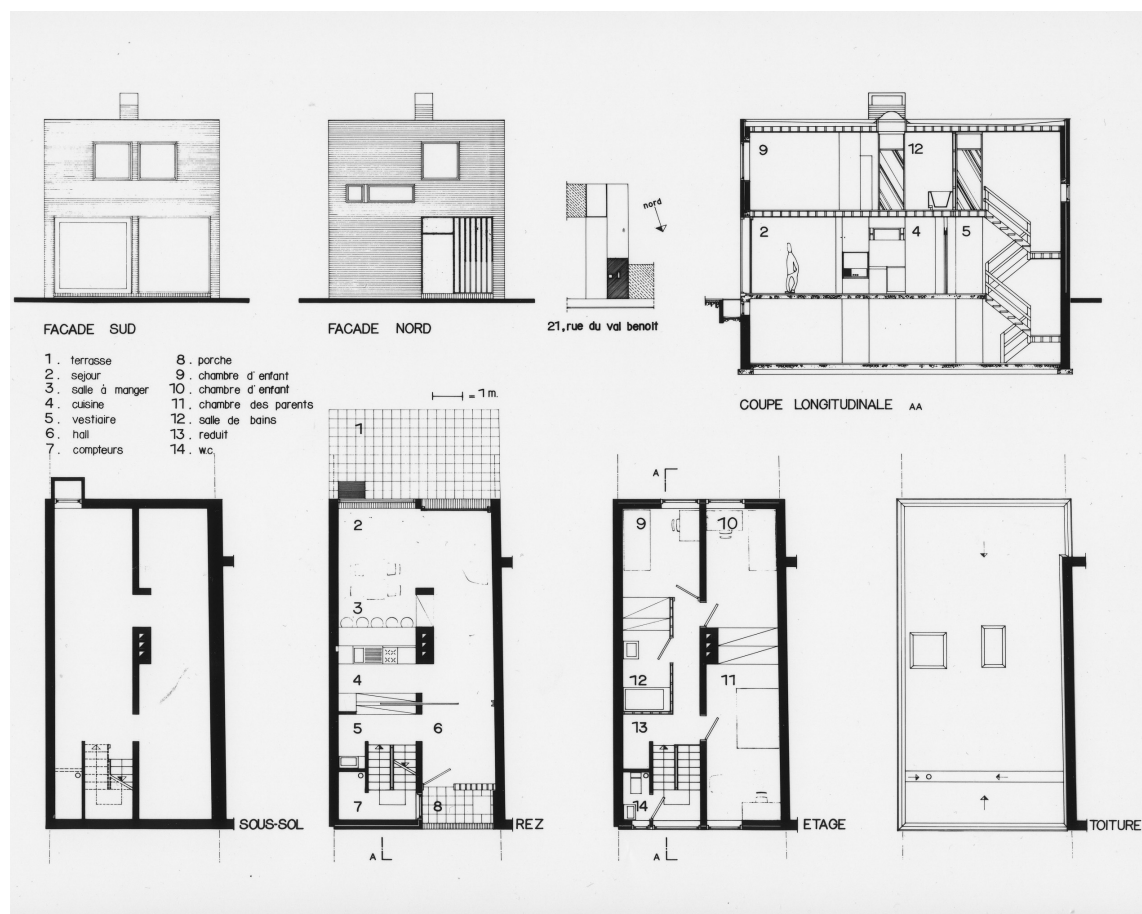


Fig. 27 : Plans, façades et coupe de la maison "Urbany".



*Fig. 28 : Maison Urbany, façade à rue.*



*Fig. 29 : Maison Urbany, façade vers jardin.*

#### **4. Définition des critères d'habitabilité et de confort**

Une étude exhaustive menée à l'aide d'une grille de questions relatives à la composition architectonique, à l'esthétique, au degré de liberté dans l'évolution du logement, aux dimensions du VM, aux matériaux, aux assemblages, aux niveaux d'isolation thermique et acoustique, aux installations sanitaires, au chauffage et à l'éclairage, aux équipements mobiliers, à la protection contre l'incendie, etc., a permis de faire la synthèse des impératifs à satisfaire tant sur le plan architectural que sur le plan technique.

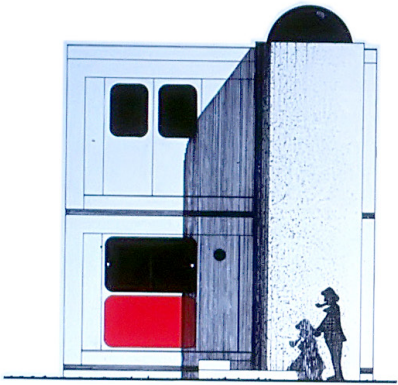
Des réponses à la grille en est résultée une première estimation de la durée de vie du VM et de ses composants ainsi que du prix auquel le logement devrait être vendu.

#### **5. Création de plans types tenant compte des acquis précédents**

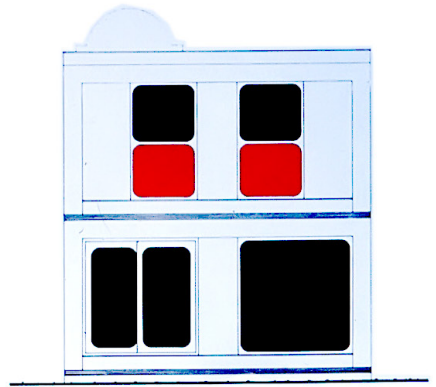
De nombreux plans ont été élaborés pour montrer qu'il était possible d'imaginer des habitations unifamiliales à un ou deux niveaux et qu'ils pouvaient s'adapter aux besoins de différentes couches de la population et de plusieurs compositions de ménages.

Il n'apparaît pas de limitation à la création de plans nouveaux toujours différents.

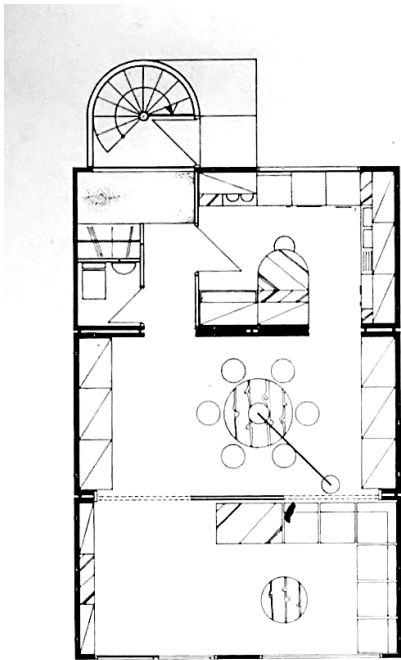
Ainsi, des immeubles d'habitation à appartements, à deux ou trois niveaux, avec deux, trois ou quatre chambres à coucher et des surfaces habitables variant de 50 à 200 m<sup>2</sup>, ou même davantage, des motels, des villages de vacances, etc., construits à même le sol ou intégrés dans des structures porteuses ont été proposées et admises par le Comité de direction du S.I.B.



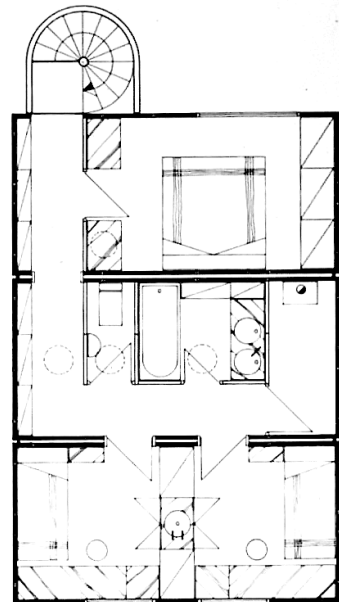
**crau**  
quel bannig, 5  
 4000 ilège  
 BL 1 043/52 01 80



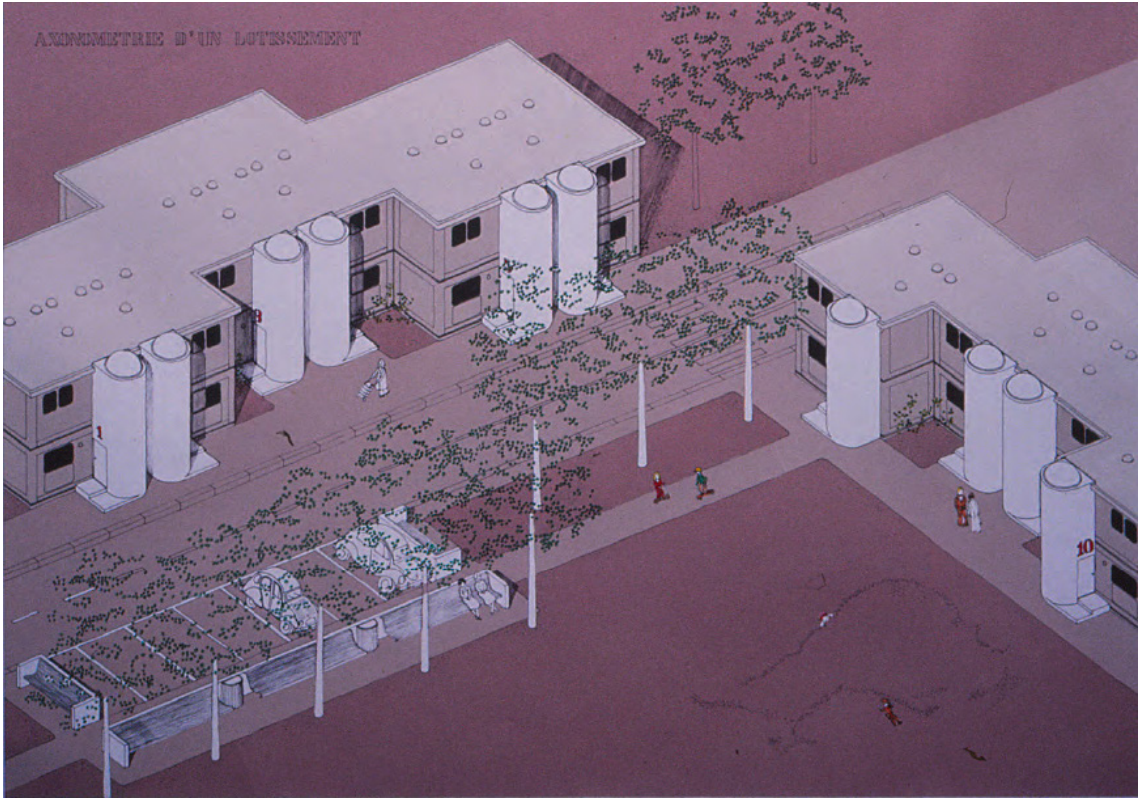
*Fig. 30 : Maison mitoyenne en VM, façades.*



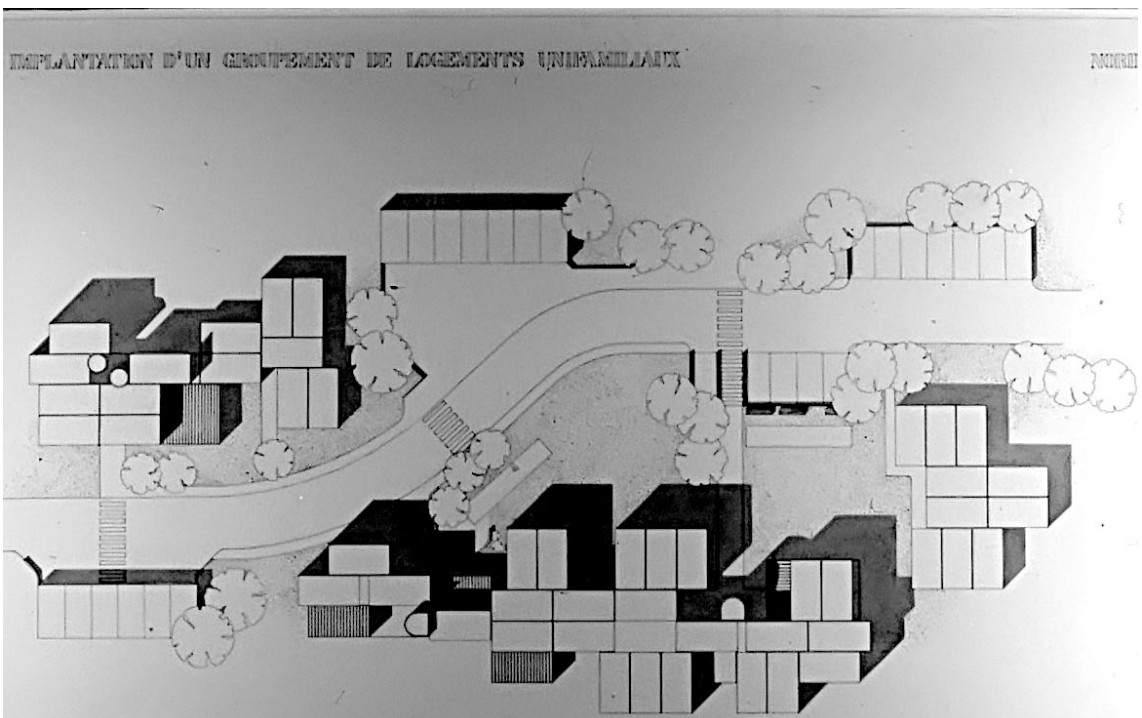
**crau**  
quel bannig, 5  
 4000 ilège  
 BL 1 043/52 01 80



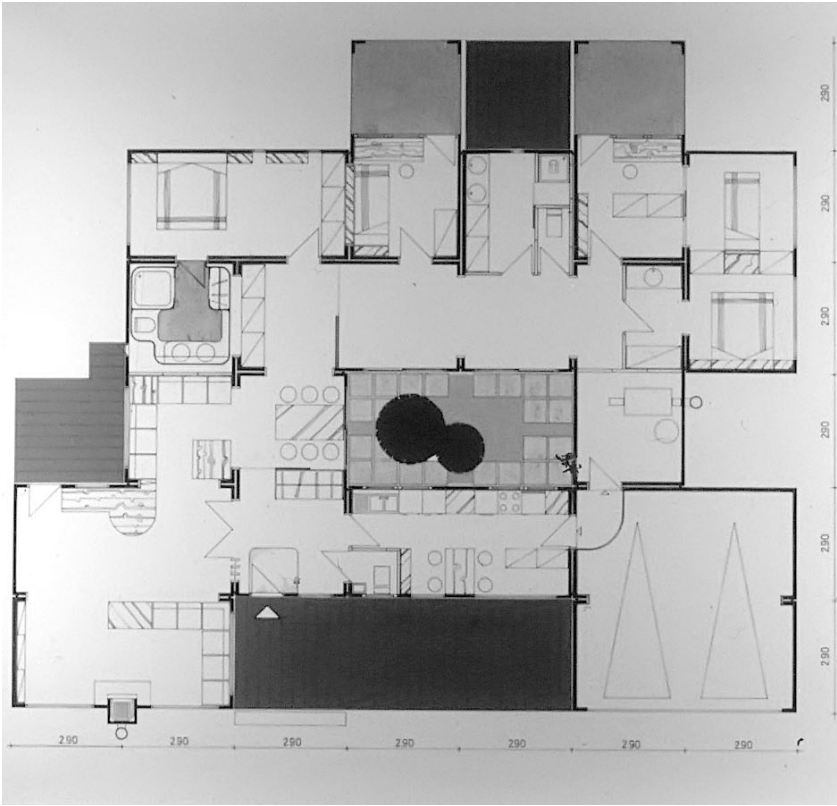
*Fig. 31 : Plans.*



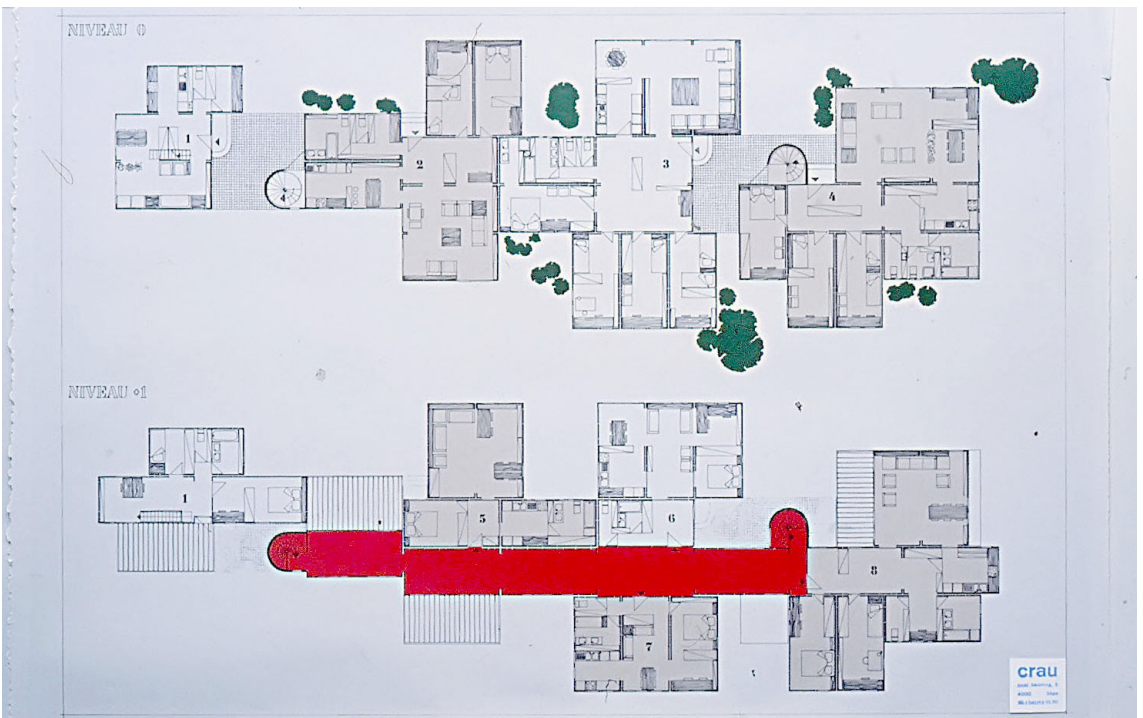
*Fig. 32 : Axonométrie d'un lotissement de maisons mitoyennes en VM.*



*Fig. 33 : Vue en plan de maisons mitoyennes groupées*



*Fig. 34 : Plan d'une maison individuelle en 12 VM + 2 demi VM.*



*Fig. 35 : Maisons individuelles groupées.*

## **6. Options d'aménagements intérieurs**

Une finition complète a été prévue avec différentes options quant à la nature des revêtements extérieurs et intérieurs.

De même, les équipements sanitaires ou électroménagers existants, de dimensions normalisées doivent pouvoir être incorporés dans les VM.

Une étude de marché déterminera dans quelle mesure le montant relatif à ces équipements fera partie du prix de base de vente du logement.

Un large choix à l'achat et une interchangeabilité au cours du temps devront être possibles.

L'interchangeabilité des équipements sanitaires et de cuisine est indispensable car l'évolution de l'équipement est plus rapide que celle du logement.

L'ameublement sera prévu et livré en même temps que les VM dans une certaine gamme de choix et probablement avec supplément de prix.

Les dimensions des meubles respectent la même modulation que celle des parois des VM, de manière à obtenir le meilleur rendement de la surface habitable.

Le Comité de direction estime que le Syndicat sera amené, au cours des travaux ultérieurs, à inclure l'équipement électroménager (cuisinière, frigo, lave-vaisselle, lessiveuse, séchoir ) dans le prix de base de vente du logement comme argument de compétitivité par rapport à la construction traditionnelle.

## **7. Chauffage et climatisation**

Le chauffage électrique est réalisé par la mise en température des parois, contrôlée et régulée de manière indépendante dans chaque VM. Ce type de chauffage permet d'éviter les gaines encombrantes et la pollution atmosphérique.

Le renouvellement de l'air par ventilation forcée avec préchauffage ou conditionnement de l'air nouveau est aussi régulé indépendamment dans chaque VM.

Une protection contre le rayonnement solaire au moyen de pare-soleil verticaux devant les parois extérieures et horizontaux sur le toit des VM exposés ainsi que des écrans mobiles devant les vitrages (côté extérieur) feront partie des équipements optionnels.

## **8. Energie**

La seule source d'énergie prévue est l'électricité.

A l'époque, aucune proposition de production d'énergie n'avait été envisagée.

Aujourd'hui, il est certain que des solutions comme celles installées dans le bâtiment appelé NEXT 21 à Osaka, feraient partie des préoccupations du Comité directeur du S.I.B.

## **Deuxième partie : étude technique générale**

### **1. Choix des matériaux**

Conformément aux options de départ, la recherche a visé l'utilisation de l'acier là où il se justifiait et ce, dans sa forme la plus élaborée, c'est-à-dire en tôles fines n'exigeant plus aucun travail de protection ou de décoration (galvanisées, pré peintes, plastifiées, etc.).

Pour réaliser un confort accru par rapport aux meilleures constructions existantes, une attention toute spéciale a été accordée aux conditions d'ambiance. Celles-ci sont déterminées en grande partie par la température des surfaces intérieures des parois. D'où, la nécessité d'un haut degré d'isolation thermique vis à vis de l'extérieur.

L'acier a donc été complété par des matériaux très isolants, légers et peu encombrants, ayant en outre, la propriété de participer au raidissement des tôles fines, et de pouvoir être formés après construction des espaces qui leur sont réservés. En première analyse, le choix s'est porté sur la mousse de polyuréthane.

La précision dimensionnelle de la construction en acier permet de juxtaposer les VM d'un logement avec des tolérances très faibles.

Néanmoins, l'objectif de l'élimination de tout travail d'ajustage nous a conduits à concevoir des éléments de jonction, dont la souplesse relative et l'élasticité, absorbent les petites différences d'espace, tout en réalisant l'étanchéité et l'insonorité des joints. Le matériau qui a paru le plus apte à jouer ce rôle est le néoprène, dont la stabilité dans le temps est bien connue.

## **2. Choix du type de conception**

Nous avons envisagé trois manières de réaliser un VM.

Les trois photos jointes parlent d'elles mêmes.

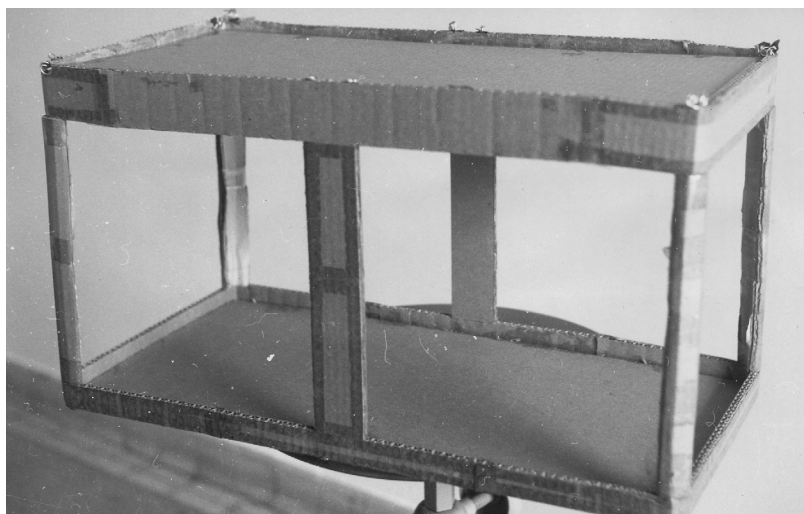
La troisième solution (Fig. 38) a été considérée comme la meilleure parce qu'elle permet :

- une grande aisance dans ou pour l'évolution du logement;
- un encombrement minimum des éléments;
- des assemblages faciles et une grande stabilité;
- une longueur développée minimale des joints par m<sup>2</sup> de surface intérieure d'un logement;
- une grande facilité de finition.

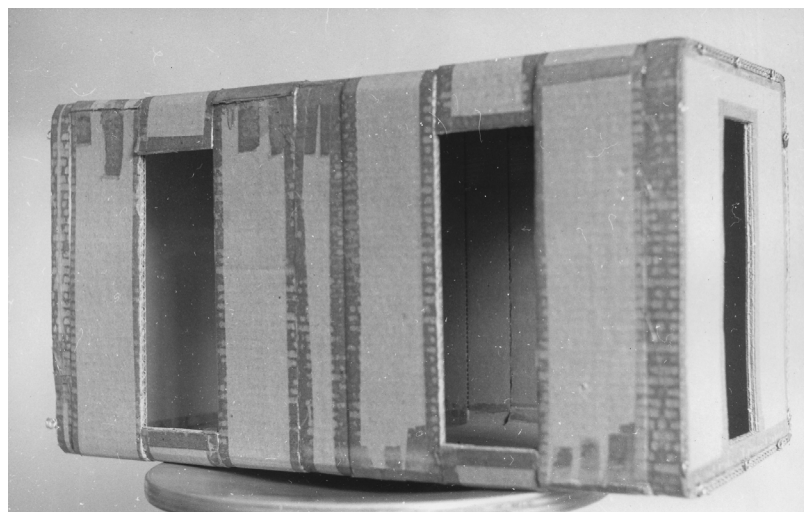
Pour ces raisons, on a donné priorité pour l'étude technique de détail à ce type de conception qui se résume à former le VM au moyen de quatre éléments deux à deux semblables, un plancher, une toiture ou plafond et deux boucliers, assemblés au moyen de 16 tiges filetées.

*Maquette en carton ondulé montrant les 3 manières de concevoir le VM.*

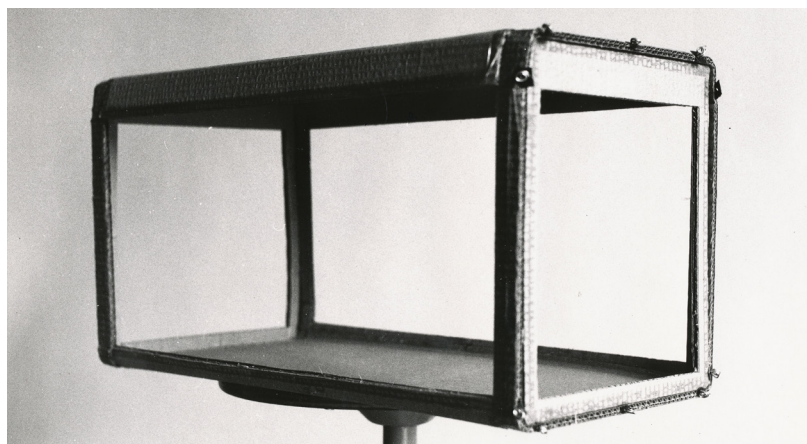
*Fig. 36 :  
Première manière*



*Fig. 37 :  
Deuxième manière*



*Fig. 38 :  
Troisième manière*



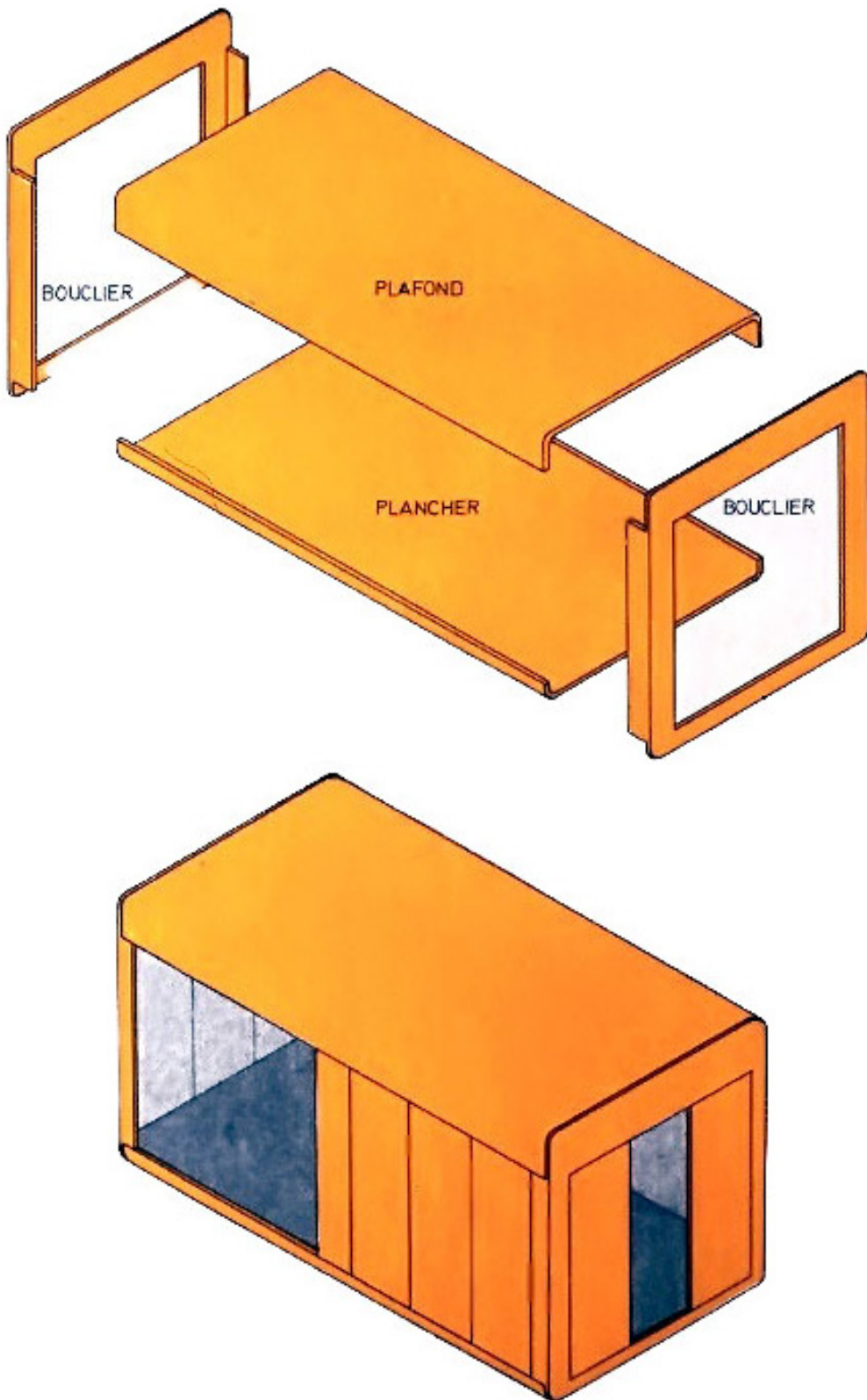
### **3. Choix de la conception sans ossature**

L'étude qui a été faite dès le démarrage de la phase architecturale, a montré que la reprise des forces par une ossature dont le remplissage est constitué de panneaux n'intervenant pas dans la résistance, conduit à des dimensions prohibitives pour cette ossature.

Dès l'instant où les panneaux de remplissage jouent un rôle résistant, une structure d'ossature n'ayant plus qu'un rôle de liaison, il était naturel que nous cherchions à nous en passer, d'autant plus qu'elle constitue presque toujours des ponts thermiques compromettant l'isolation générale.

Une deuxième étude a été menée pour mettre en évidence le fonctionnement des panneaux et éléments de coque comme ensemble résistant.

Les conclusions de cette étude sont tout à fait positives et elles nous ont permis de fixer notre choix sur la conception sans ossature.



*Fig. 39 : Éclaté des quatre éléments de base et leur assemblage, complété par des panneaux verticaux.*

#### 4. Décomposition et méthode d'assemblage

Les dimensions extérieures d'un VM étant fixées (longueur 5 m, largeur 2,50 m, hauteur 2,70 m), nous avons déterminé l'épaisseur des parois, sur base de leur isolation thermique et de leur résistance à la flexion. Cette épaisseur a été fixée à l'origine à 60 mm, comprenant deux tôles fines de 0,6 mm et un remplissage de mousse isolante, faisant corps avec les tôles.

Cette épaisseur était applicable à la toiture et aux parois latérales. Pour le plancher, il fallait qu'il soit de plus protégé contre le poinçonnement de charges concentrées. En outre, il était prudent de réserver quelques centimètres pour toute éventualité d'installation dans le plancher. Nous avons donc fixé l'épaisseur totale du plancher à 20 centimètres.

Il en résulte une hauteur libre sous plafond de 2,44 m.

La détermination de la hauteur des linteaux de toiture découle de la hauteur nécessaire aux baies de porte et d'intercommunication. Celle-ci a été choisie à 2,10 m, ce qui fixe le linteau à 40 cm.

Une première subdivision a été définie pour les panneaux latéraux. La face de 2,50 m se décomposant en  $20 + 70 + 70 + 70 + 20$  cm. La face de 5 m en  $20 + 3 \times 70 + 40 + 3 \times 70 + 20$  cm.

Les panneaux de 70 cm sont amovibles pour permettre la libre disposition des baies. Chaque panneau maintenu en place, concourt à la résistance de l'ensemble.

Divers modes d'assemblage ont été étudiés pour assurer la coopération entre panneaux et coques ; en particulier par couvre-joints vissés ou collés.

Le vissage peut être inesthétique et exige beaucoup de main d'œuvre. Quant au collage, il était en contradiction avec la possibilité de démonter et de changer des panneaux.

Le recherche s'est alors poursuivie dans le sens de l'assemblage sans saillies. Les organes d'assemblage doivent donc se trouver dans l'âme des panneaux. Il faut aussi que les renforts éventuels ne constituent pas des ponts thermiques.

Dans cet esprit, l'assemblage le plus rationnel est réalisé à l'aide de tiges métalliques placées à l'intérieur des sandwiches.

Des panneaux d'essai ont été fabriqués et les expériences ont été positives.

Un deuxième mode d'assemblage, utilisé conjointement avec le premier, consiste à placer des blochets en bois en bordure des éléments et de les assembler à l'aide de tiges filetées accessibles par la tranche des panneaux.

## **Troisième partie : technique de détail**

### **1. Panneaux d'essais**

Comme dit plus haut, des panneaux d'essai ont été réalisés. Leur fabrication a donné lieu à diverses constatations dont nous avons tiré profit pour les réalisations ultérieures :

- maintien des tôles dans les mandrins de moussage;
- étanchéité vis à vis des débordements de la mousse sur le mandrin;
- stabilité de l'assemblage entre tubes et tôles vis à vis des opérations de moussage;
- manipulations en vue du moussage : ouverture des coffrages, nettoyage, décapage, enduction d'adhésif, fermeture des coffrages.

Douze panneaux ont été réalisés, aux dimensions en largeur 600 mm, longueur 1000 mm, épaisseur 60 mm.

Les tôles de 0,6 mm d'épaisseur sont en acier galvanisé. Elles comportent un repli de 10 mm sur chacun de leurs grands côtés. La mousse de polyuréthane qui les assemble, présente une densité de  $65 \text{ kg/m}^3$  (constatation après moussage).

Huit de ces panneaux sont pourvus de cinq canaux situés au coeur de la mousse. Deux panneaux contiennent 20 tronçons de tubes carrés de 100 mm collés sur les tôles en correspondance avec 10 canaux : 5 le long de chaque tôle. Les deux derniers panneaux contiennent 10 tubes de 600 mm collés aux deux tôles : 5 de chaque côté.

Les essais effectués consistent dans la mise en compression à l'aide de tiges filetées enfilées dans les canaux et dont les forces sont réglées à l'aide de ressorts.

Les buts des essais effectués étaient de mesurer :

- le degré de coopération entre la mousse et les tôles et en particulier l'effet raidisseur de la mousse ;
- le bombage des sandwiches sous l'action d'une contrainte excentrée ;
- l'aptitude de la mousse à subir une compression directe sur tranche.

Les essais ont donné les résultats suivants :

● Coopération entre la mousse et les tôles

- une compression sur tranches de la mousse de 1430 kg fait apparaître dans le tiers central des tôles des tensions correspondant à une compression de 1200 kg.

● Effet raidisseur de la mousse

- en compression sur les tranches des tôles, celles-ci ont résisté à une force de 4280 kg correspondant à une tension de compression de  $3,5 \text{ kg/mm}^2$ , alors que, sans la mousse, ces tôles de 0,6 mm d'épaisseur ne pouvaient supporter aucune charge sans flamber.

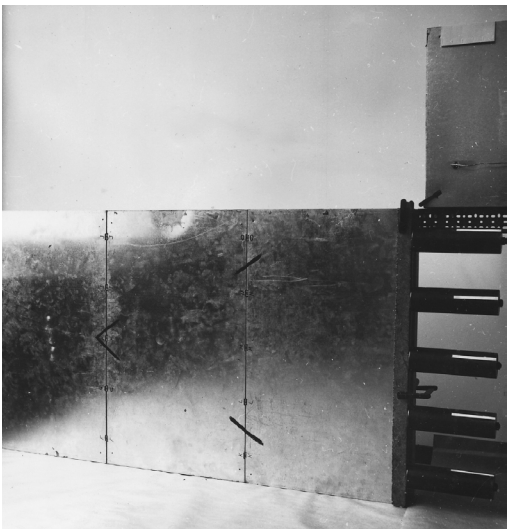
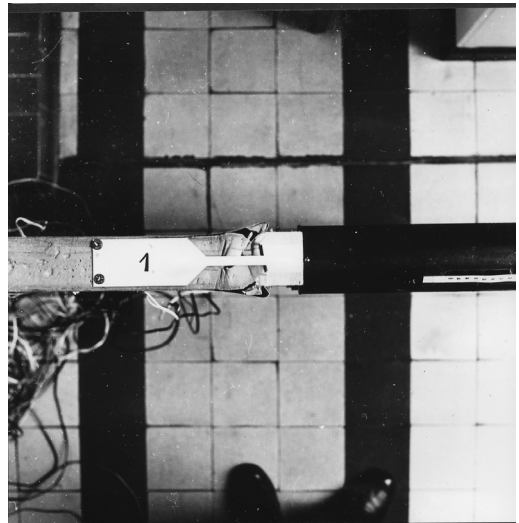
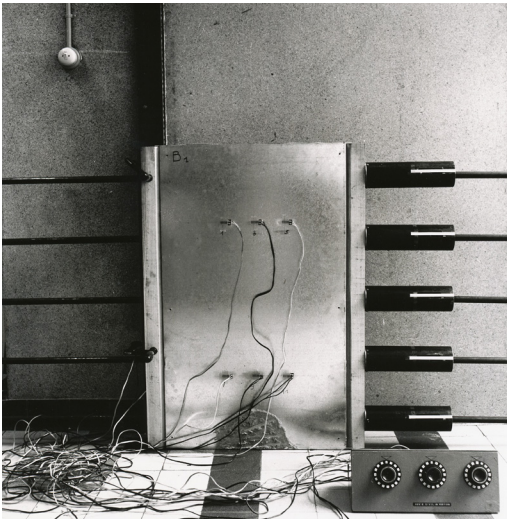
● Bombage des sandwiches sous l'action d'une contrainte excentrée  
Cet aspect a été examiné à l'aide des sandwiches à tubes collés aux tôles.

Un premier essai sur panneau à tubes incomplets sollicités dans l'axe des tubes d'une face seulement a échoué par le lâchage des tubes. Le procédé des tubes incomplets s'est donc avéré inadéquat. Il a été examiné afin de vérifier si nous pourrions faire l'économie d'une partie de la matière des tubes. Les deux panneaux à tubes complets ont été assemblés bout à bout et sollicités jusqu'à 5220 kg dans le plan des tubes d'une face. Il n'y a eu aucune défaillance ni bombage malgré une différence de contrainte de  $2,7 \text{ kg/mm}^2$  entre les deux faces, et bien que les tensions de deux tubes aient dû passer par la tôle pour rejoindre les appuis des tubes voisins.

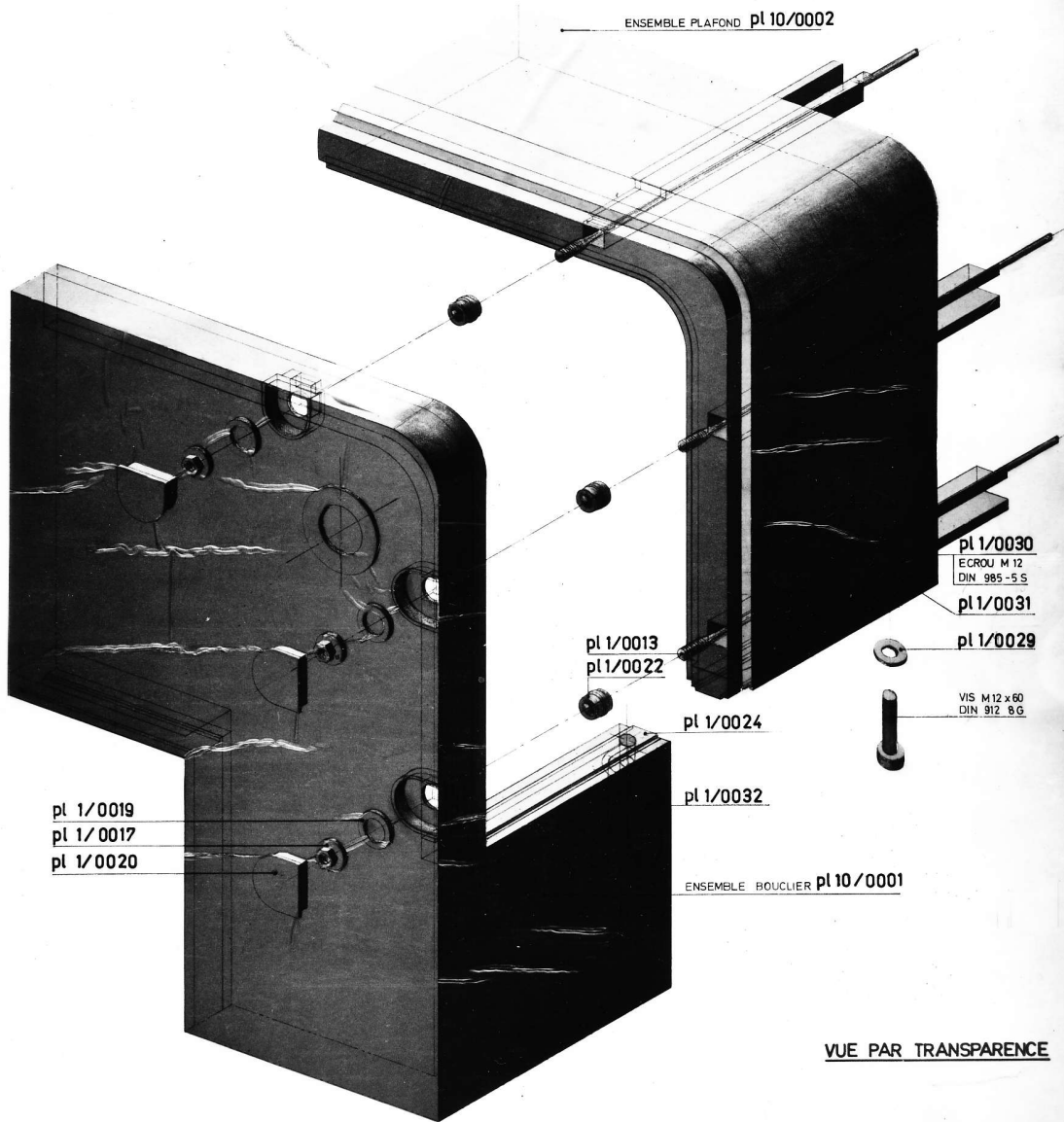
Aptitude de la mousse à subir une compression directe sur tranche

Sur la surface des 600 cm<sup>2</sup> de la tranche, la mousse a résisté durant 15 heures à une force de 1325 kg, soit plus de 2 kg/cm<sup>2</sup>. Son enfoncement sous cette charge est inférieur à 3 mm.

Ces essais sur panneaux échantillons ont été suivis par des épreuves destinées à vérifier les calculs à la flexion et à mesurer la capacité de résistance et de raideur d'un panneau en torsion.



*Fig. 40, 41, 42 : Essais élémentaires de compression dans l'axe des panneaux pour vérifier la qualité et la résistance de l'assemblage mousse - tôle.*



VUE PAR TRANSPARENCE

CRAUSIB	DESIGNATION		
	LOGEMENT INDUSTRIALISE		
	ASSEMBLAGE DU PLAFOND AVEC LE BOUCLIER.		
	N° CDE	ECH. 1/25	DATE 14-11-66
	N° ORDRE	N° PLAN	
MATIERE			
NOMERE	4/0001		

Fig. 43 : Détails de l'assemblage de l'élément plafond au bouclier

## **2. Dessins constructifs et fabrication des différents éléments**

Ces dessins ont été conduits parallèlement à la fabrication des panneaux d'essai et des différents éléments constituant les V.M. : panneaux de toiture, panneaux de plancher, boucliers et tous les panneaux de fermeture pleins, vitrés, fixes ou mobiles.

Ils ont été établis de telle manière que les résultats des essais ne puissent pas compromettre le thème adopté.

Ainsi, tous les assemblages ont été conçus sans faire appel à la compression directe sur la mousse. Les assemblages principaux se font acier sur acier et les assemblages des panneaux dans les ouvertures comportent des renforts d'appui en bois dur collés aux deux tôles des sandwiches.

Les dimensions ont été revues en fonction des nécessités de résistance d'une part, et de l'espace requis pour les joints entre VM d'autre part.

Pour la résistance, les dimensions des montants d'angle ont été portées à 28 cm.

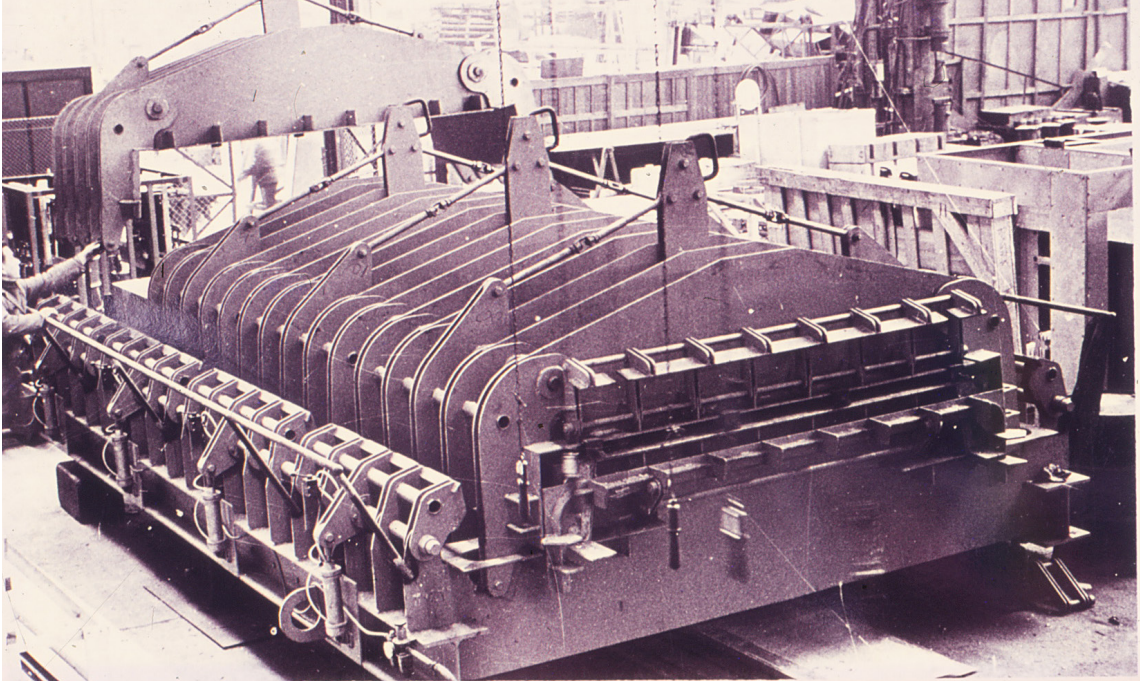
Les joints entre VM occupent 40 mm, ce qui impose une longueur de 5,04 m au lieu de 5 m.

En conséquence, les dimensions des panneaux deviennent :

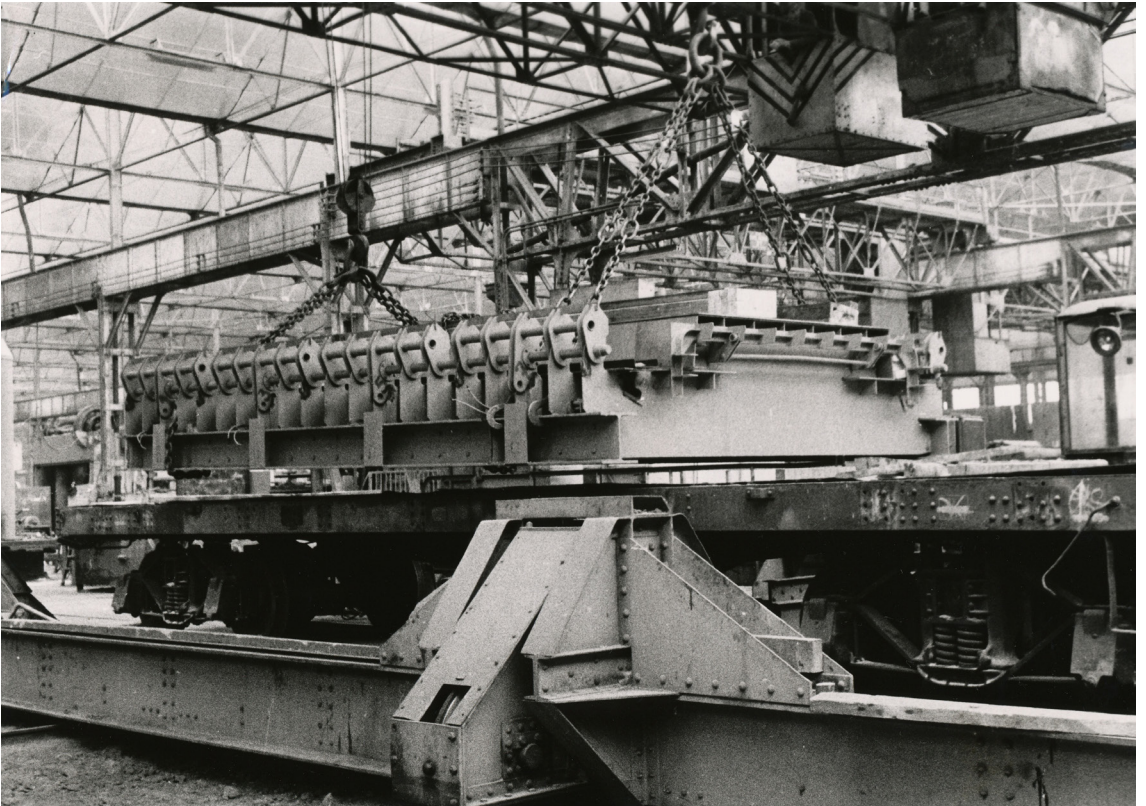
- 60 cm pour le panneau formant pilier central dans les côtés longs;
- 194 cm pour chaque grande baie tant dans les parois d'extrémité (boucliers) que dans les côtés longs. Cette largeur de 194 cm est divisée en trois emplacements pour panneau de 638,6 mm compte tenu d'une gorge de 6 mm contenant les portées d'assemblage et obturée par des joints autobloquants en néoprène.

## **3. Éléments toiture et plancher**

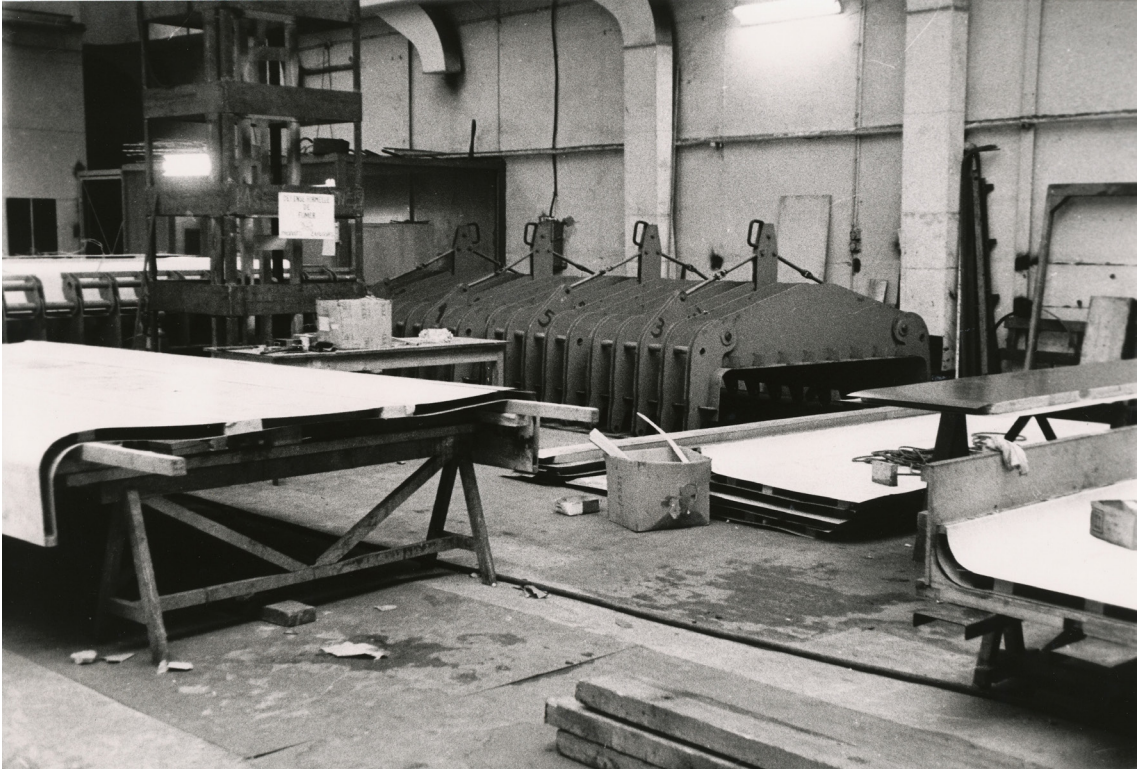
La fabrication de ces deux types d'éléments a nécessité la réalisation d'un moule en acier baptisé « conformateur », capable de cintrer les tôles et de les maintenir en place durant le moussage alors que la pression exercée par la mousse est très grande.



*Fig. 44 : vue du conformateur, mise en place du 4ème élément. Latéralement, on distingue les 4 pistons hydrauliques assurant la fermeture des quatre éléments.*



*Fig. 45 : Mise en place du conformateur.*



*Fig. 46 : Dernières étapes de la fabrication des éléments plafond ou plancher.*



*Fig. 47 : vue des tôles cintrées.*

#### **4. Parois d'extrémité ou boucliers**

Lors de la décision donnant priorité au type 3, il a été convenu que les parois d'extrémité seraient conçues de telle manière que l'on puisse y assembler éventuellement une loggia ou un balcon. Dans cet esprit, ce bouclier peut être conçu comme un élément plan contenant éventuellement une âme résistante enrobée d'un matériau de synthèse assurant l'isolation thermique. Il est apparu qu'un tel panneau plan devrait contenir une épaisseur importante d'acier, ou bien, avoir une épaisseur totale beaucoup supérieure aux 60 mm souhaités.

Nous avons donc compensé le manque de rigidité d'un panneau plan de faible épaisseur par deux retours s'intercalant entre le linteau de toiture et le bord du plancher. Ces retours ont une largeur de 28 cm complétant ainsi deux montants d'angle solidaires de chaque bouclier.

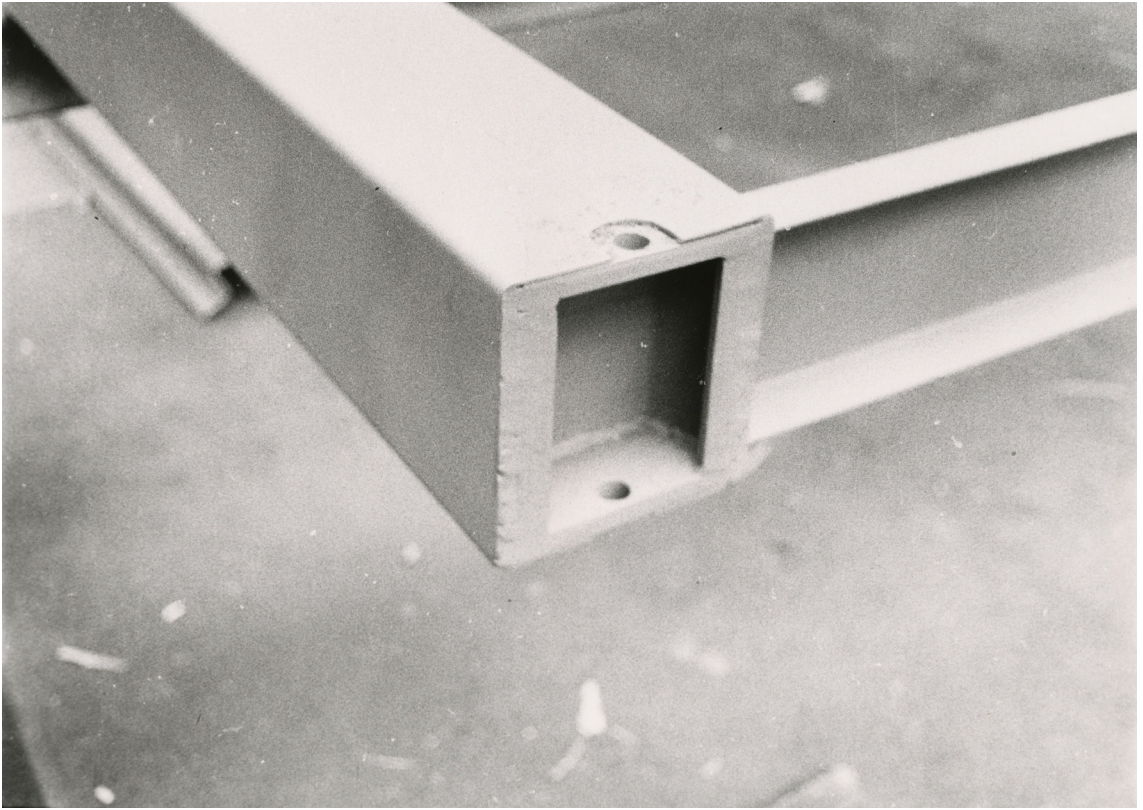
#### **5. Rails**

Les boucliers constituent les plans de résistance assurant la transmission des charges verticales provenant de la superposition éventuelle de trois VM.

A cet effet, chaque VM repose sur un châssis en forme de cadre soutenant le plancher sur toute sa longueur et reportant les charges sur les boucliers du VM inférieur sans solliciter le plafond.

Ces châssis sont indépendants du VM. Leur réglage sur la fondation est facile. Le VM y est ensuite posé facilement grâce aux deux glissières dont il est pourvu.

C'est ce mode de mise en place par glissement qui permet le remplacement d'un VM dans un édifice déjà constitué, moyennant un équipement simple approprié, opération particulièrement intéressante pour le remplacement d'un VM technique.



*Fig. 48 : vue d'un angle d'un châssis soutenant le plancher.*

## **6. Assemblage des éléments toiture et plancher aux deux boucliers**

La tôle inférieure du plafond et celle du plancher sont complétées par de petits profils oméga disposés dans le sens de la longueur et formant les logements de tirants à bouts filetés. Ceux-ci débouchent au travers de petites culasses solidaires de la tôle extérieure des boucliers. Des écrous, noyés dans de légers enfoncements de la tôle, terminent l'assemblage.

La justification des tirants se trouve dans la suppression des renforts d'extrémité qu'exigeraient des assemblages en bout de plafond et de plancher. Ces renforts eux-mêmes, pour ne pas former des ponts thermiques, devraient être attachés aux tôles externes seules et constitueraient autant de bras de levier sollicitant les tôles par flexion.

Les tirants suppriment tout effet de flexion, tout en sauvegardant l'isolation thermique. Enfin leurs extrémités acceptent sans difficulté les fixations d'une loggia ou d'un balcon éventuel.

En conjugaison avec l'action des tirants, les deux retours de chaque bouclier sont assemblés rigidement avec les linteaux d'une part et les bords du plancher d'autre part. Pour ces assemblages, les tranches libres des retours contiennent dans le haut et le bas des accès à un organe fileté pressant l'un contre l'autre deux renforts en bois dur, solidaires respectivement du retour du bouclier et du linteau ou du plancher.

La toiture, le plancher et les deux boucliers ainsi assemblés forment un ensemble stable et permettent déjà une manutention aisée. Ainsi appuyé sur le bord inférieur d'un bouclier, l'ensemble résiste sans déformations à des inclinaisons jusqu'à 45°.

Voir à nouveau Fig. 39 et 43

## **7. Montage des panneaux, portes et fenêtres**

Les bords horizontaux des panneaux, de même que le bord des linteaux et du plancher sont munis de renforts en bois dur collés aux deux tôles du sandwich. Des organes filetés accessibles par les tranches libres des panneaux assurent le serrage contre les linteaux et le plancher. L'absence de panneaux dans une face longue correspond à l'utilisation de la baie ainsi libérée comme passage sans porte ni fenêtre.

Lorsqu'une porte et/ou une baie vitrée sont prévues, la face contient au moins le panneau central de 60 cm de largeur.

Chaque baie de 1,94 m située à droite et à gauche de ce montant central, et existant aussi dans chaque bouclier ( si elle n'est pas fermée par trois panneaux de 63,86 cm ou si elle ne reste pas entièrement ouverte) peut être occupée de diverses manières :

- ou bien par une cloison accordéon;
- ou bien par une porte de 63,86 cm complétée par deux panneaux de 63,86 cm;
- ou bien par une fenêtre fixe ou mobile et deux panneaux de 63,86 cm;

- ou bien par une porte de 91 cm et une fenêtre fixe ou mobile de 91 cm, complétée chacune par un montant de 6 cm;
- ou bien par deux fenêtres fixes ou mobiles de 91 cm séparées par un montant de 7 cm;
- ou bien par une fenêtre fixe de 1,94 cm.

Les fenêtres sont à double vitre.

Si elles sont fixes, elles sont maintenues en place par un joint à clef en néoprène prenant directement sur les tranches de la vitre et des sandwiches.

Si elles sont mobiles, elles sont bordées par un U en PVC collé et pivotent autour de leur axe vertical à l'intérieur d'un encadrement en profil néoprène à languettes se mariant avec des rainures du U en PVC.

La conception des portes est en principe identique à celle des panneaux et leur rotation assurée par une charnière en matériau de synthèse agissant par sa propre flexibilité.

## **8. Joints et attelages entre VM**

Si deux faces longues sont placées en regard, l'une des faces est munie d'un profil tubulaire en néoprène formant un cadre rectangulaire de 4,80 x 2,46 m. Son placement est aisé car l'air contenu dans le tube a été extrait et après le placement du deuxième VM, l'air y est réintroduit.

Entre deux faces courtes ou entre une demi face longue et une face courte, le cadre en néoprène mesure 2,26 x 2,46 m.

Les baies ouvertes d'une cabine à l'autre sont, en outre, bordées par un profil néoprène s'emboîtant en U sur chaque tranche de sandwich et possédant une membrane intermédiaire couvrant l'espace de 4 cm existant entre les VM. Ce profil est fixé par le pincement des U assisté par un léger collage.

La stabilité de la juxtaposition et de la superposition des VM est assistée d'après les besoins par de petits tendeurs s'attelant sur les boucliers.

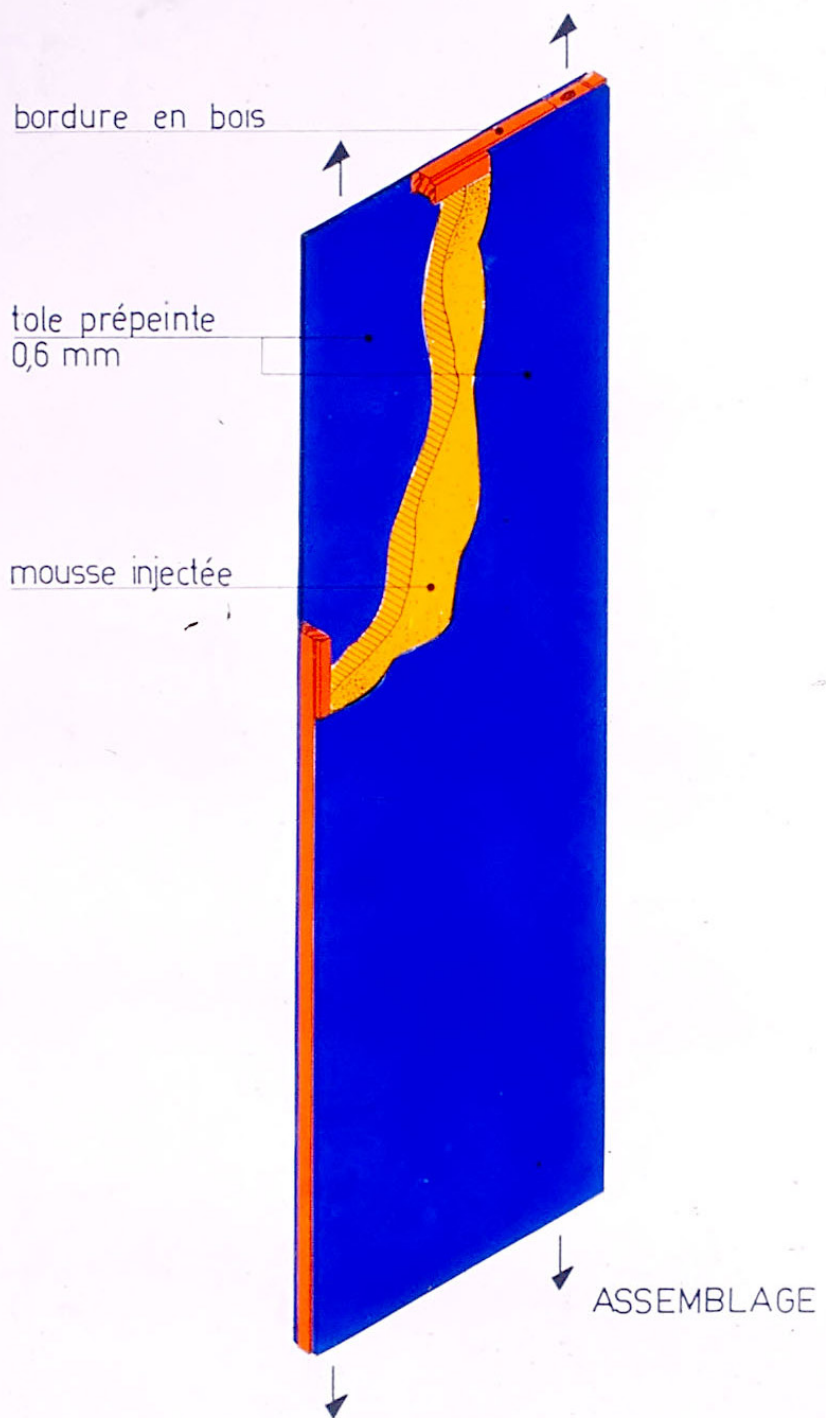
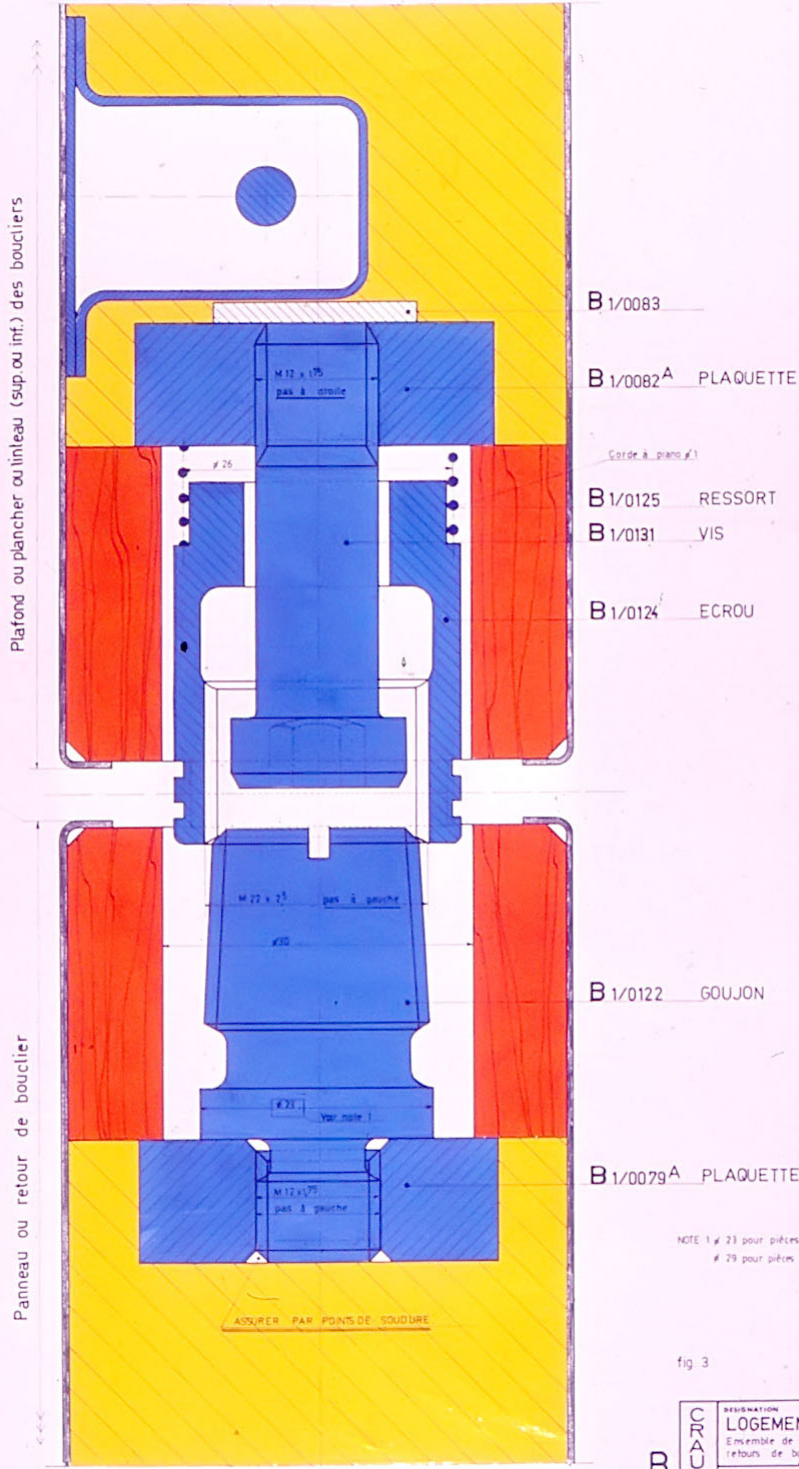


Fig.49 : dessin montrant le détail d'un panneau standard.



CRAUSIER	DESIGNATION		
	LOGEMENT INDUSTRIAL		
	Ensemble de vissage des panneaux et rebords de bouclier		
	N° CDS	REV. 4/1	DATE 88
N° DADA	N° PLAN		
MATIERE			4/0033

18-L71 Ce plan annule et remplace le plan 10/0005

Fig. 50 : plan de détail du système de fixation d'un panneau standard avec l'élément plancher ou plafond.

## 9. Chauffage

La réalisation d'une température confortable met en jeu plusieurs facteurs qu'on a coutume de ramener à deux :

- la température moyenne des surfaces internes du logement ;
- la température moyenne de l'air intérieur supposé calme.

Une cote d'environ 50% est attribuée à chacun de ces deux termes pour former la température moyenne résultante.

Cette formation est cependant trop simplifiée. En effet des températures de surface de 10°C et de l'air à 30°C donnent une résultante de 20°C, alors que la sensation est nettement inconfortable.

Il est en effet connu que le corps humain perd beaucoup plus de calories par rayonnement que par convection. C'est ce qui explique la sensation de froid d'une pièce où brûle un bon feu, mais dont les surfaces de parois sont à basse température.

L'idéal consiste donc dans la réalisation d'une température des surfaces de parois comprise entre 20 et 25°C et d'une température de l'air de 17 à 20°C.

Or les systèmes traditionnels sont tous basés sur l'apport des calories par l'air. Une source de chaleur échauffe cet air et l'effet « thermo siphon » le transporte dans le local. Il s'y refroidit le long des surfaces froides et retourne à la source de chaleur.

Il en résulte :

- un mouvement d'air froid dans le bas du local ;
- un réchauffement lent des surfaces qui n'atteignent leur température idéale qu'au moment où l'air a largement dépassé la sienne ;
- à aucun moment, l'air du local n'est calme, la sensation des courants d'air étant toujours ressentie dans les zones basses où ils sont les plus désagréables ;
- ajoutons le maintien en suspension de la poussière, qui sous les effets électrostatiques, se fixe sur toutes les surfaces.

A côté de la réalisation d'une température confortable, il y a l'impératif de l'économie en calories, c'est-à-dire de l'isolation thermique mesuré par le coefficient de déperdition.

Or dans notre cas, ce coefficient moyen pour l'ensemble des surfaces est inférieur à 0,5 kcal/m<sup>2</sup>.

Ces bases étant posées, notre objectif est de contrôler directement les températures des diverses surfaces pouvant recevoir une source de chaleur et de contrôler séparément la température de l'air en même temps que son taux de renouvellement.

Ce renouvellement dépend :

- de l'occupation des locaux ;
- des besoins d'évacuation de vapeurs ou d'odeurs.

L'économie des calories étant ainsi poussée au maximum, le chauffage électrique devient compétitif et apporte sa simplicité d'installation et de fonctionnement.

Des trames chauffantes existant dans le commerce, sont incorporées dans les éléments sandwichs où elles sont collées directement derrière et sur la tôle intérieure.

Chaque trame contient son propre interrupteur thermostatique.

Ceux-ci ont été choisis pour leurs qualités - fiabilité et petitesse - dans la gamme des interrupteurs thermostatiques équipant les chauffe-biberons.

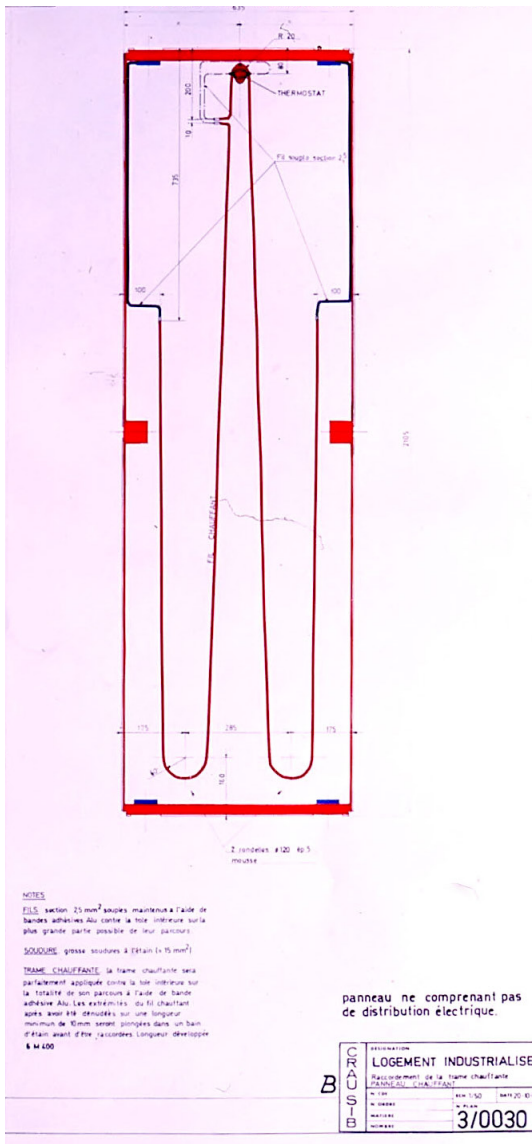


Fig. 51

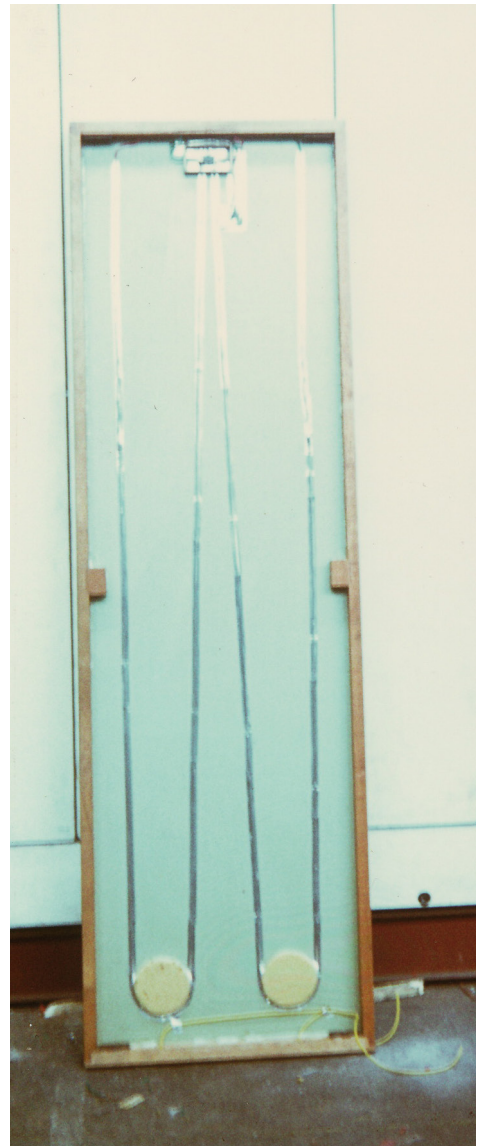


Fig. 52

Fig. 51 : plan de détail du circuit électrique chauffant et du petit thermostat d'un panneau.

Fig. 52 : vue d'un panneau ouvert et de son réseau « fil chauffant avec thermostat » avant fermeture et moussage.



*Fig. 53 & 54 : les ingénieurs Fassotte et Pringiers s'affairent à la réalisation d'un panneau d'essai pour la mise en température de la tôle intérieure.*

## 10. Ventilation

Un bloc central de ventilation n'est pas applicable car il exige des gaines de distribution et de reprise, dont le placement dans les planchers et surtout le passage d'un plancher dans l'autre serait délicat et onéreux.

Nous avons donc décidé que dans chaque VM, un panneau spécial de chauffage et de ventilation serait incorporé dans une des parois verticales. Ce panneau, dont les dimensions en largeur et hauteur sont identiques à celles des panneaux standards, comporte deux ventilateurs, un pour expulser l'air et un pour amener de l'air neuf. Un échange de calories et d'humidité entre l'air sortant et l'air entrant est réalisé grâce à une paroi perméable aux deux facteurs. Les ventilateurs sont commandés par des thermostats préréglés et la trame chauffante par un thermostat réglable.

En dehors des grands froids, l'aération libre est possible par l'ouverture des fenêtres.

D'autre part, les équipements techniques possèdent une gaine d'évacuation de l'air vicié, branchée sur une cheminée commune aux VM techniques éventuellement superposés. Un ventilateur propre à chaque VM active cette évacuation en cas de besoin. Des valves élastiques empêchent cette surpression de rejeter de l'air vicié dans les autres VM branchés sur la même cheminée.

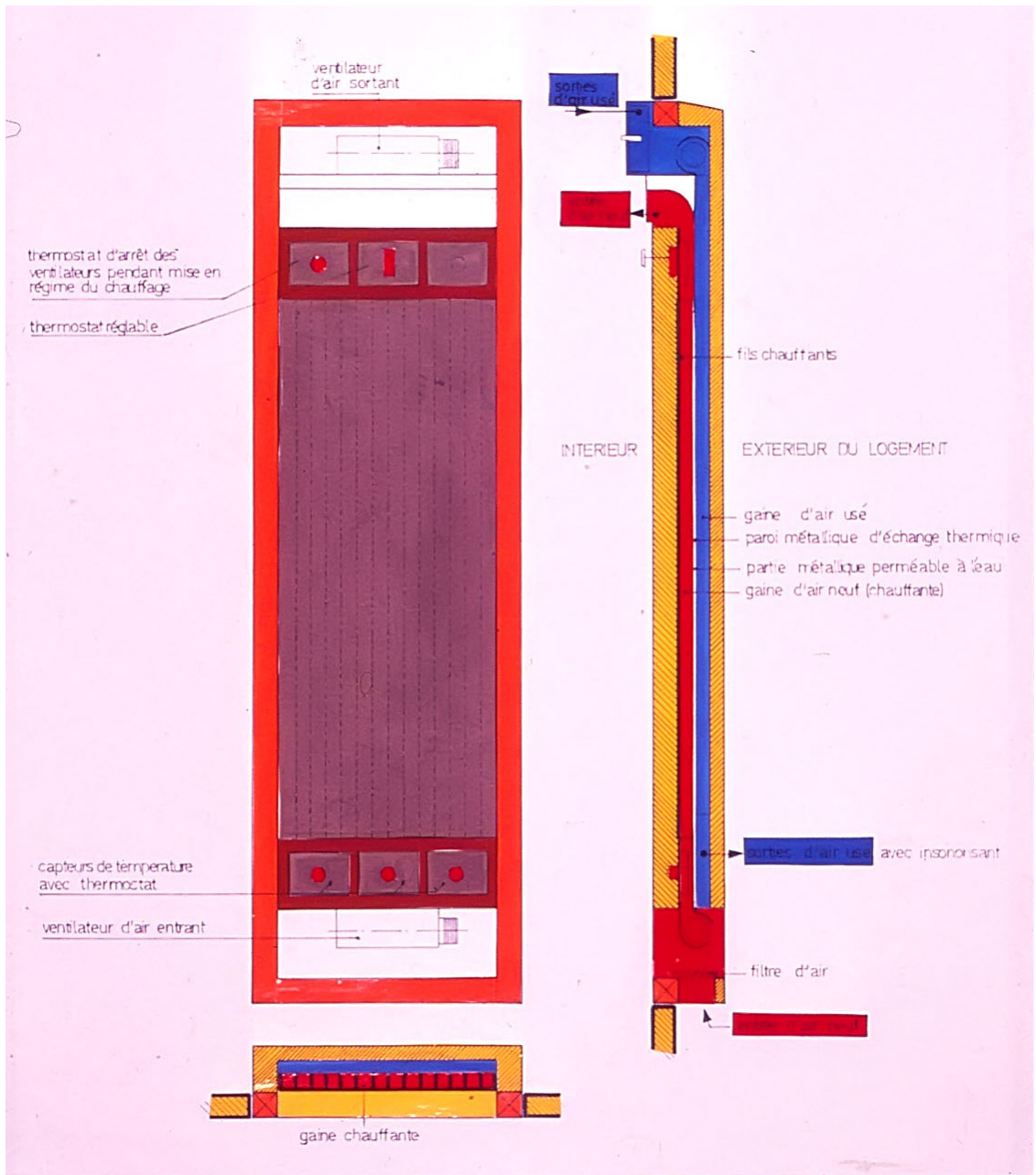
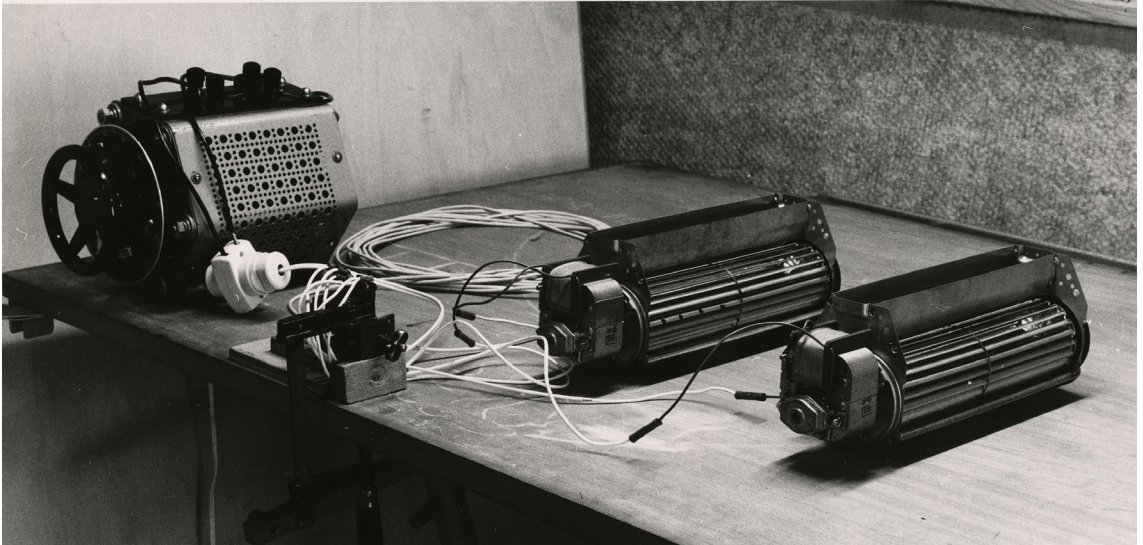
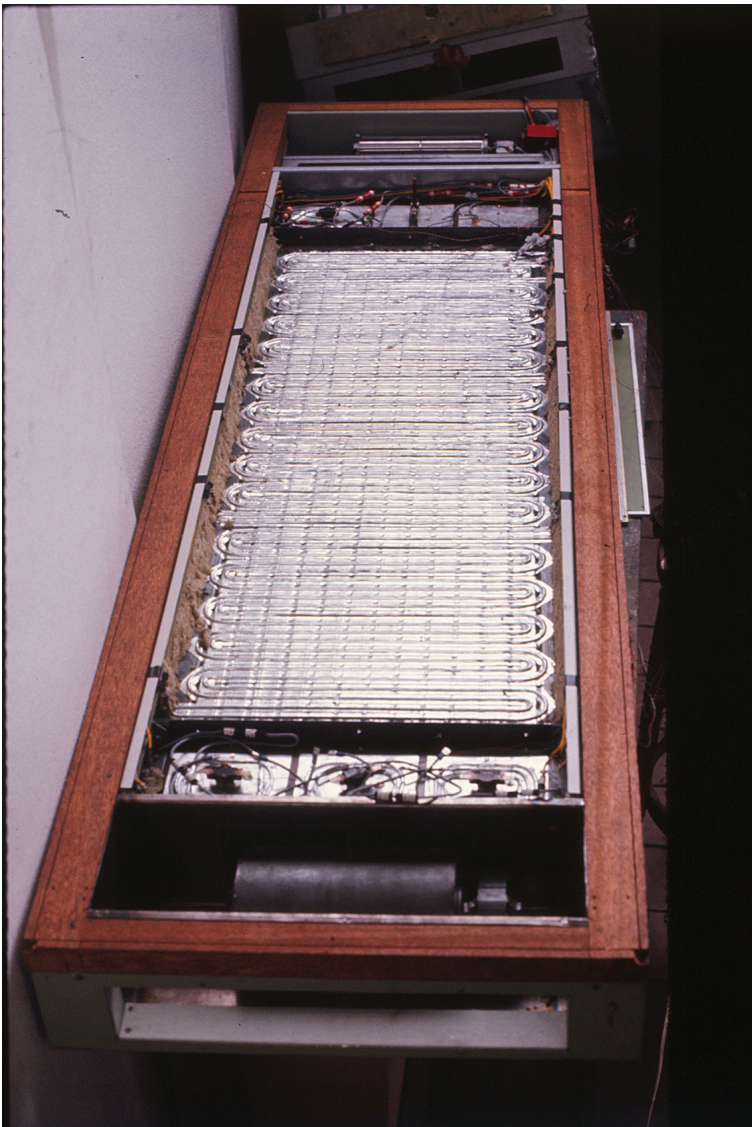


Fig. 55 : plan et coupes d'un panneau chauffant-ventilant.



*Fig. 56 : ventilateurs aspirant ou refoulant.*



*Fig. 57 : panneau chauffant-ventilant dont le capot est enlevé pour montrer l'intérieur.*

## **11. Eclairage**

Un éclairage par feuilles luminescentes a été envisagé, mais les spécialistes n'en poussent pas la mise au point actuellement. Néanmoins, un développement est fort possible et pourrait un jour être intéressant, étant donnée la conception des VM SIB-CRAU. En attendant, nous avons prévu la fixation aux plafonds de rails creux contenant les conducteurs et auxquels il est facile de raccorder ou de suspendre des appareils d'éclairage selon les besoins des utilisateurs.

## **12. Cuisine**

Elle contient tous les équipements contemporains: évier, cuisinière, fours, hotte, lave-vaisselle, frigo, armoires et chauffe-eau.

## **13. Salle de bains**

Selon les besoins du logement, on peut trouver, douche, baignoire, lavabos, WC, etc.

## **14. Eau alimentaire et eaux usées ainsi que câblage électrique**

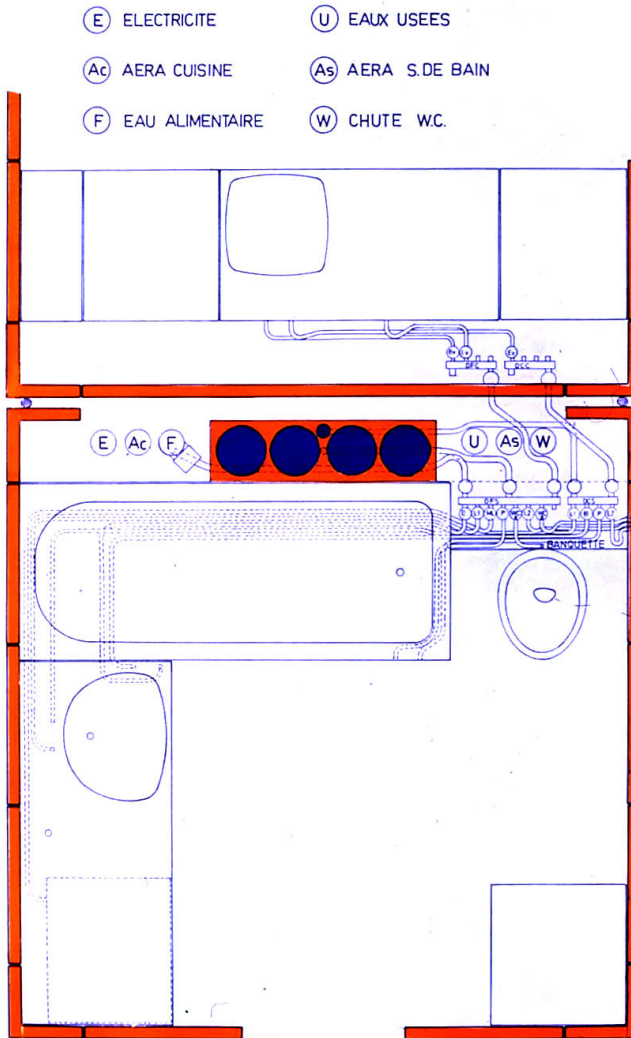
La cloison de chaque VM technique contient outre la cheminée de ventilation, une colonne d'évacuation des eaux usées de diamètre correspondant à celui des sorties de WC.

L'idée un moment retenue d'un broyeur permettant le branchement du WC sur des conduites de petite section, a été abandonnée en raison du coût de ce broyeur vis à vis du faible coût d'une conduite de forte section.

La cloison contient aussi une colonne d'arrivée d'eau froide, ainsi que le câble général d'énergie électrique.

En raison de l'indépendance mutuelle des VM, chaque VM technique possède son compteur à eau et son compteur électrique. Une trappe pratiquée dans le plancher du VM technique permet l'accès aux raccords des diverses colonnes.

Outre les colonnes, la cloison contient les tuyauteries et câblages permettant le raccordement aisé des appareils avec une certaine liberté quant à leur emplacement.



*Fig. 58 : plan d'un demi VM et des divers raccordements cuisine-salle de bain.*

## **Quatrième partie : la maison prototype**

### **1. Plan**

La décision de construire une maison prototype a été prise dès le début des études sur un terrain appartenant à la firme Cockerill. Le CRAU en a défini le plan en tenant compte d'une famille comportant les parents et deux enfants.

Elle comporte 8 VM et un demi VM qui abrite les connexions techniques entre la salle de bains et la cuisine.

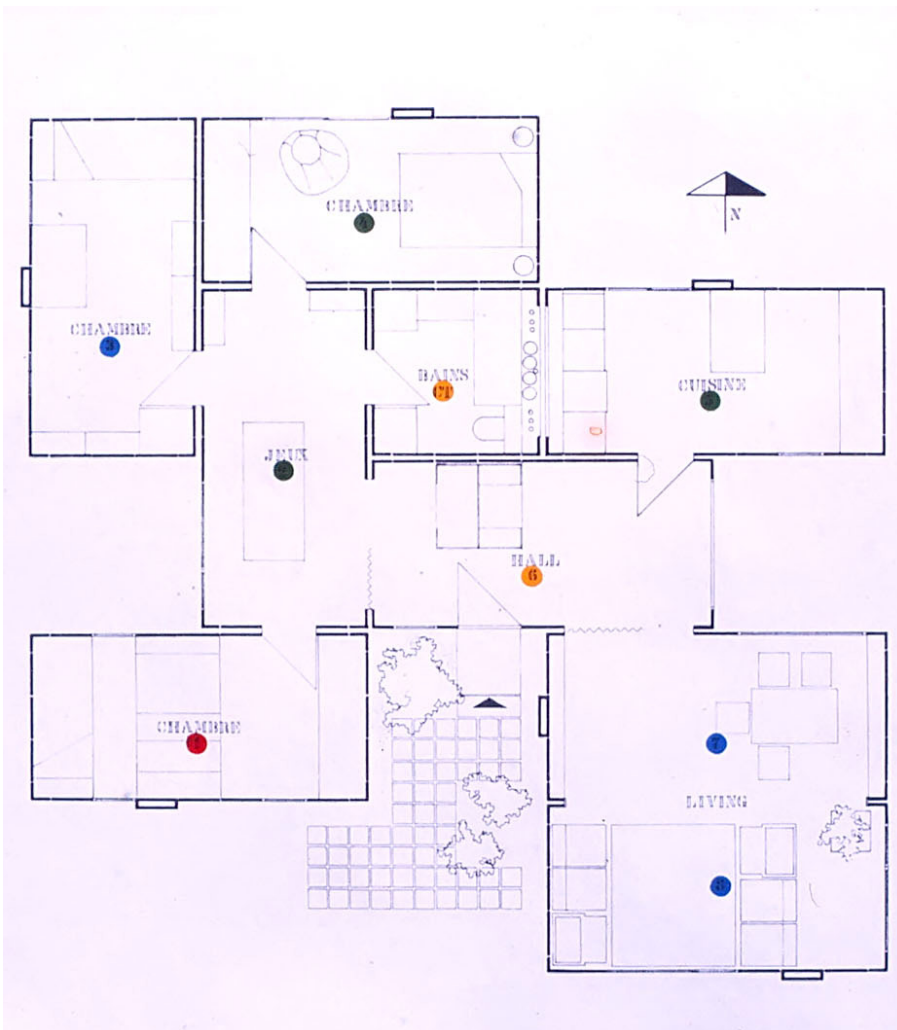
Le premier VM sert de hall d'entrée et comporte un vestiaire.

Il donne accès à la cuisine établie dans un VM et à l'ensemble salon, salle à manger qui compte deux VM.

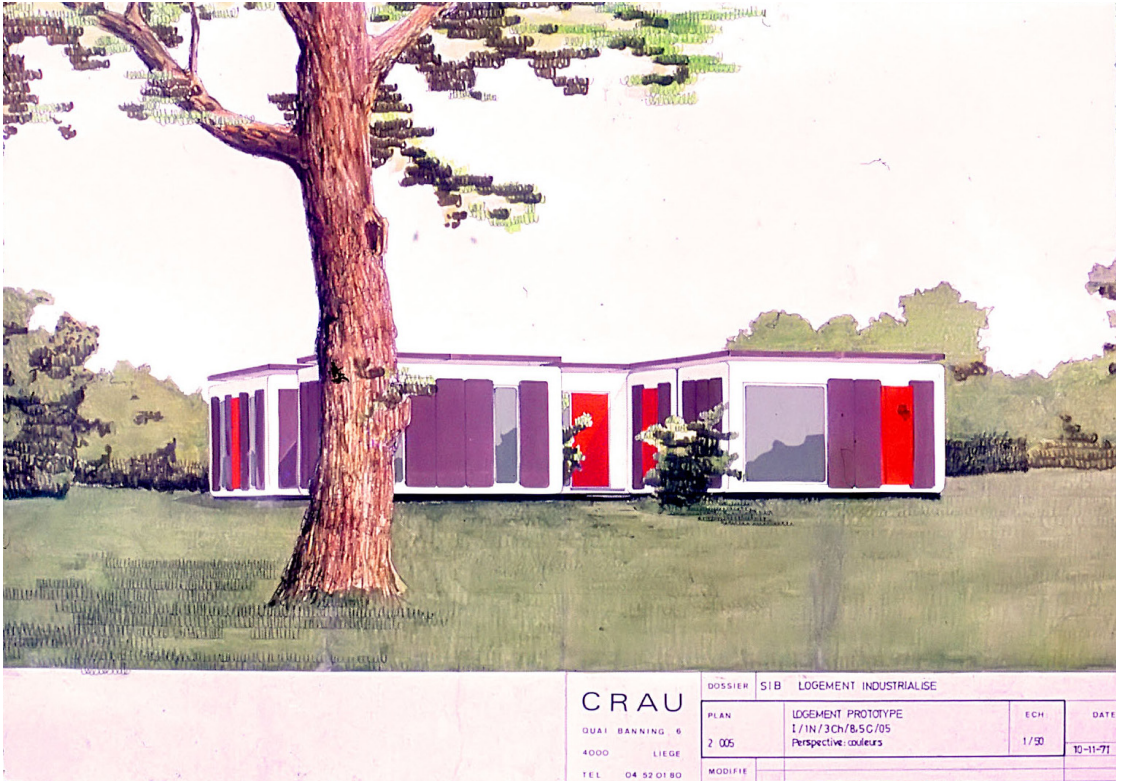
Du hall d'entrée, on accède à un autre VM appelé hall de nuit, sur lequel sont connectés les trois VM pour chacune des chambres et le demi VM pour la salle de bains.

Le CRAU responsable du mobilier, a conçu les meubles du hall d'entrée, de la chambre des parents et d'une chambre d'enfant. Ces meubles sont réalisés en « mdf » laqué gris et jaune vif pour la chambre du jeune enfant.

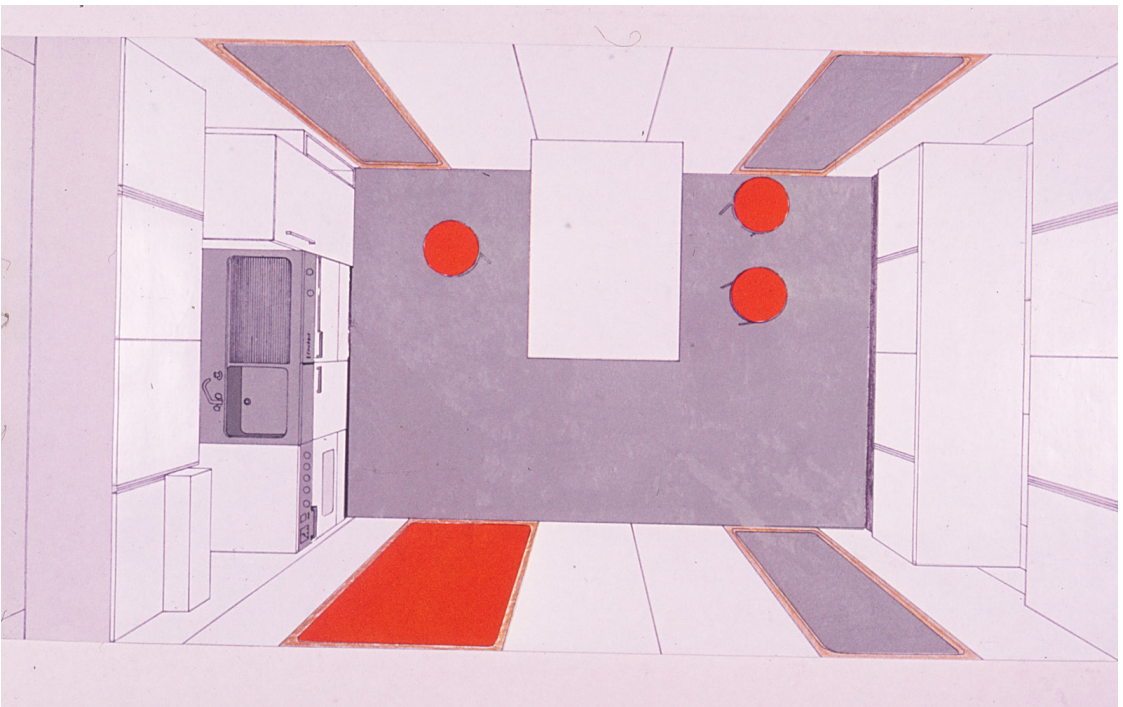
Pour les autres pièces, nous avons essayé d'équilibrer les dépenses en achetant des meubles de collection contemporaine et d'autres très bons marchés ou à prix peu élevés.



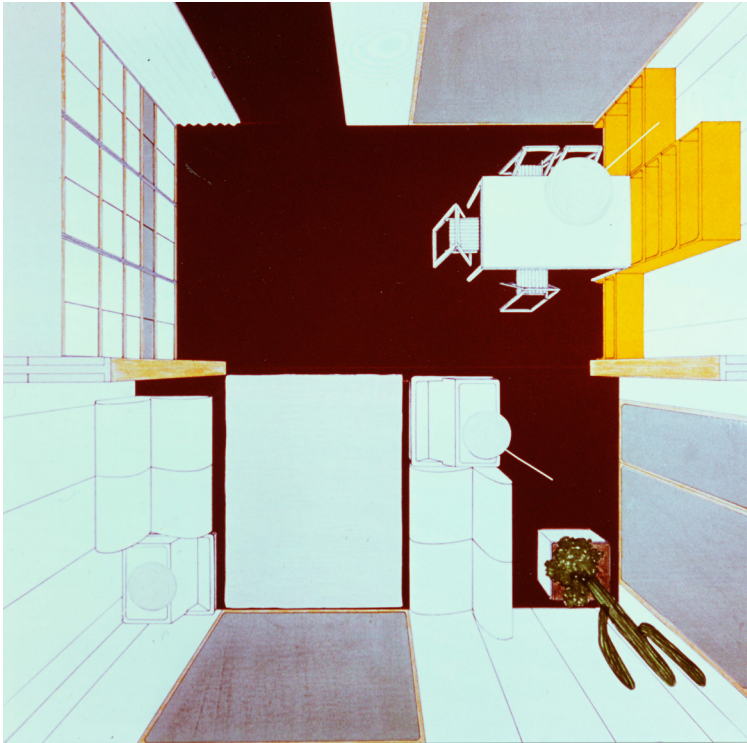
*Fig. 59 : plan de la maison prototype comprenant huit VM et un demi VM.*



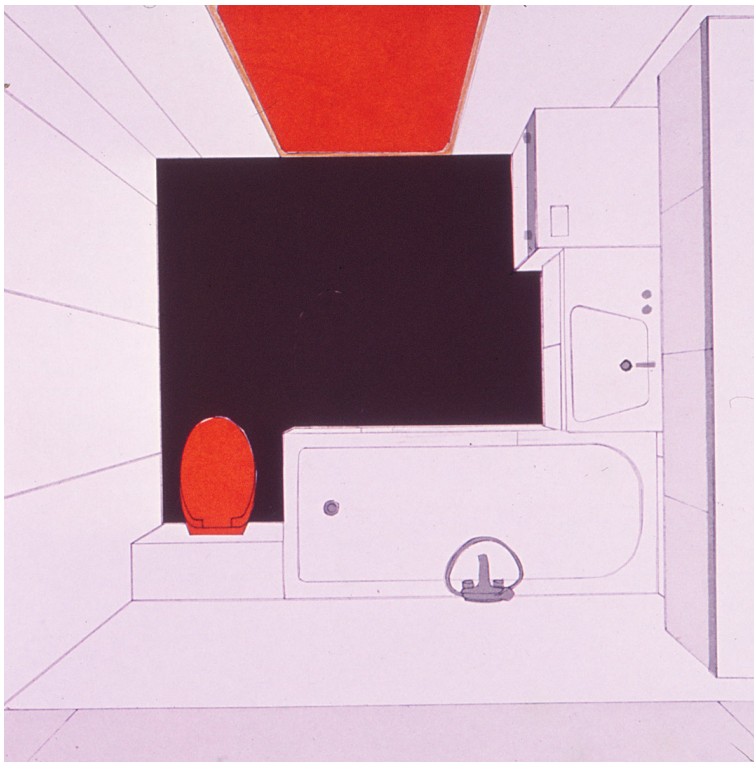
*Fig. 60 : vue de la maison prototype dans son site.*



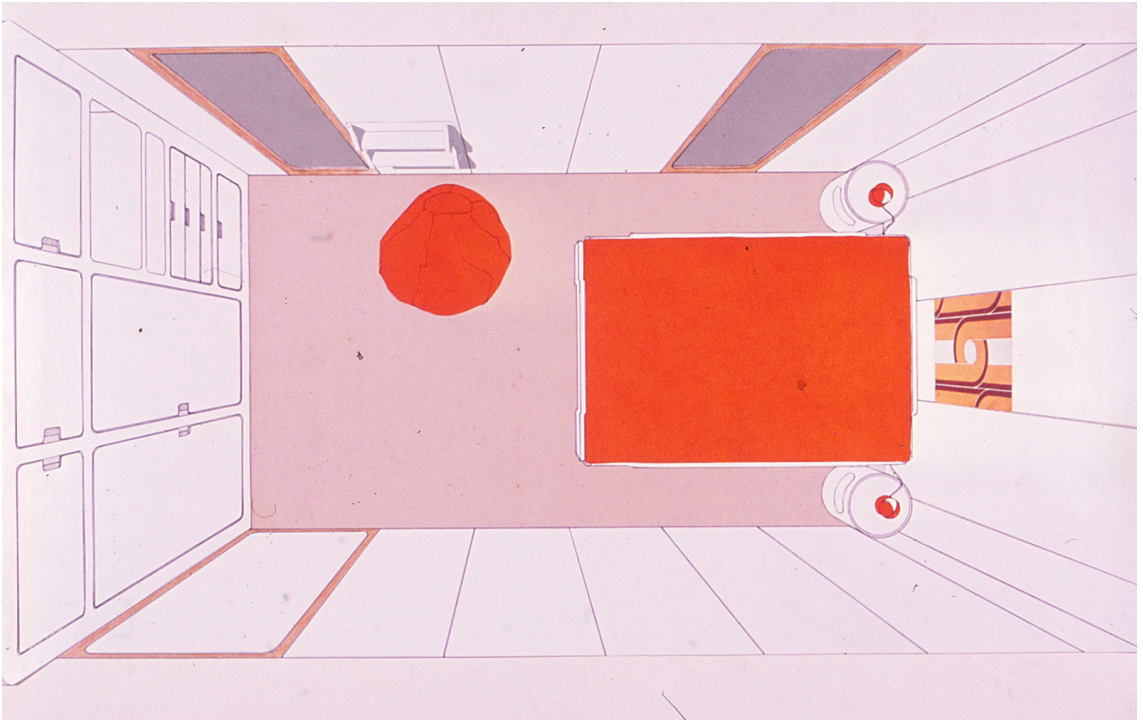
*Fig. 61: vue plongeante cuisine.*



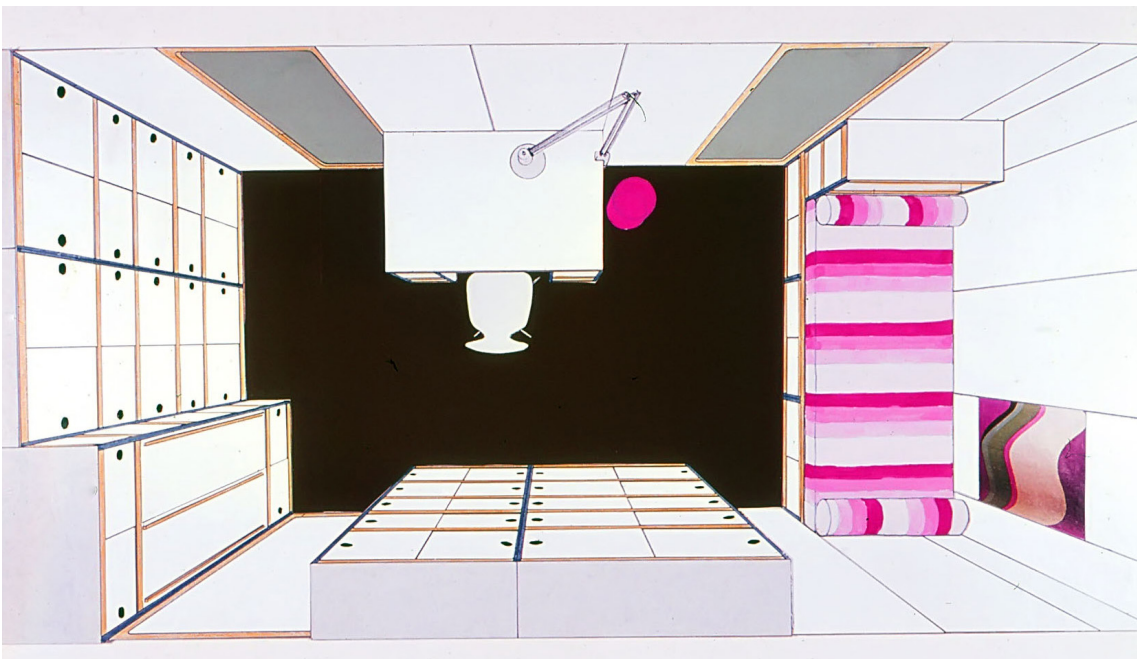
*Fig. 62 : vue plongeante salon-salle à manger.*



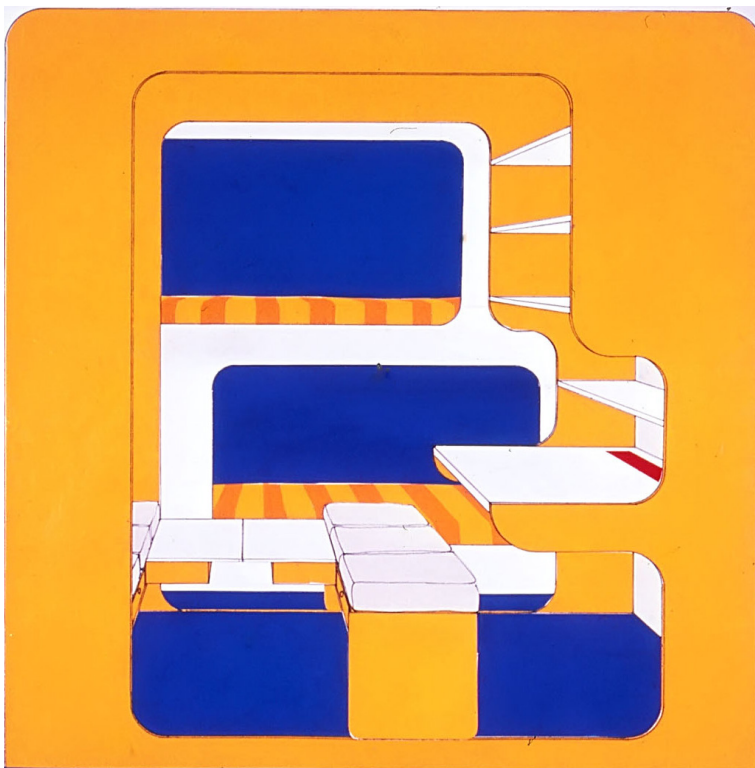
*Fig. 63 : vue plongeante salle de bain.*



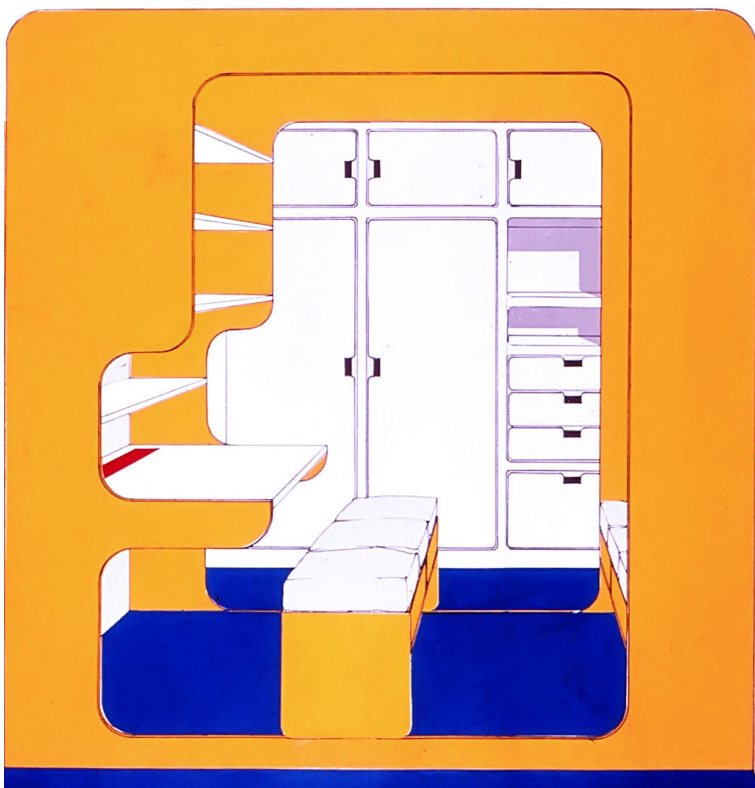
*Fig. 64 : vue plongeante chambre parents.*



*Fig. 65 : vue plongeante chambre adolescent.*



*Fig. 66 : mobilier.*

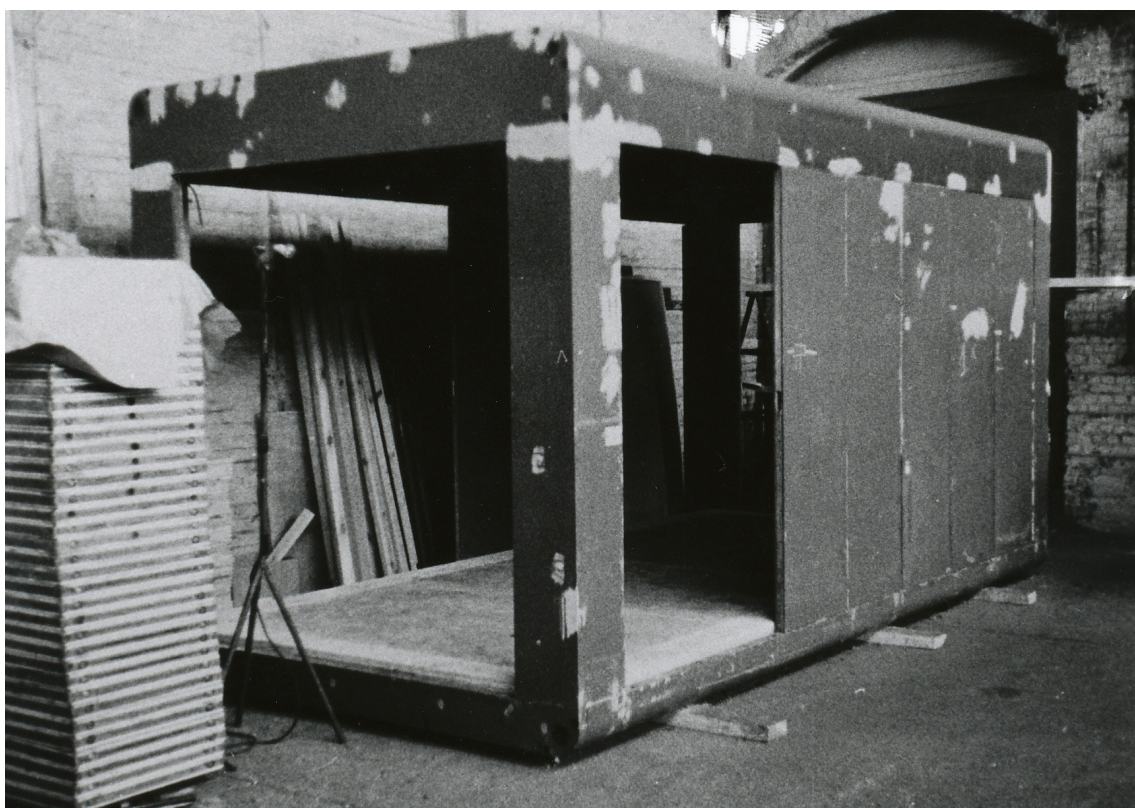


*Fig. 67 : chambre des enfants.*

De même, la cuisine et la salle de bains sont équipées d'appareils plutôt standardisés du commerce.

Il est certain que dans une production véritablement industrielle des VM, les finitions intérieures devraient être conçues à la manière dont sont terminés les avions ou les paquebots. Dans ceux-ci, les meubles font vraiment partie de la fabrication des appareils ou des navires.

Le VM qui avait servi aux essais de résistance dans le laboratoire du professeur Massonnet et qui ne pouvait plus être utilisé parce qu'abîmé, a quand même servi de remise ou de garage proche de la maison.



*Fig. 68 : premier VM fabriqué. Fort abîmé par des manipulations inadéquates, il a servi de garage à la maison prototype.*



*Fig. 69 : emballage du premier VM.*



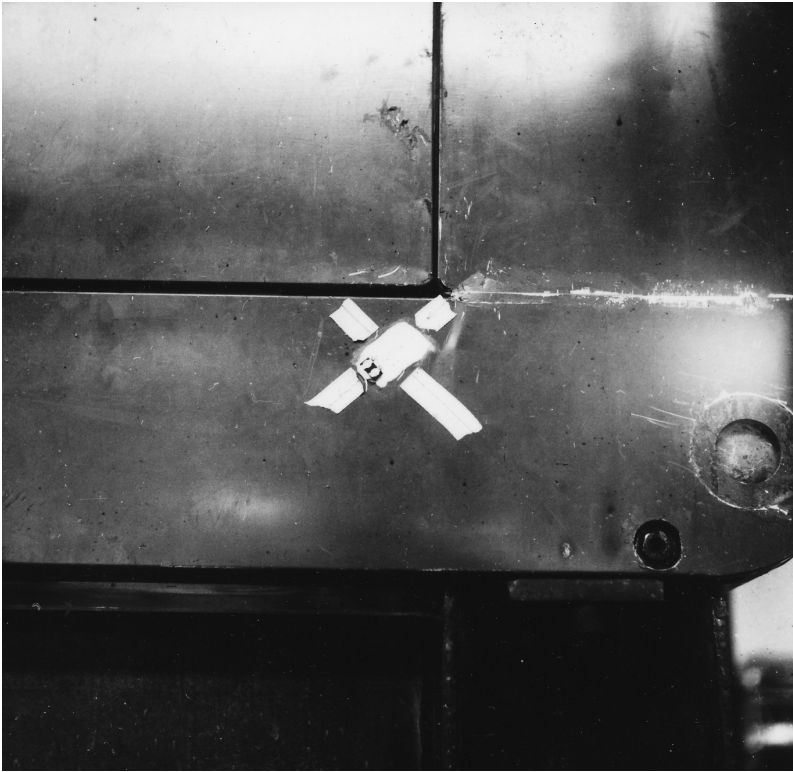
*Fig. 70 : prêt au départ de l'usine.*



*Fig. 71 : arrivée au Val-Benoît du premier VM.*



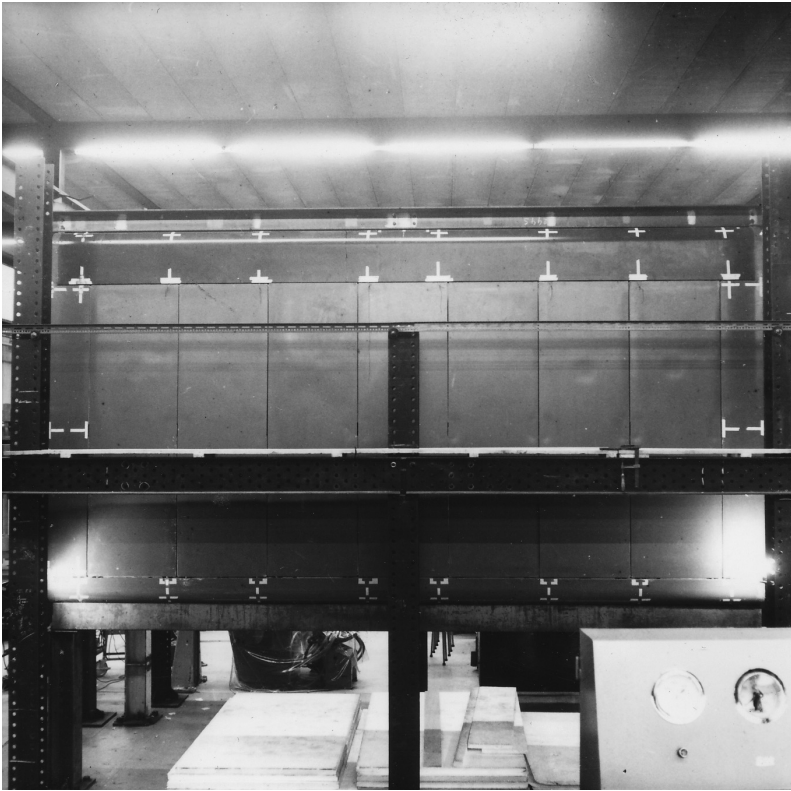
*Fig. 72 : déchargement du premier VM  
dans le laboratoire du professeur Massonnet.*



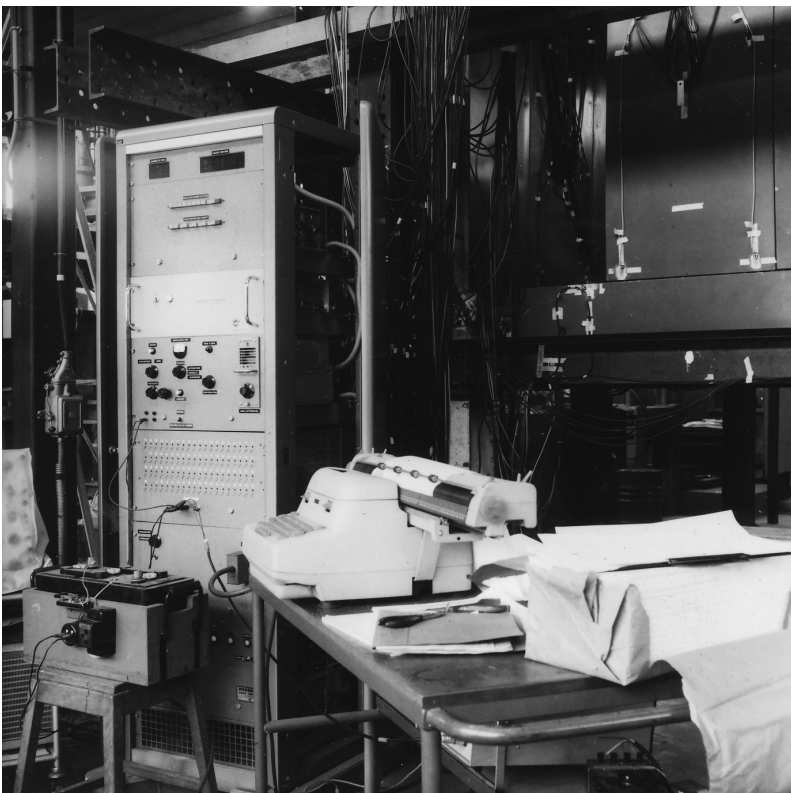
*Fig. 73 : marquage  
d'un défaut.*



*Fig. 74 : marquage  
pour l'emplacement  
des appareils de  
mesure à l'intérieur  
du VM.*



*Fig. 75 : marquage pour l'emplacement des appareils de mesure à l'extérieur du VM.*



*Fig. 76 : armoire de commande des mesures.*



*Fig. 77 : le premier VM est positionné dans l'armature métallique pour les essais.*

Aussitôt le prototype terminé, la maison mise en valeur par des décorations florales, a vu défilér de nombreuses autorités responsables. Celles-ci selon leur origine ou selon les postes qu'elles occupaient, ont porté des jugements plutôt décevants, comme par exemple : où mon épouse placerait-elle sa commode Louis XIII ?

Elles jugeaient très superficiellement ce qu'une équipe avait mis quatre années à inventer !



*Fig. 78 : mise en place du premier VM de la maison prototype.*



*Fig. 79 : vue par dessous du châssis d'un VM.*



*Fig. 80 : mise en place du huitième VM de la maison prototype.*



*Fig. 81 : discussion entre ingénieurs avant la pose du dernier VM de la maison prototype.*



*Fig. 82 : le joint en néoprène sur un bouclier.*



*Fig. 83 : vue d'un VM dont un bouclier est entièrement vitré.*



*Fig. 84 : détail de l'assemblage du châssis sur plot métallique de fondation.*



*Fig. 85 : positionnement orthogonal de deux VM et plot métallique de fondation en attente. On remarquera que le châssis de gauche a été maltraité lors de sa manutention.*



*Fig. 86 : vue de la façade ouest de la maison prototype dans son environnement fleuri et forestier.*



*Fig. 87 : vue de l'ensemble des façades et des différents VM de la maison prototype.*



*Fig. 88 : vue de la façade sud du VM salon.*



*Fig. 89 : vue des façades ouest des différents VM formant la maison prototype.*



*Fig. 90 : vue d'un joint entre deux VM avant fermeture.*



*Fig. 91 : à l'intérieur du VM servant de hall d'entrée-vestiaire en direction de l'ouest.*



*Fig. 92 : à l'intérieur du VM servant de hall d'entrée-vestiaire en direction de l'est.*



*Fig. 93 : vue intérieure du VM hall de nuit-jeux des enfants, donnant accès vers la chambre de l'adolescent à gauche, vers la chambre des parents dans le fond, vers le demi VM salle de bain à droite.*



*Fig. 94 : vue vers le hall d'entrée-vestiaire à partir du salon-salle à manger.*



*Fig. 95 : vue intérieure du salon.*



*Fig. 96 : vue de la salle à manger.*



*Fig. 97 : vue du mobilier et des appareils de la cuisine.*



*Fig. 98 : vue de l'armoire dans la chambre des parents.*



*Fig. 99 : vue dans la chambre de l'adolescent.*



*Fig. 100 : vue de la chambre des enfants en direction des lits superposés.*



*Fig. 101 : vue de la chambre des parents.*

Si un reproche pouvait être porté, c'était selon moi d'avoir poussé trop loin la recherche des techniques de fabrication et de mises en œuvre, lesquelles visaient dès le départ un «perfectionnisme» déraisonnable.

Généralement, la perfection des produits industrialisés n'est atteinte qu'après la fabrication d'un grand nombre d'exemplaires. Elle peut d'ailleurs être poursuivie au-delà de ceux-ci.

C'est la voie que les firmes automobiles allemandes ont choisie. La forme des différents modèles ne change pas fondamentalement au fil des années, comme il en est des modèles français. Il en résulte des automobiles plus fiables puisque leur mise au point est pour ainsi dire permanente.

Dès que les essais thermiques et acoustiques confiés à des organismes de contrôle, ont été terminés, la maison a été occupée pendant dix mois par une famille dont le père était un employé de la firme Cockerill. Celui-ci s'était engagé à porter des jugements sur la maison, sur ses qualités, mais aussi sur ses défauts. Ce qu'il a fait.

En gros les remarques ont surtout porté sur une série de finitions insuffisantes parce qu'imprécises et surtout mal exécutées par le partenaire qui en avait été chargé et qui manifestement ne convenait pas du tout. Le savoir faire ou le «know how» nécessaire pour produire une locomotive n'est pas du tout celui qui convient pour fabriquer un avion. Une firme aéronautique aurait pu bien mieux nous aider à produire des VM proches de ce que nous attendions.

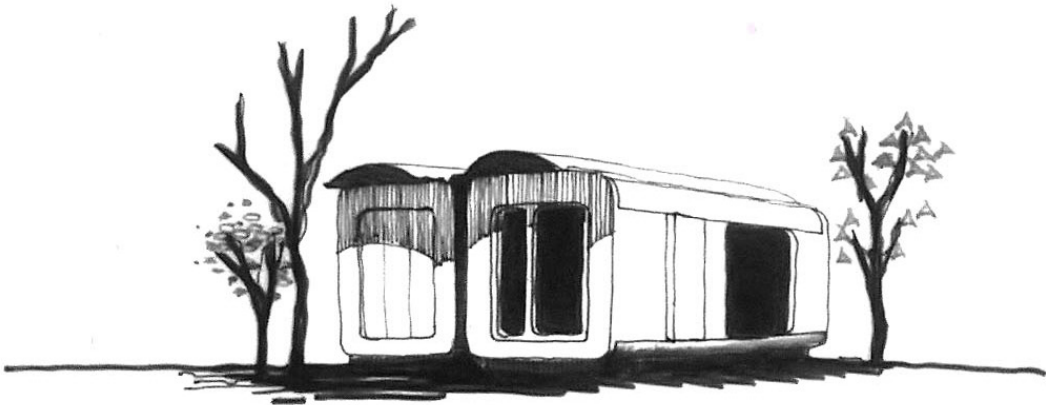
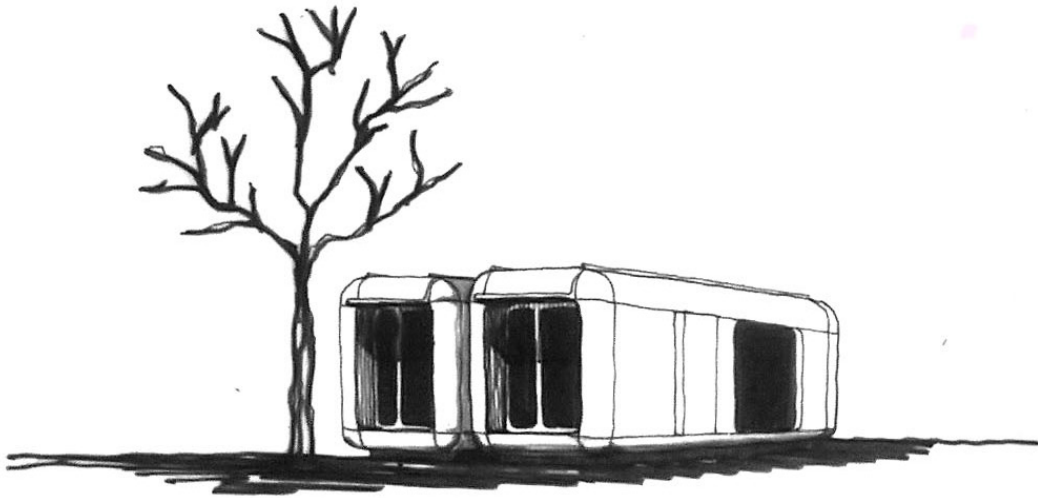
## 2. Remarques

Voici les quelques réponses que j'ai apportées aux remarques et objections faites à propos du prototype<sup>10,11</sup>.

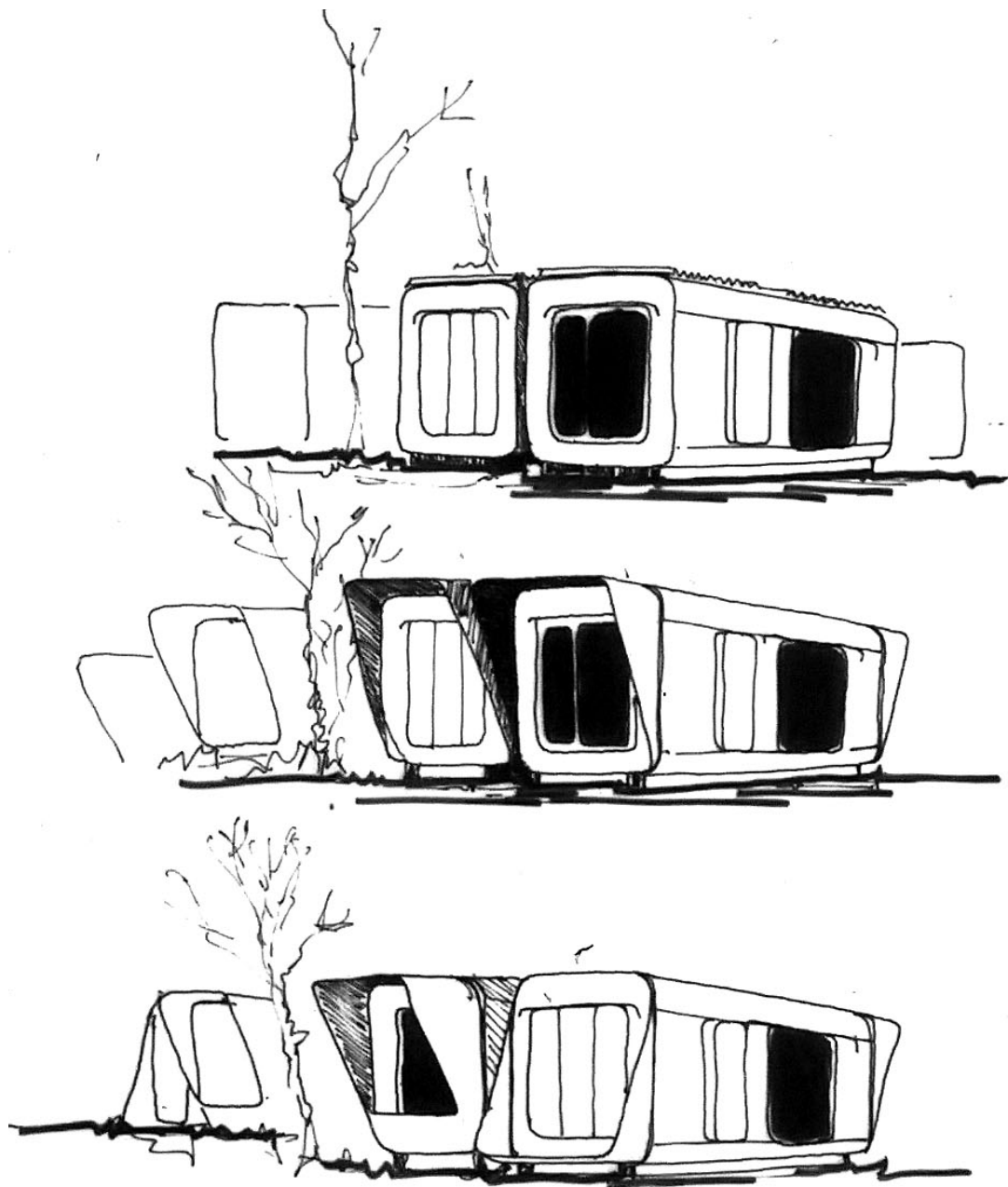
### **A. Hiatus esthétique entre les angles arrondis des planchers et des toitures et les boucliers plans.**

Cet hiatus est provisoire dans la mesure où des éléments complémentaires, à la manière des «calandres» qui terminent les capots des automobiles, seraient immanquablement ajoutés aux boucliers visibles par des pièces moulées ou embouties pouvant servir à de nombreux usages comme par exemple des loggias, des balcons, des visières, des bacs à fleurs, des logements pour persiennes, etc.

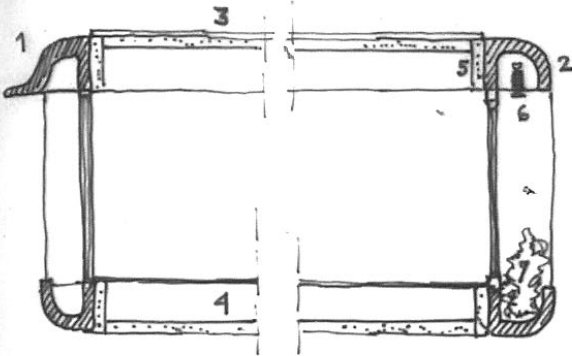
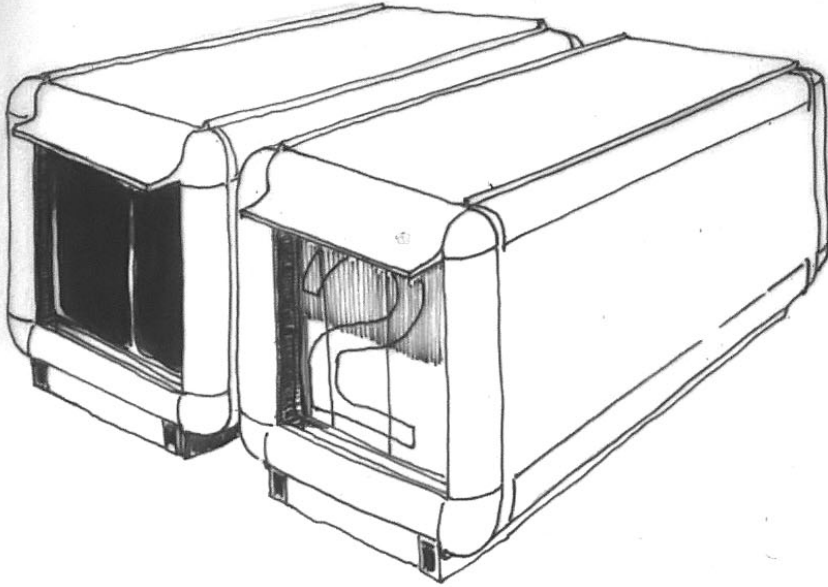
La sous-traitance de ces éléments donnerait naissance à de petites firmes qui se spécialiseraient comme il en existe beaucoup au voisinage des usines qui fabriquent des automobiles.



*Fig. 102 : quelques exemples de capots ou calandres pour ajouter aux boucliers.*



*Fig. 103 : autres exemples de capots ou calandres pour ajouter aux boucliers.*



1. calandre avec visière
2. " sans visière.
3. plafond
4. plancher
5. bouclier
6. paroi
7. bac à fleurs

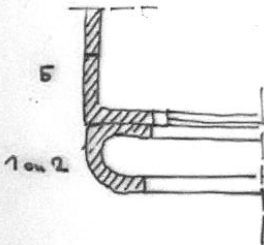


Fig. 104 : dessin et coupes de calandres avec ou sans visière et pouvant abriter des personnes et/ou des bacs à fleurs.

## **B. L'écoulement des eaux de pluie.**

La tôle supérieure des plafonds et la tôle inférieure des planchers pourraient comporter des côtes latérales longitudinales dont le but serait pour les plafonds de canaliser les eaux de pluie vers les boucliers et pour les planchers de faciliter leur positionnement sur les châssis cadres.

Pour canaliser les eaux de pluie, il serait possible de placer des chéneaux qui prendraient appui sur ces mêmes côtes.

Pour éviter que les eaux stagnent sur les éléments plafonds, des tôles cintrées s'arc-boutant sur ces côtes pourraient dépasser les boucliers et former pare-soleil non seulement pour les toitures, mais aussi pour les vitrages placés dans les boucliers.

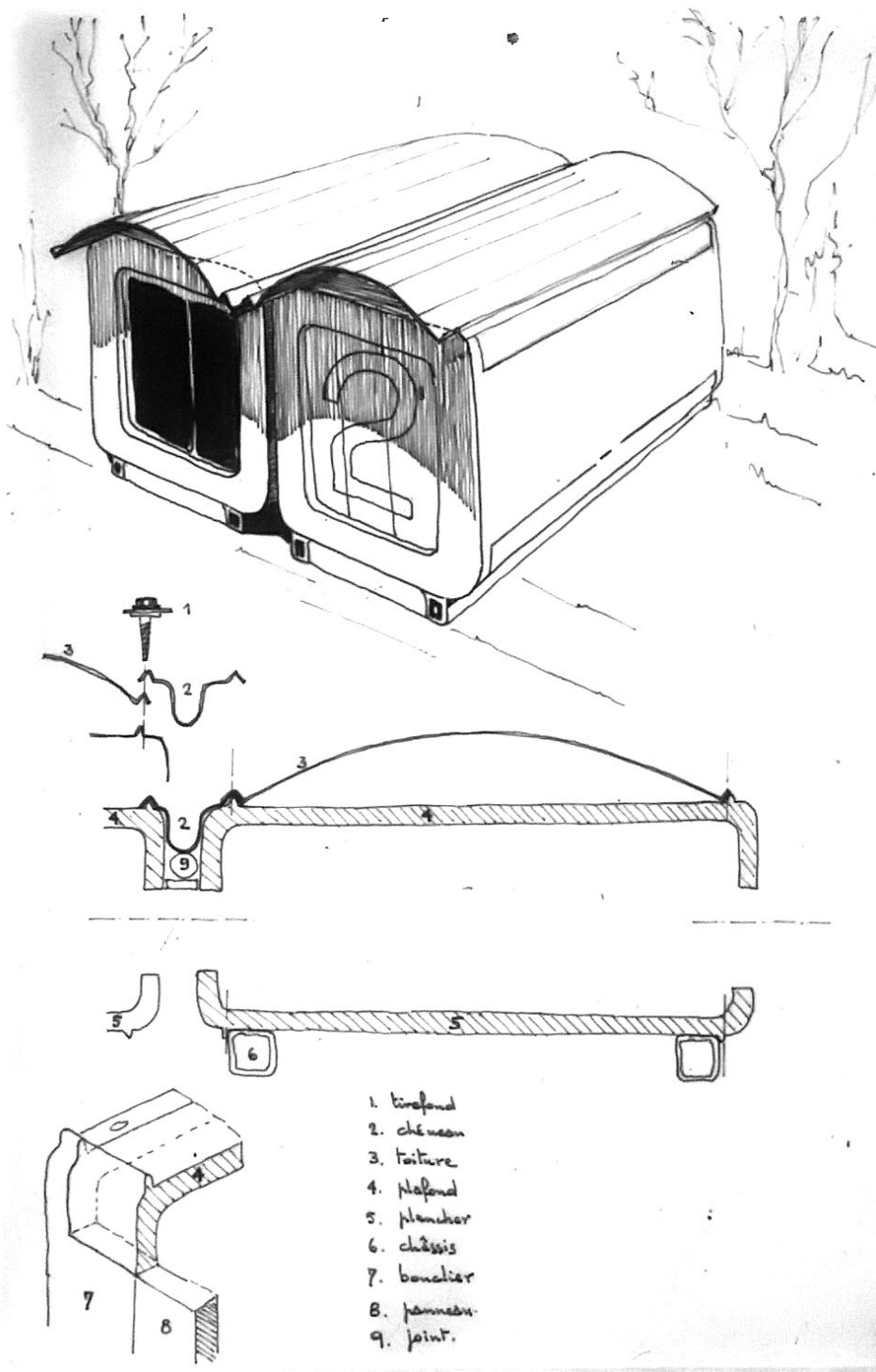
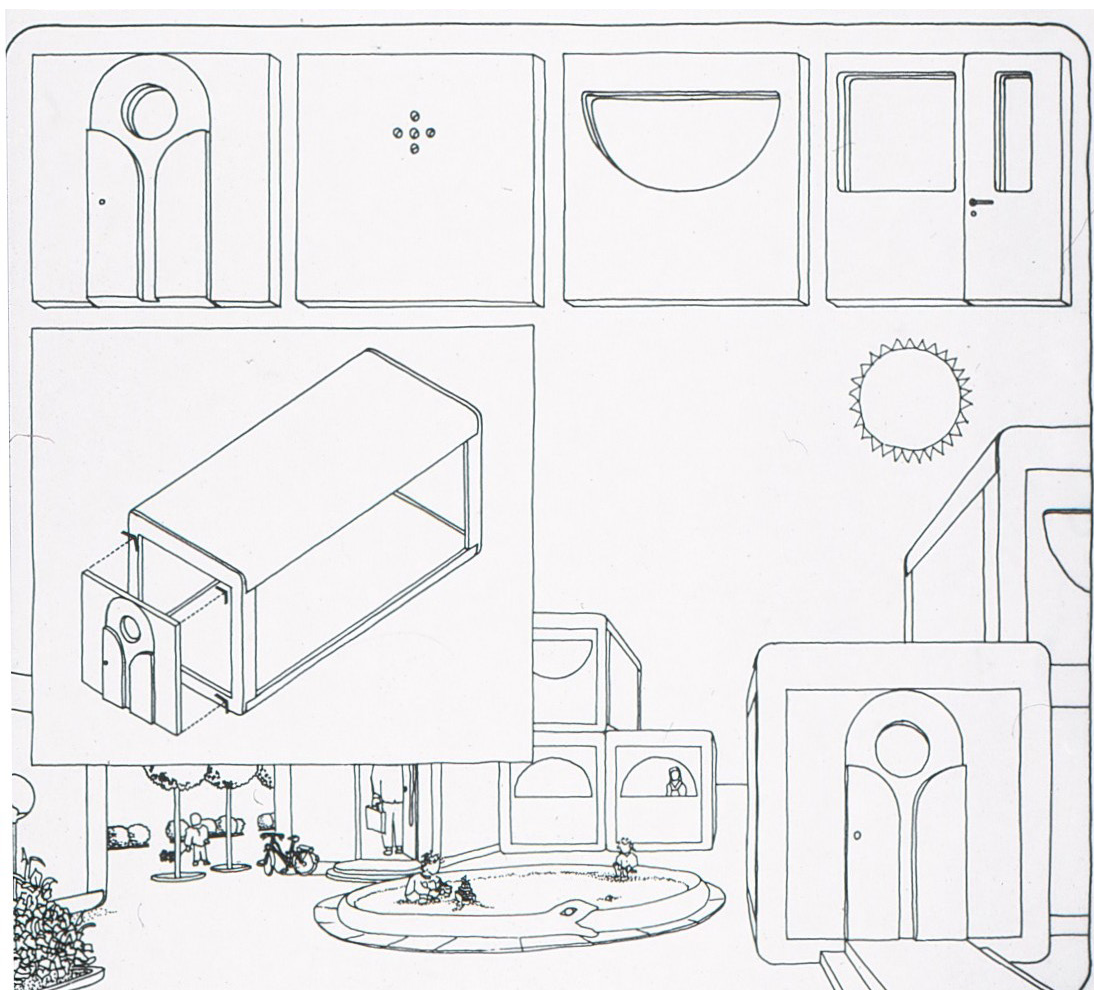


Fig. 105

## C. Panneaux

La fermeture des boucliers et des longs pans au moyen de plusieurs panneaux, outre qu'elle implique un grand nombre de joints, impose presque une allure verticale aux baies, lesquelles vont systématiquement du plancher au plafond. L'usage de grands panneaux monolithiques permettrait non seulement de diminuer les mètres courants de joints. D'autres types de baies pourraient être totalement indépendantes des planchers et plafonds et faire partie des panneaux. De plus, ces baies pourraient beaucoup plus facilement être conçues et fabriquées à la manière des baies des automobiles ou des avions.



*Fig. 106 : Différents types de panneaux pour boucliers.*

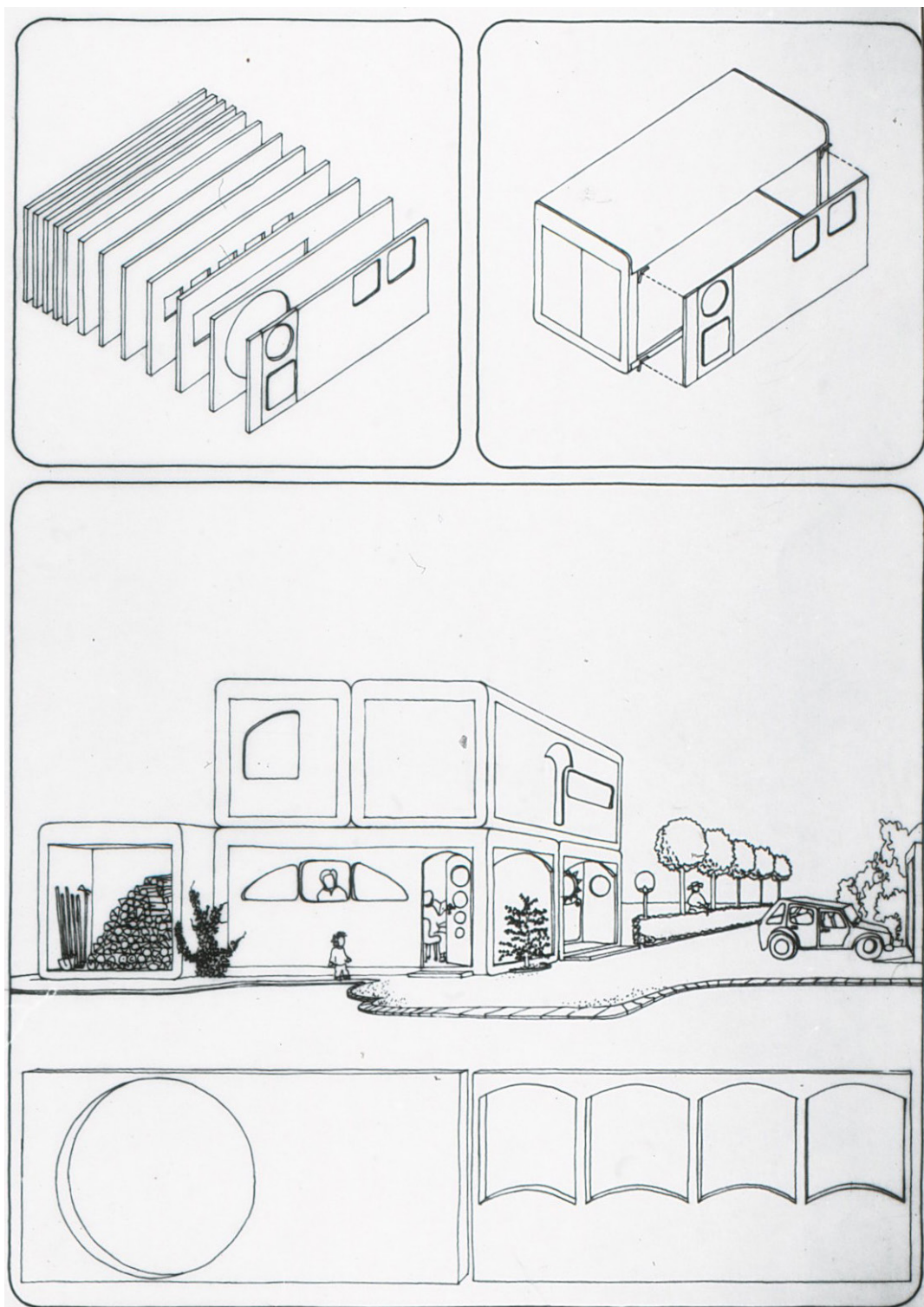


Fig. 107 : exemples de longs panneaux percés ou non de baies.

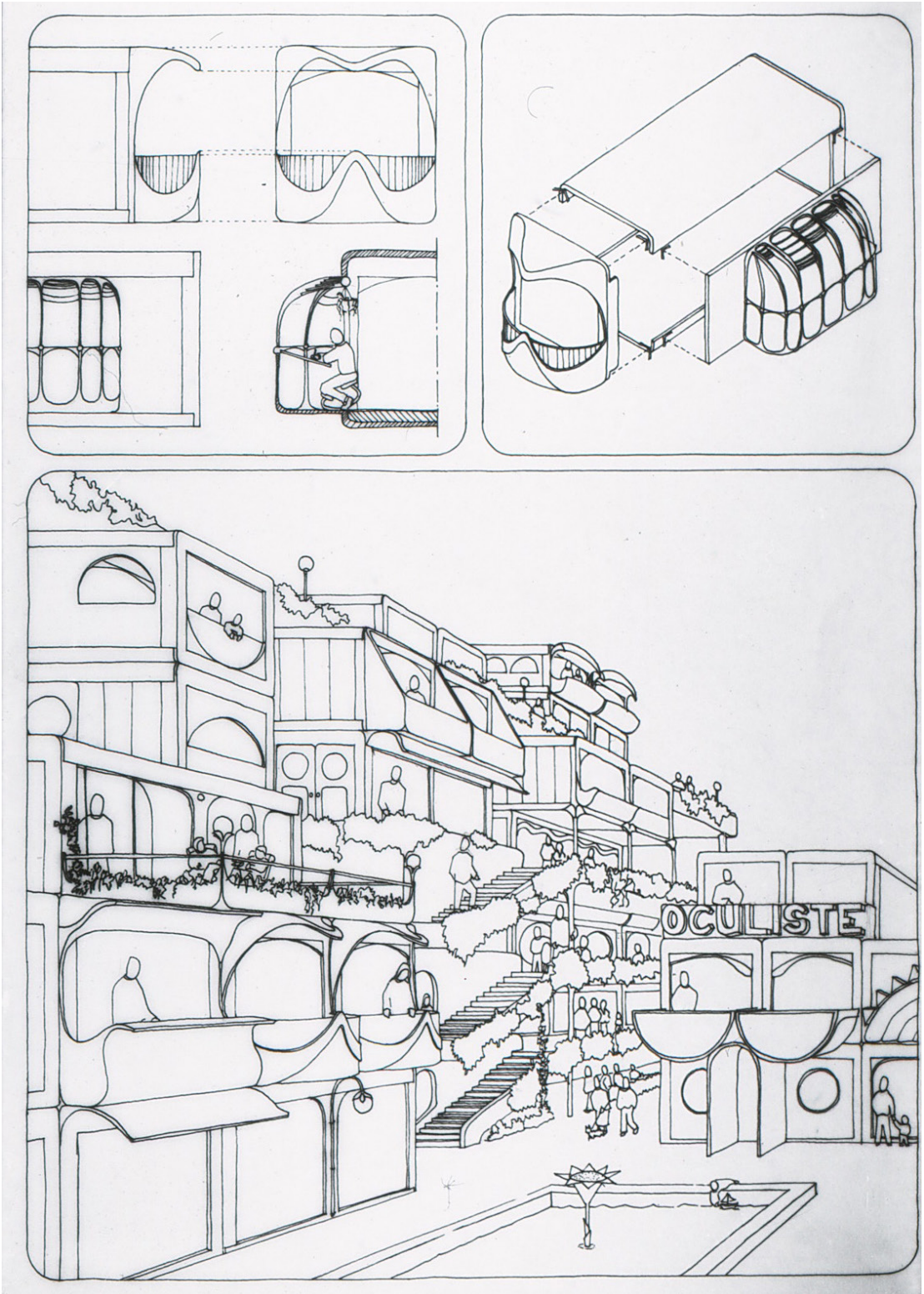


Fig. 108 : exemples de loggias.

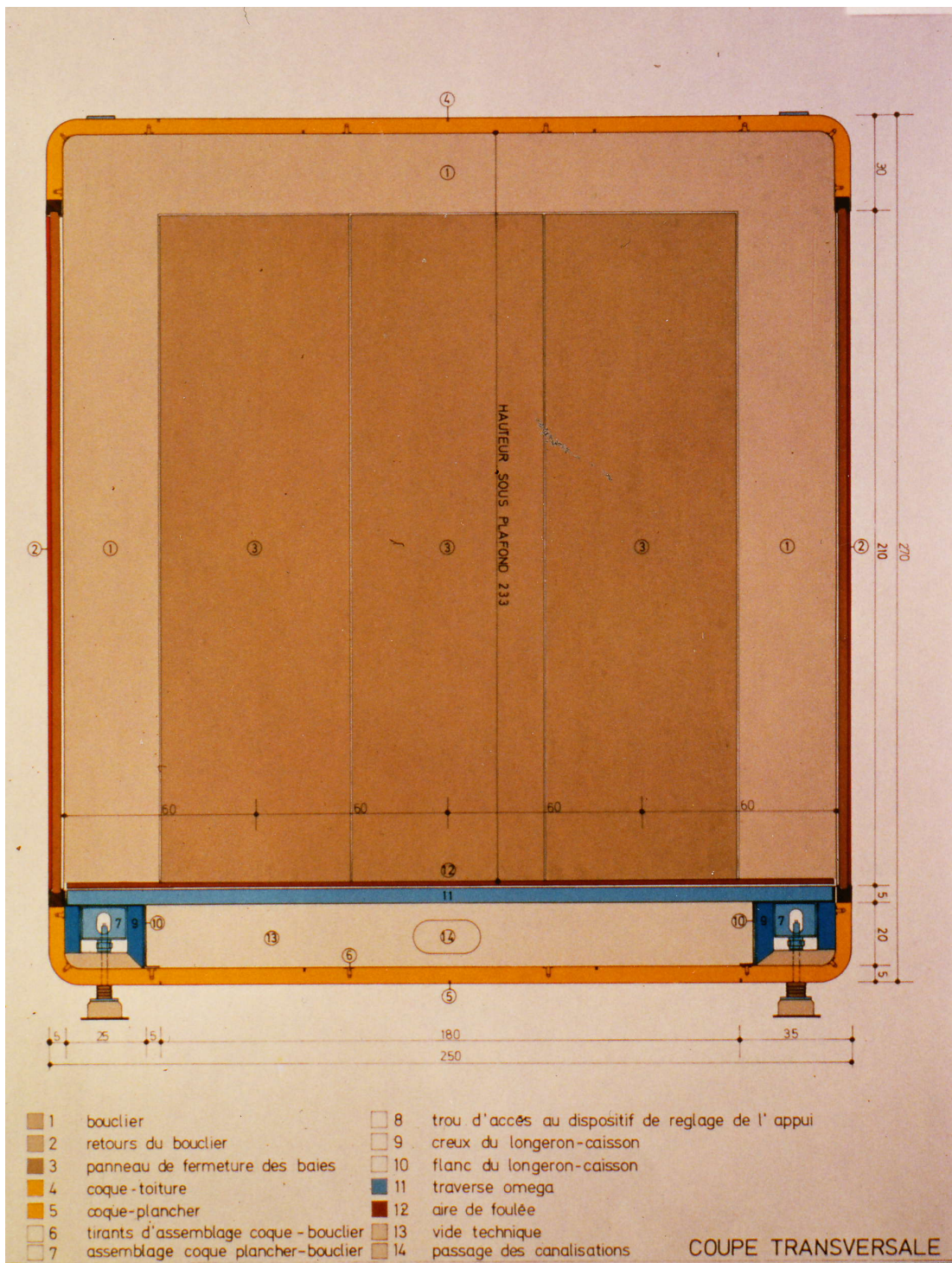


Fig. 109 : coupe transversale d'un VM de seconde génération.

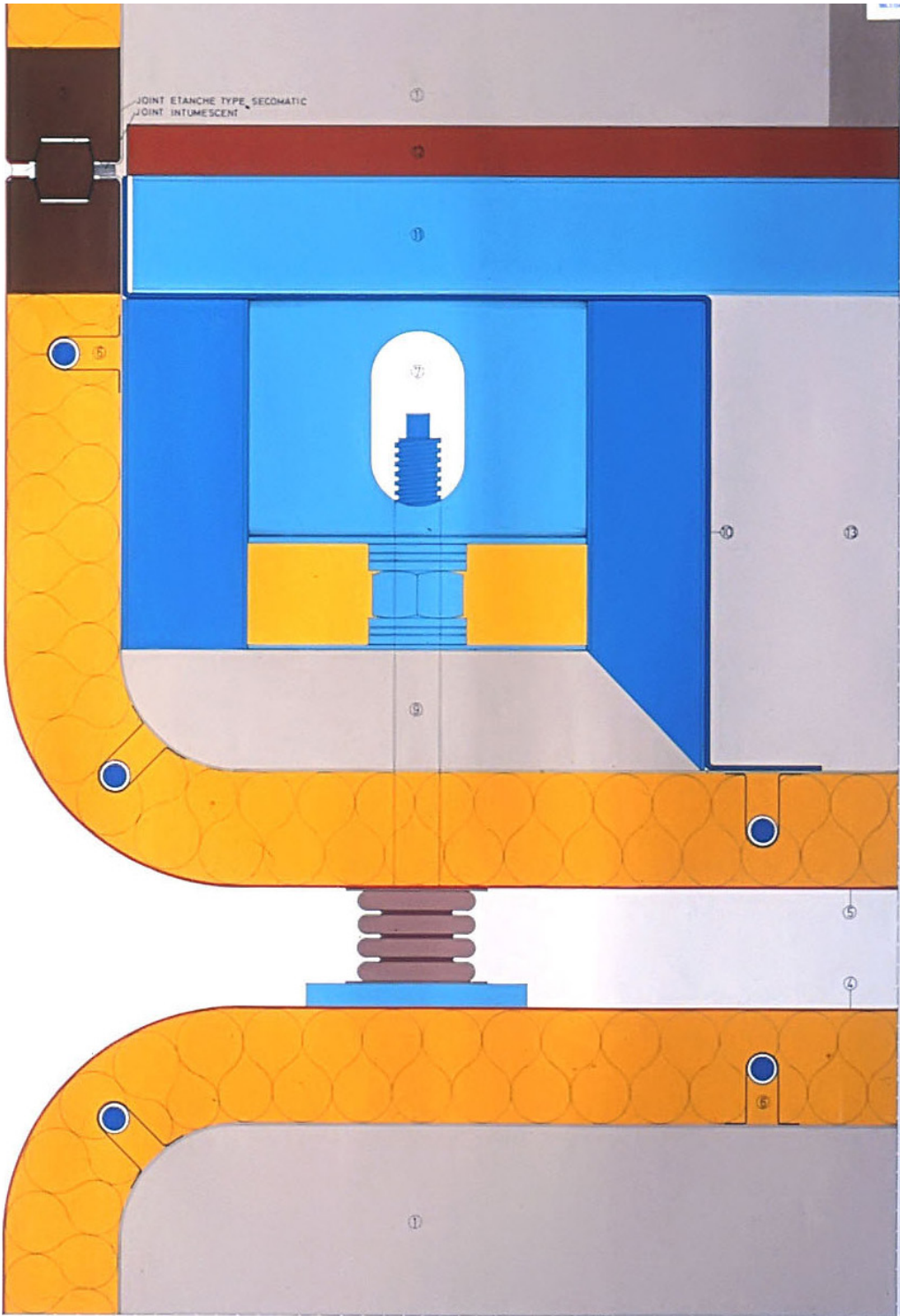
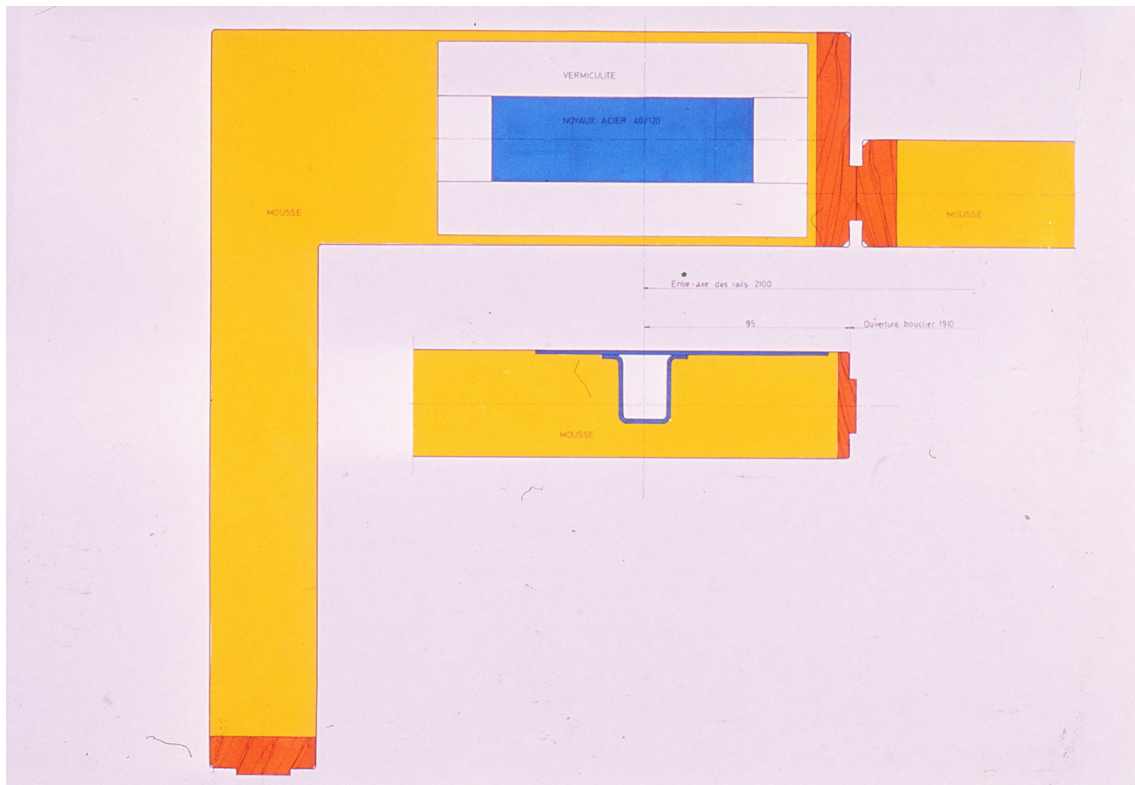


Fig. 110 : détail de la superposition de deux VM à compléter.



*Fig. 111 : coupe dans un montant d'angle de bouclier renforcé par une pièce métallique isolée dans la mousse et détail d'une réserve pour tige d'assemblage.*

Les boucliers devraient être renforcés pour résister mieux aux élévations de température. Un plat en acier serait noyé dans la mousse dans chacun des montants ou une feuille d'acier supplémentaire pourrait constituer l'âme des boucliers.

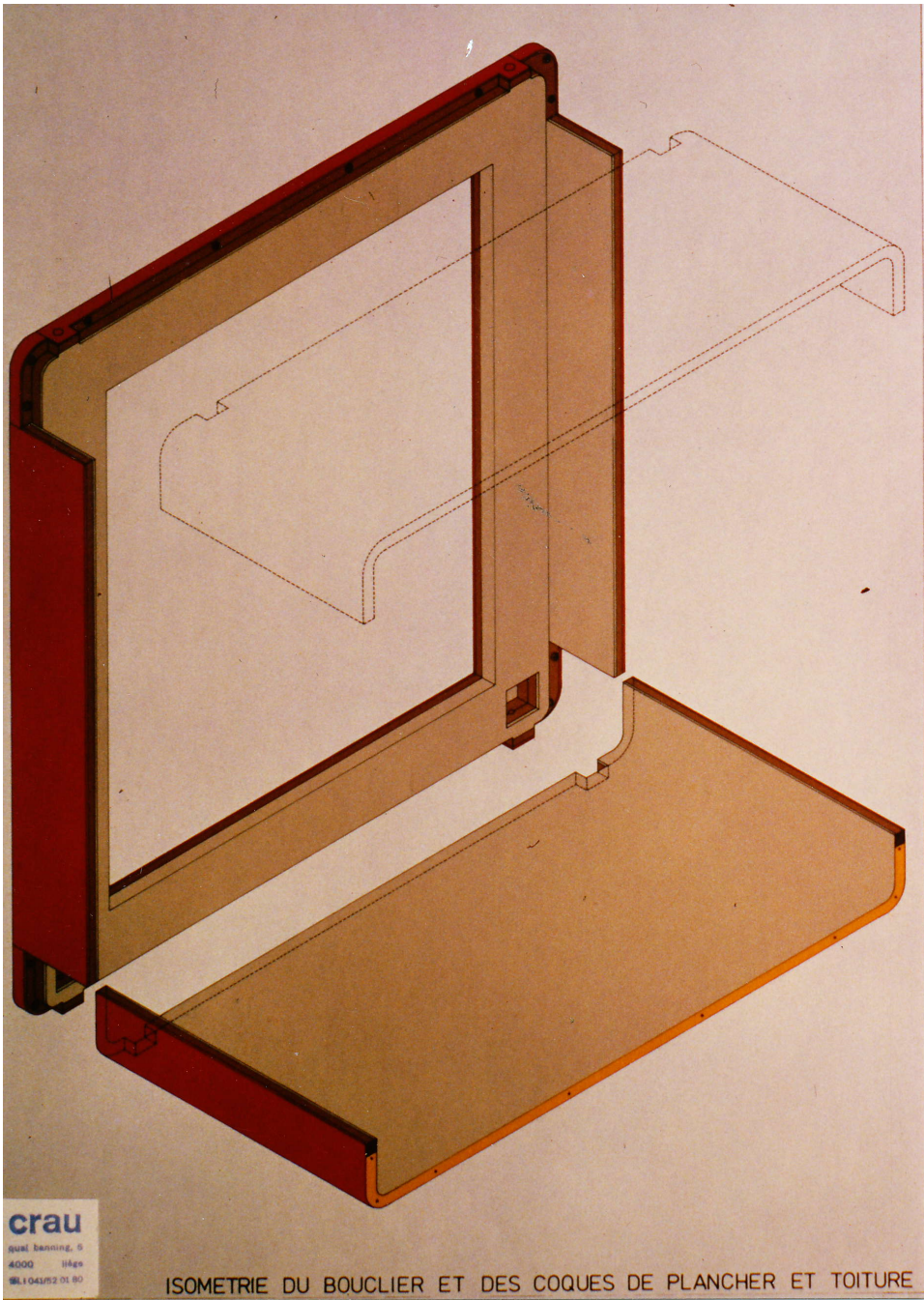
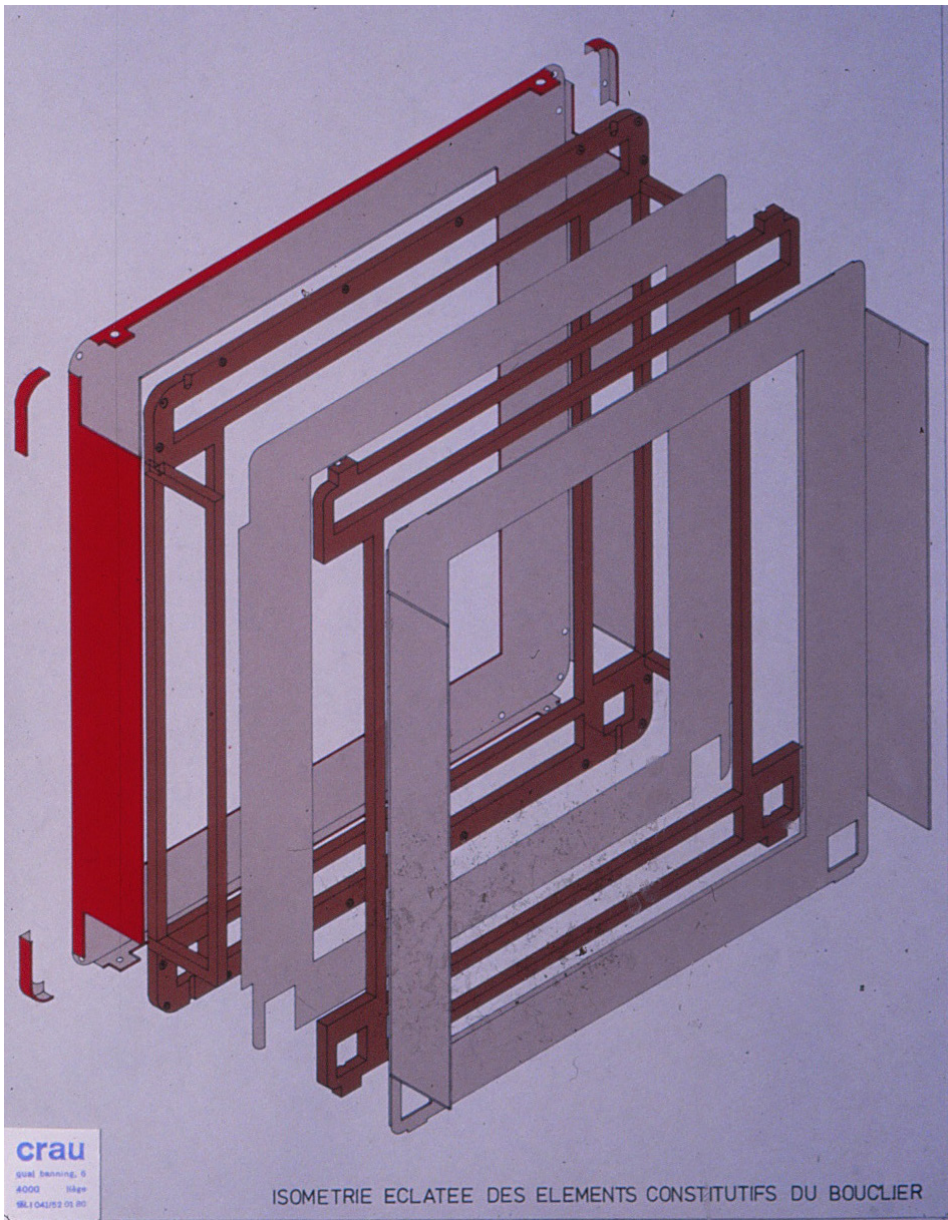


Fig. 112 : Isométrie du bouclier et des coques de plancher et toiture



*Fig. 113 : Isométrie éclatée des éléments constitutifs du bouclier*

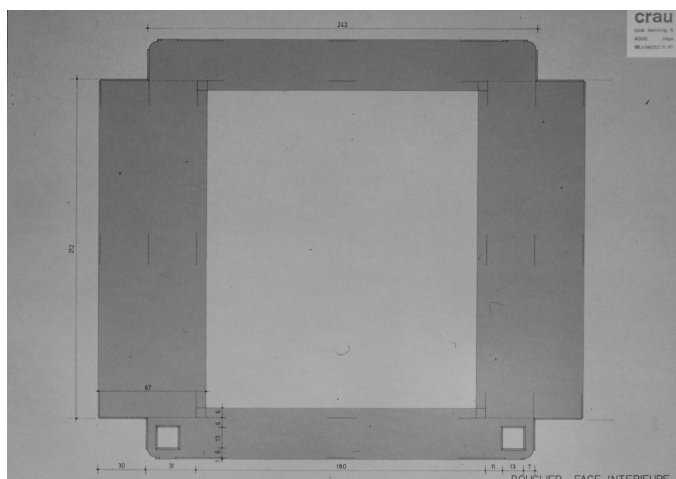
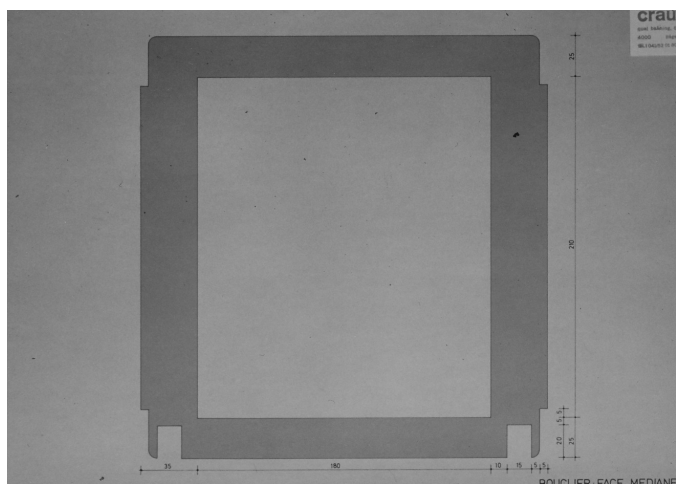
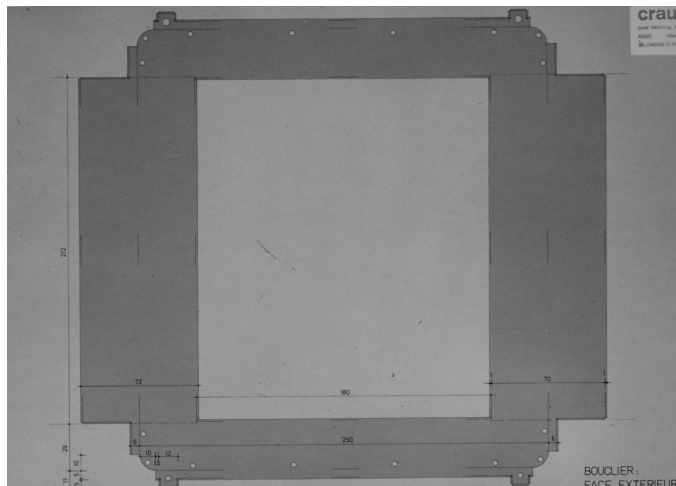


Fig. 114, 115, 116 : détails des tôles de 0,6mm constituant un bouclier renforcé par une tôle supplémentaire.

## **D. Couleur**

Les VM du prototype ont été réalisés à la manière des automobiles des années 60 au moyen de tôles prépeintes en blanc et mal protégées contre la rouille notamment. Il conviendrait que les tôles soient galvanisées de manière à assurer une durée de vie de 25 ans par exemple.

Comme pour les automobiles, le procédé de construction se prête remarquablement bien à des mises en couleur nombreuses et variées, susceptibles de satisfaire tous les goûts.

## **E. Défauts de planéité des panneaux**

Quelle que soit la couleur, ces défauts seront visibles. Pour y obvier, il faut onduler les tôles. Cela peut se faire de diverses manières en variant l'amplitude des ondulations et ou leur fréquence.

Au village expo de St Michel-sur-Orge (F), on peut voir une maison construite par les ateliers de Jean Prouvé, dont les panneaux constituant les murs sont comme striés verticalement tous les 10 cm environ. Ces stries sont en réalité de très minces ondulations dont l'amplitude est inférieure à 2 ou 3 mm.

Jean Prouvé a répété cette expérience au lycée pour jeunes filles dans le campus d'Orléans la Source et au nouvel hôpital de Rotterdam.

## **F. Panneau de ventilation**

Comme les VM, ces éléments devraient être en tôle d'acier galvanisé.

Extérieurement, ces panneaux devraient comporter des angles et des arêtes arrondis, des grilles chromées.

Intérieurement, les prises de courant seraient supprimées, des claviers de commande seraient prévus ainsi que des grilles et encadrements chromés.

## **G. Joints**

La couleur des joints entre les panneaux doit faire l'objet de soins attentifs. Il conviendrait et il serait possible de s'inspirer des joints utilisés dans la construction automobile : conception, coloration.

## **H. Équipement sanitaire**

Selon le pays ou la personne auquel est destiné le logement, l'équipement sanitaire sera plus ou moins complet ou plus riche. Cet équipement doit être conçu comme un ensemble fabriqué séparément et introduit à la manière d'un meuble dans le VM prévu.

Il doit pouvoir être remplacé au cours de la vie du VM.

## **I. Rangement**

Des VM supplémentaires peuvent être ajoutés pour servir au rangement des vêtements ou de tout autre objet.

La composition des logements est totalement libre et dépend du nombre de VM envisagés. Elle peut de plus varier au cours du temps, soit par l'ajout ou soit par le retrait d'éléments.

## **J. Eclairage et distribution de l'énergie électrique**

Le prototype a montré que la solution imaginée, très sophistiquée, présentait des risques de malfaçon. Elle est donc à éliminer.

D'autant qu'elle s'est révélée peu pratique et difficile à modifier pour tenir compte d'une évolution des besoins.

Un équipement supplémentaire a d'ailleurs été réalisé dans le prototype. Il consiste en une cimaise placée au périmètre du VM au niveau du joint entre les retombées du plafond et les panneaux latéraux, vitrés ou non.

Cet équipement devrait faire l'objet d'une étude afin de comporter les conducteurs, les prises, les interrupteurs, les éclairages d'ambiance, les rails pour tentures et rideaux.

## **K. Planchers**

La solution retenue pour le prototype d'un VM technique desservant la cuisine et la salle de bain a montré son intérêt, mais aussi ses limites. En effet, celles-ci compliquent la conception du logement et en particulier son évolution dans le temps.

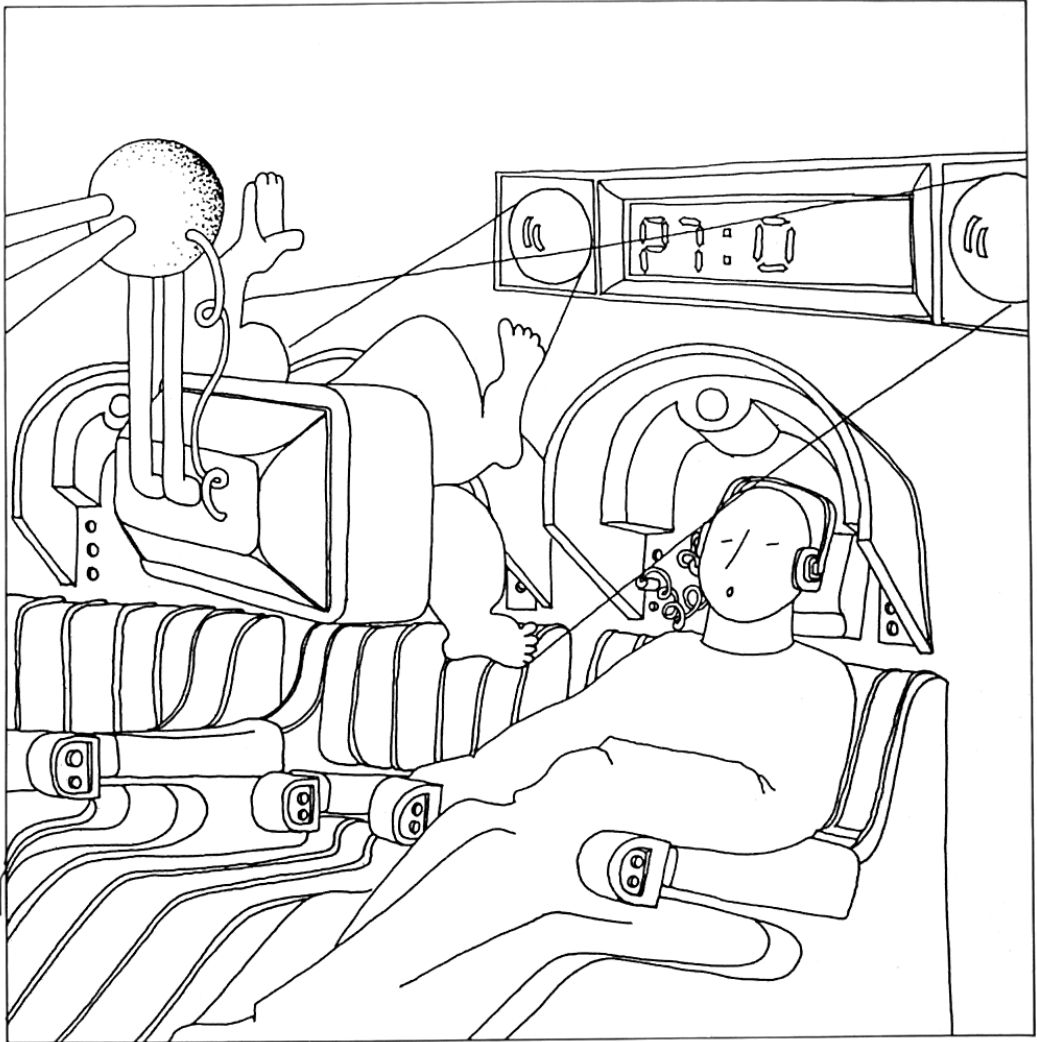
Chaque VM devrait comporter un faux plancher amovible complétant l'élément «plancher» qui fait partie du système de base.

Le faux plancher permettrait l'installation des tuyauteries d'amenée des fluides et d'évacuation des eaux usées, lesquelles pourraient être raccordées aux canalisations principales par un passage à travers une bouche prévue dans l'élément plancher.

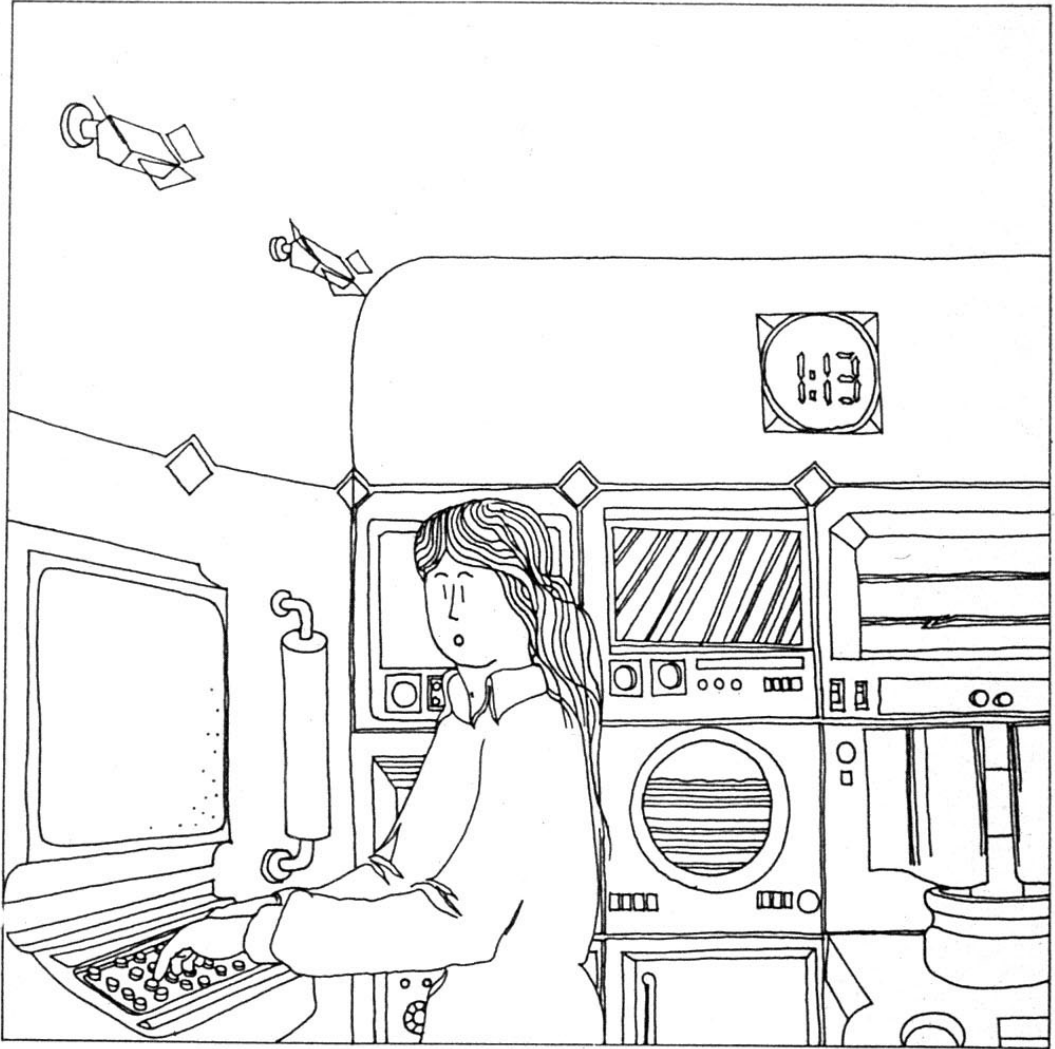
## **L. Mes utopies**

Elles sont toutes importantes à mes yeux.

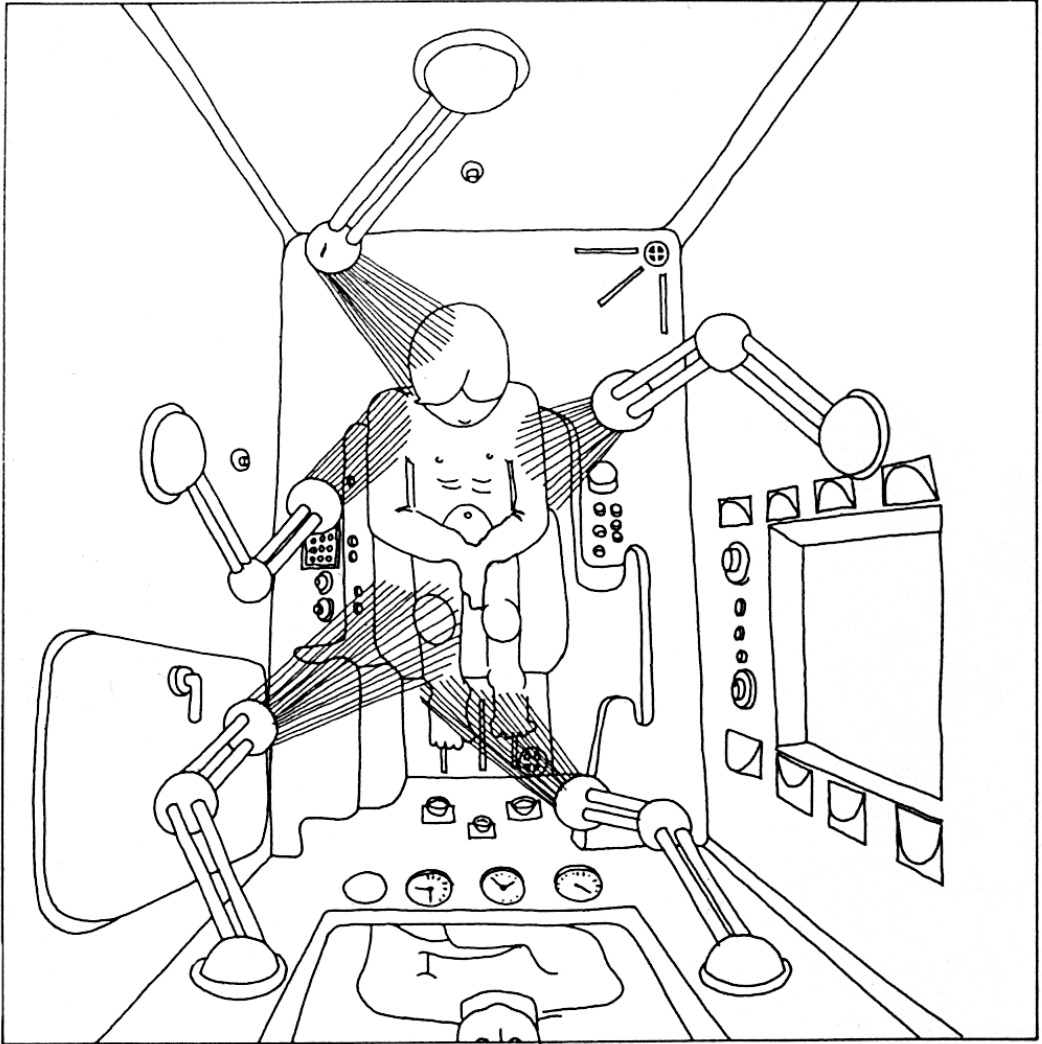
La première a trait à l'idée que comme pour les automobiles, il conviendrait de fabriquer des VM spécifiques des fonctions habituelles d'une maison ou d'un logement. On devrait donc produire des VM cuisine, salle à manger, sanitaire, délasserment et étude, des VM dont les durées de vie seraient fonction des progrès de l'électronique notamment.



*Fig. 117 : VM équipé pour le délasserement.*



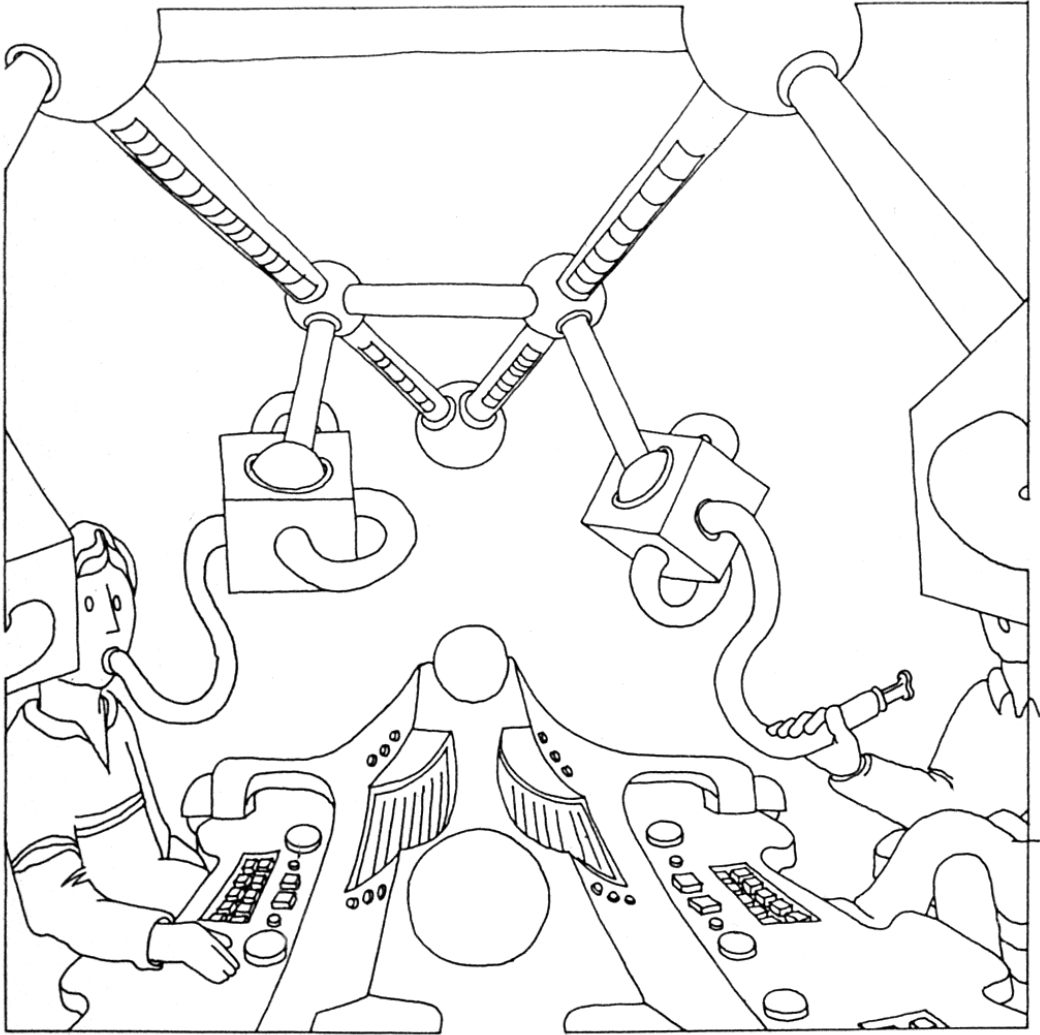
*Fig. 118 : VM équipé pour la cuisine.*



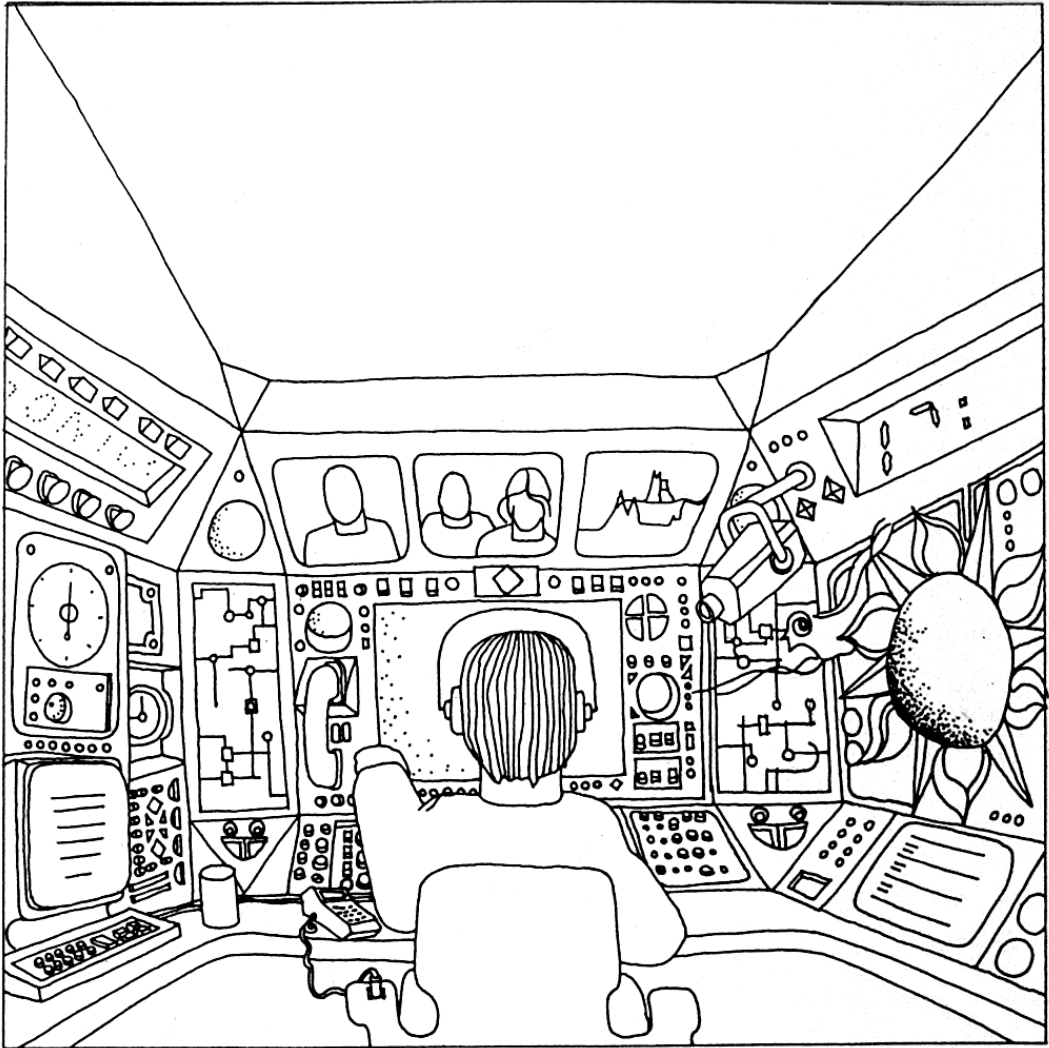
*Fig. 119 : VM équipé pour le bain.*

*N.B. : 44 ans plus tard, la « lessiveuse humaine » existe au Japon !*

*<https://www.youtube.com/watch?v=mMB0tjWra60>*

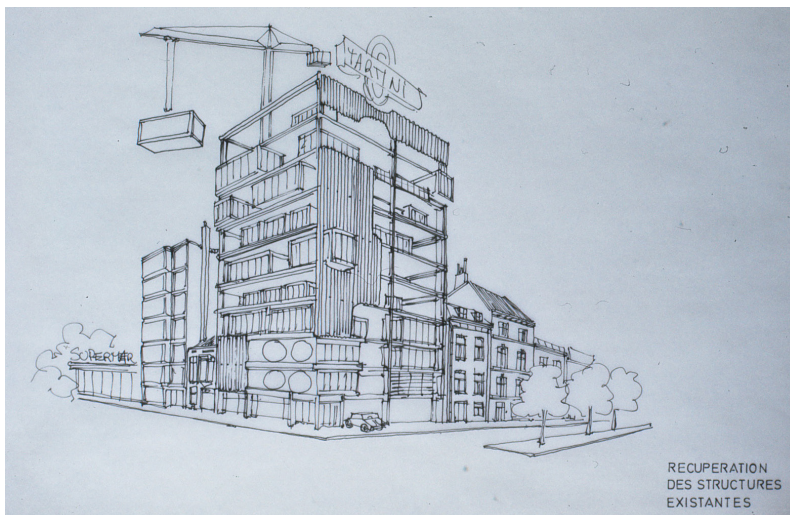


*Fig. 120 : VM équipé pour la salle à manger.*



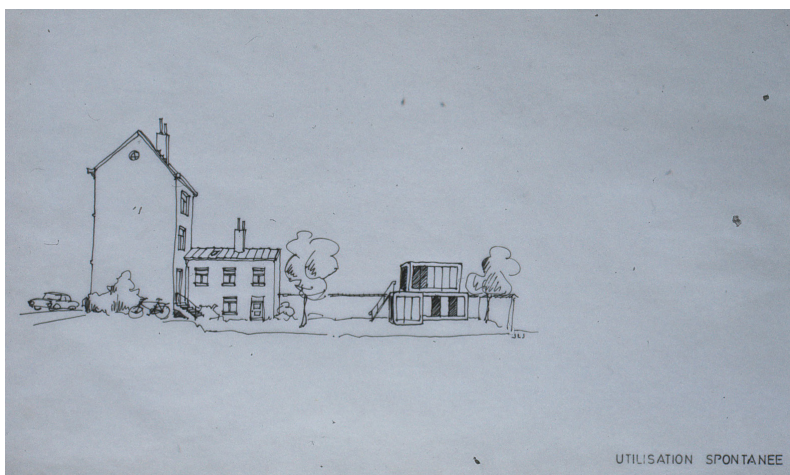
*Fig. 121 : VM équipé pour l'étude, l'enregistrement et le traitement des informations.*

Ma deuxième utopie verrait l'utilisation de VM pour moderniser les structures en béton des grands bâtiments construits durant les années 60 et devenus obsolètes ou pour agrandir des constructions existantes.

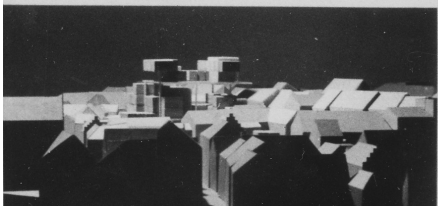
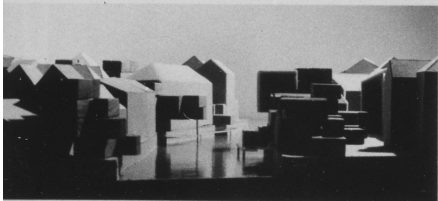
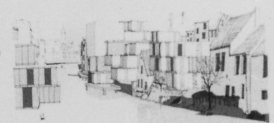
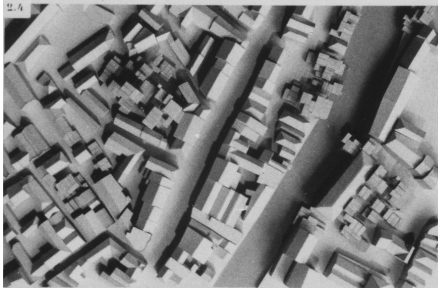
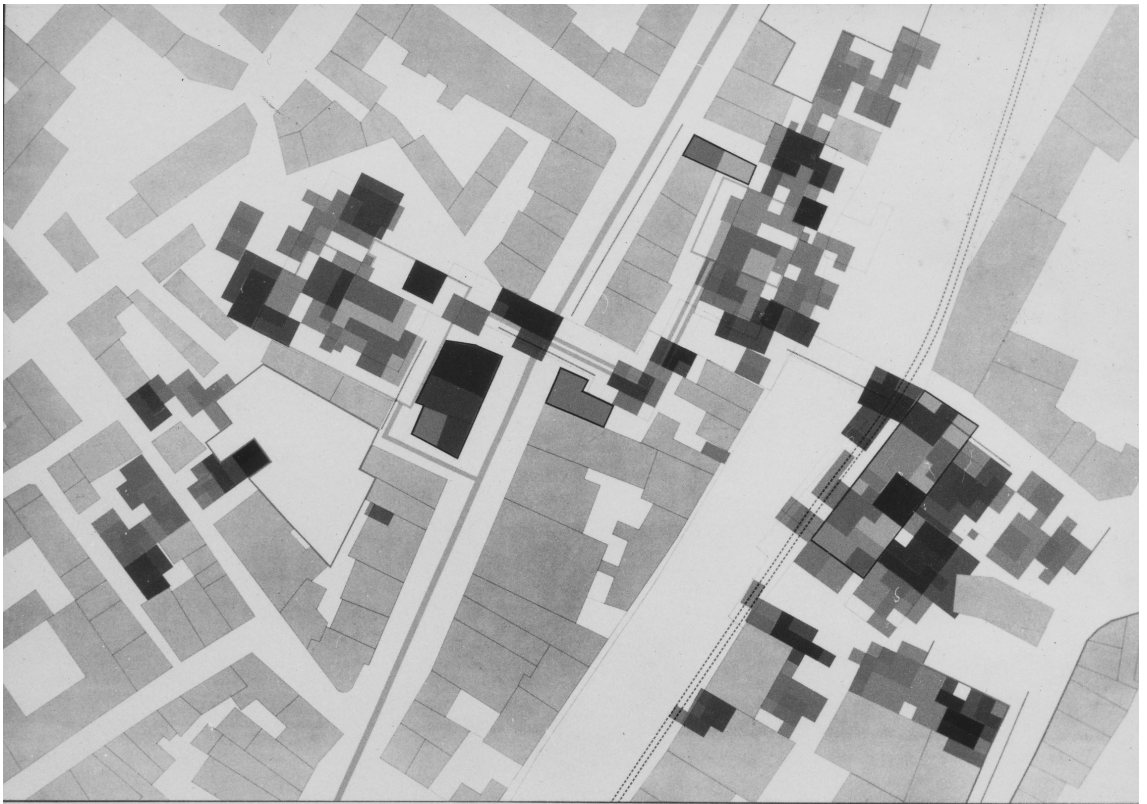


*Fig. 122 : après déshabillage d'un bâtiment à appartements des années soixante, réutilisation de l'ossature en béton comme support de VM.*

C'est ainsi qu'en 1985, j'ai proposé à la ville de Gent de réaliser des « opérations tiroirs » en remplaçant progressivement des quartiers dont la restauration s'avérait trop coûteuse.



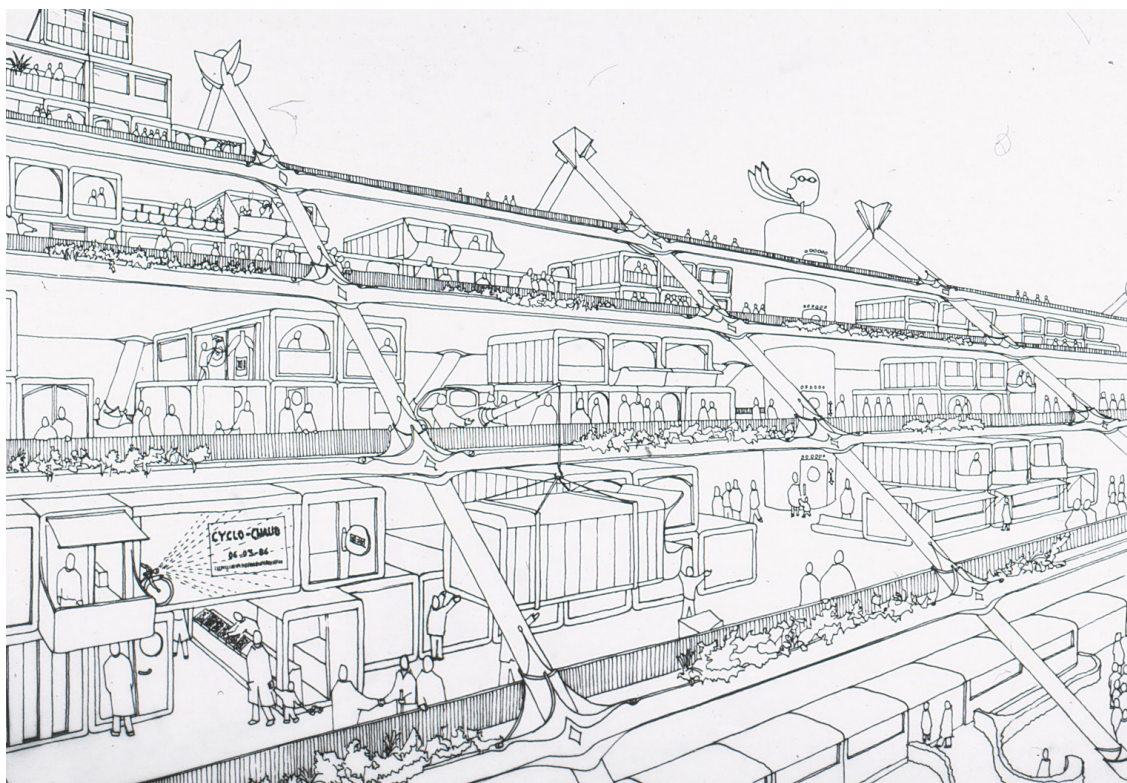
*Fig. 123 : revitalisation d'une ville par remplacement progressif des bâtiments périmés ou désuets au moyen de VM.*



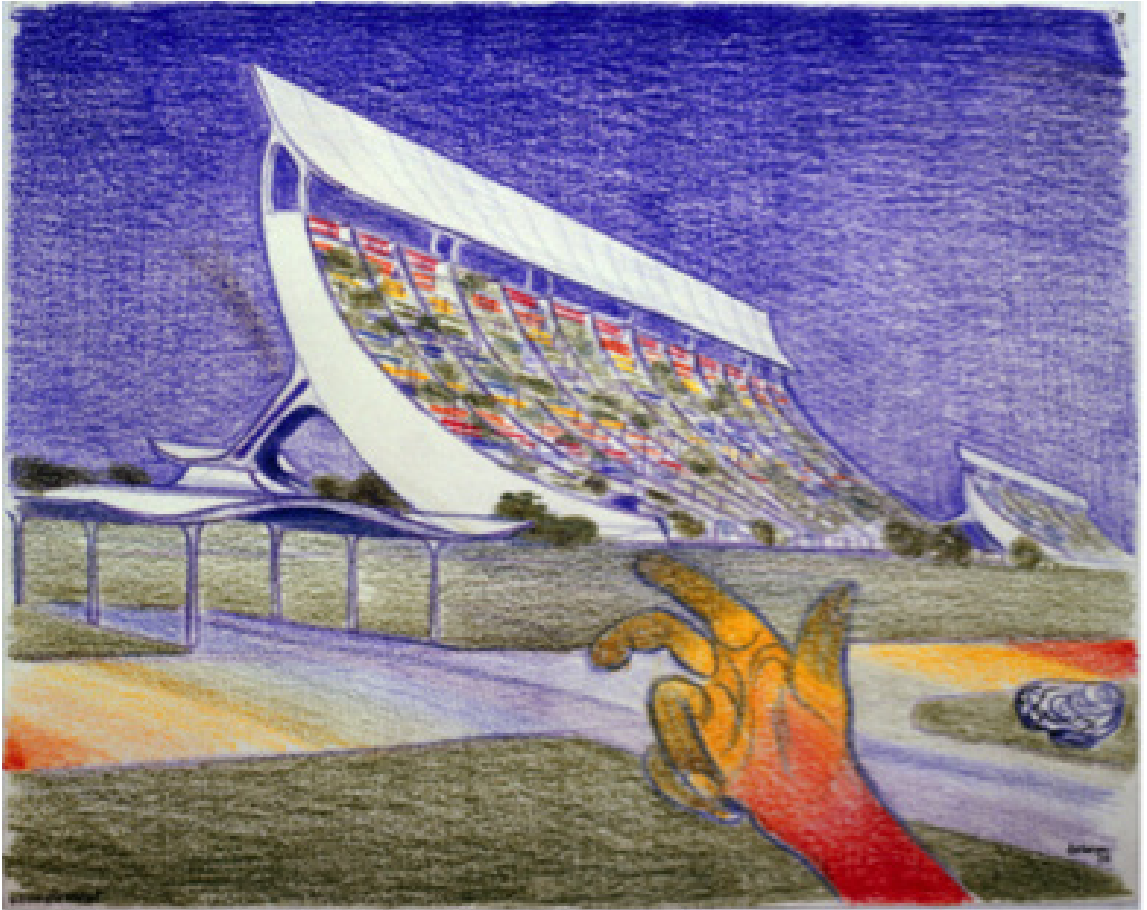
*Fig. 124 : vue en plan d'un quartier gantois dans lequel les habitations traditionnelles sont progressivement remplacées par des VM.*

Ma troisième utopie consiste à construire des sols artificiels sur lesquels des maisons individuelles ou groupées seraient installées dans le cadre d'un urbanisme « permutationnel » comme nous l'avons défini mon collègue Abraham Moles et moi-même en 1986.

Et momentanément ma quatrième utopie verrait une production par de nombreuses firmes différentes à l'instar de ce qui se passe dans le monde de l'automobile.



*Fig. 125 : une manière de concevoir une ossature réalisant des sols artificiels sur lesquels sont établis des logements au moyen de VM, vue par un de mes étudiants.*



*Fig. 126 : une autre manière de concevoir un ensemble de logements par mon ami Renaat Braem.*

## **M. Dernières considérations**

Si l'acier faisait partie des matériaux qui intéressaient la Société générale en 1968, aujourd'hui de nouveaux matériaux composites, comme les fibres de carbone par exemple, pourraient certainement être envisagés et remplacer avantageusement les tôles fines en acier. Il serait donc possible de concevoir des VM en fibres de carbone, plus légers et plus résistants que ceux réalisés en acier par nous.

Décidément, l'évolution des techniques et des matériaux est de plus en plus rapide et si en 1967, je disais qu'il fallait mettre fin à la phase à chaud de nos usines sidérurgiques, aujourd'hui, on pourrait dire que tout est à fermer puisque même les plus élaborés des matériaux produits à partir de l'acier seront bientôt eux aussi obsolètes, ils pourront en tous cas être remplacés par d'autres dont les performances seront supérieures.

Le professeur Paul De Grauwe, dans un article paru dans le journal Le Soir le 6 février 2013, confirme cet avis en écrivant : «Il n'y a pas d'avenir dans l'acier en Belgique. Les politiciens devraient le dire à haute voix au lieu de faire croire aux travailleurs à un avenir qui n'existe pas. Le courage politique, c'est de dire la vérité, non pas de créer des mythes».

Si les milliards dépensés depuis les années septante pour soutenir cette industrie sans avenir dans notre pays, avaient été utilisés pour l'enseignement et la recherche, nous disposerions aujourd'hui de plus d'hommes plus savants et aptes pour d'autres productions.

Quant à moi, je pense qu'il n'est jamais trop tard pour prendre des orientations nouvelles, mais comme le dit mon collègue De

Grauwe, il faut simplement avoir le courage de les prendre.

## Notes de bas de page

<sup>1</sup> Le concours international d'architecture et de technique «*La maison européenne 1963*», dans revue HABITER, n°28-29, Bruxelles décembre 1964

<sup>2</sup> ENGLEBERT Jean, *Maison en bois. Système Patze*, dans revue NEUF, n°29, jan.-février 71, Bruxelles, 8 pages.

<sup>3</sup> POPLAVSKY Charles, *Le système Patze-Englebert*, travail de fin d'études 2014-2015, faculté d'architecture ULg, 290 pages

<sup>4</sup> ENGLEBERT Jean, *Vers une nouvelle conception du logement*, dans revue bimestrielle NEUF, n°19, 1969, p.43 à 46.

<sup>5</sup> S.I.B.-C.R.A.U., *Logement évolutif*, dans revue NEUF, n°23, janvier-février 1970 p.66 à 79.

<sup>6</sup> ENGLEBERT Jean, *The C.R.A.U. system*, dans «Plastics in material and structural engineering», ICP/RILEM/IBK international symposium, Ed. R.A. Barès, Czechoslovak Academy of Sciences, Institute of theoretical and applied mechanics, Prague, 1981, p.563 à 570

<sup>7</sup> SCHMITZ Nelly, *Obstacles à la diffusion des innovations en Belgique*, Editions du DULBEA, Bruxelles 1969, 144 p.

<sup>8</sup> PROVISOR Henri, *L'industrialisation dans le bâtiment. Eléments pour un bilan critique*, Paris: Ministère de l'équipement, Direction du bâtiment et des travaux publics et de la conjoncture (DBTPC), Université des Sciences Sociales de Grenoble, Institut de recherche économique et de planification (CERER), déc. 1974. 93 p.

<sup>9</sup> voir la revue ARCHITECTURE 67, Bruxelles, mars-avril 67, numéro 76, 2 pages,

<sup>10</sup> ENGLEBERT Jean, *L'urbanisme permutational et la maison industrialisée : mythes ou réalités ?* dans Les cahiers de l'urbanisme, n°50, juin 2004, Namur, pages 38 à 44 ;

<sup>11</sup> ENGLEBERT Jean, *Un futur pour les hommes*, dans Les cahiers de l'urbanisme, n°63, mars 2007, Namur, pages 78 à 84.

**Bibliographie sélective :**

- ***Détourner le modulaire pour développer une activité industrielle d'avenir***, SCIENCE ET CULTURE n° 387 janvier - février 2004, pp. 9 à 24
- ***UNE UNIVERSITE - USINE ou Comment imaginer les bâtiments universitaires de demain***  
SCIENCE ET CULTURE n° 418 mars -avril 2009, pp. 31 à 42
- ***VERDIR ... un nouveau printemps pour la Wallonie ?***  
SCIENCE ET CULTURE n° 440 novembre-décembre 2012, pp. 132 à 137
- ***Next 21 à Osaka - Un exemple japonais de bâtiment modulable, vivant en autarcie complète***  
Les Cahiers nouveaux, décembre 2012, n°84, pp.18 et 19
- ***Le coq liégeois au pays du soleil levant***  
[Wordpress.com/2015](http://Wordpress.com/2015)
- ***Les villes et les maisons sont l'apanage des hommes***  
L'Echo du logement Namur 2017, n° 119, mars-avril, pp. 30 à 34

## **CURRICULUM VITÆ de Jean ENGLEBERT**

Born in Vielsalm, Belgium      October 16th, 1928.

• Address : 1, rue du Beau Hêtre, B-4031 Angleur - Belgium

Telephone : +32 (0)4-365 42 27

email : Jean.Englebert@ulg.ac.be

- Civil Engineer and Architect 1955, University of Liège.
- Engineer and town-planner 1958, University of Liège.
- Scholarship of Technische Hochschule Aachen, Germany, 1958 and 1959
- Full-time Professor at the Applied Sciences Faculty (University of Liège), Architectonic and Urbanistic Composition, 1966-1994
- Emeritus professor 1994
- Founder and director of the Research Centre for Architecture and Town-planning of the Liège University (CRAU), since 1967.
- Co-ordinating architect at the Sart Tilman Campus of Liège University : 1985-1995.
- Founder member in 1991 and President of CÉJUL (Centre for Japanese Studies at the Liège University).
- Founder member in 1994 of CÉCLI (Centre for Chinese Studies at the Liege University).
- Senator of the « Junior Chamber International» nr. 10303.
- Teaching at Cornell University, Firenze University and Nanjing University.
- Lectures in Germany, Canada, France, Great Britain, Italy, Japan, Luxembourg, Netherland, United States, Hungary, Roumania, Austria, Czechoslovakia, Poland.
- Many architectural realizations , many of wich received awards.
- 150 publications, many of wich in English, German, Dutch, Italian and Japanese.
- Decorated of « The Order of the Sacred Treasure, Gold Rays with Neck Ribbon» by His Majesty the Emperor of Japan the Twenty - ninth of the Fourth Month of the Seventh Year of Heisei (1995 ).
- Appreciation Prize 1998 of the A.I.J. (Architectural Institute of Japan).
- Special award by I.A.H.S. (International Association for Housing Science) for his contribution to the progress of building systems for housing.



